

DIPLOMARBEIT
Diploma Thesis

**Ermittlung von Kerbfunktionen nach dem Konzept der
effektiven Kerbspannungen am Detail einer
Trogbücke mittels FEM-Analyse**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines / einer
Diplom-Ingenieurs/ Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Markus Schachinger, BSc

Matr.Nr.: 01026918

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Josef Fink**

Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Francesco Aigner**

Institut für Tragkonstruktionen
Forschungsbereich für Stahlbau
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13, A-1040 Wien

Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Josef Fink, dass ich die Möglichkeit bekommen habe, meine Diplomarbeit am Institut für Tragkonstruktionen/ Forschungsbereich für Stahlbau zu verfassen. Ferner danke ich Ihm sowie meinem Betreuer Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Francesco Aigner für die Anregungen, die fachliche Unterstützung aber auch für die mir gewährten Freiheiten in der Gestaltung dieser Arbeit.

Besonderer Dank gebührt meinen Eltern, die mir durch jegliche Unterstützung dieses Studium erst ermöglicht haben.

Zu guter Letzt danke ich noch meiner Freundin Pia und meinen Freunden, deren Motivation und Gesellschaft mich während der Entstehung dieser Diplomarbeit immer wieder bekräftigt hat.

Kurzfassung

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit von Trogbrücken für die Eisenbahnnutzung. Der Regelquerschnitt dieses Tragwerks setzt sich aus zwei Obergurten, den beiden Stegen und einem 120 mm dicken Grobblech als Fahrbahnplatte zusammen. Die Schweißverbindung zwischen Steg und Fahrbahnblech, bestehend aus zwei Kehlnähten, muss neben den Schubspannungen in Haupttragrichtung noch Spannungen der Schnittgrößen aus der Quertragwirkung übertragen. In den Tabellen der derzeit aktuellen Normen sind keine Kerbfälle zu finden, welche die Ermüdungsfestigkeit bezogen auf die Quertragwirkung zufriedenstellend abbilden.

Im Zuge einer Parameterstudie werden der Neigungswinkel und die Dicke des Stegblechs, sowie das Schweißnahtmaß und die Querschnittsgeometrie der oberen Naht variiert. Diese Variationen, durchgeführt an einem Detailausschnitt um die Schweißverbindung, werden mit einem FE-Programm nach dem Konzept der effektiven Kerbspannungen modelliert. Mit den Nennspannungen nach der elementaren Stabtheorie ist es möglich, daraus Kerbfaktoren zu ermitteln, die abhängig von der betrachteten Schnittgröße und Systemstelle von bestimmten, der untersuchten Parametern abhängen. Die Bereiche, an denen Spannungsspitzen auftreten, sind der Übergang von der Stegblechoberfläche zur Schweißnahtoberfläche und die Schweißnahtwurzeln.

Die Kerbfaktoren an diesen maßgebenden Stellen werden daher in Kerbfunktionen mit entsprechenden Abhängigkeiten zusammengefasst. Um diese Kerbfunktionen möglichst gut an die „Messwerte“ aus den FE-Modellen anpassen zu können, wird die Methode der kleinsten Quadrate herangezogen.

Mit dem ermittelten Formelwerk lassen sich also die effektiven Kerbspannungen schnell und einfach berechnen, auch wenn man nicht über die Lizenz oder fundiertes Wissen in der Anwendung eines speziellen FE-Programms verfügt.

Ermittelt man somit aus einer ermüdungswirksamen Lastkombination die effektiven Kerbspannungen, so kann man mit einer allgemeinen Wöhlerlinie das Ermüdungsverhalten des Schweißdetails bewerten bzw. durch Optimierung gewisser Parameter die Lebensdauer eines Tragwerks verlängern.

Abstract

This diploma thesis deals with the determination of the fatigue strength of trough bridges for railway purpose. The principle cross section of this structure is composed of two top flanges based on two webs and a heavy plate as bottom plate with 120 mm thickness. Two fillet welds form the welded joint between the web and the bottom plate. Besides the shear stresses resulting from the main structural system, the fillet welds are strained by stresses resulting from internal forces in crosswise direction. In the tables of the up-to-date European Standards there is no fatigue detail category found which fits satisfactorily to this special detail in relation to describe the fatigue strength in crosswise direction.

Using a parameter study, the inclination angle and thickness of the web plate as well as the dimension and the cross-sectional geometry of the upper weld seam are varied. Based on the concept of effective notch stresses these variations are modeled on a detail section around the welded joint by using an FE program. Using the nominal stresses from the classical beam theory, it is possible to determine notch factors that depend on certain of the examined parameters subjected to the chosen internal force and system location. The areas where stress peaks occur are the weld toe on the side of the web plate and the weld roots.

The notch factors at these mandatory places are combined to notch functions which depend on the conforming parameters. In order to fit these notch functions best possible to the computed values from the FE models, the Least Squares Method is used.

The developed formulas can be used to calculate the effective notch stresses quickly and easily, even if the user doesn't have the license or knowledge to apply a special FE software.

Thus, if one determines effective notch stresses from a FLS load combination, it is possible to evaluate the fatigue behavior of the weld detail with a S-N Wöhler curve. Another option is to extend the service life of a structure by optimizing certain parameters.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Zielsetzung	1
2	Geometrie der Brücke	1
3	Bestimmen von Spannungen	2
3.1	Nennspannungen (σ_{Nenn})	2
3.2	Effektive Kerbspannungen (σ_{Kerb})	3
4	Parameterfeld	4
4.1	Parameter	4
4.2	Gültigkeitsbereich	4
4.3	Einheiten	5
5	Modellbildung	5
5.1	Grundlagen	6
5.1.1	Materialdefinition	6
5.1.2	Lagerungsbedingungen	6
5.1.3	Lasten	6
5.1.4	FE-Netz	7
5.2	Modulbauweise der Modelle	8
5.3	Vernetzung der Module und Netzverfeinerung	8
6	Kritische Stellen	11
6.1	Feldbereich	11
6.2	Auflagerbereich	12
7	Spaltproblematik	12
8	Einwirkungen	15
8.1	Ermittlung der Schnittgrößen	15
8.2	Wahl der eingprägten Schnittgrößen	20
8.2.1	Kritische Stelle 1	20
8.2.2	Kritische Stelle 2	20
8.3	Kombination der eingprägten Schnittgrößen	20
8.3.1	Kritische Stelle 1	20
8.3.2	Kritische Stelle 2	22
9	Parametervariationen	23
9.1	Parameter a_{unten}	23
9.2	Parameter β_1	27
9.3	Parameter β_2	27
10	Auswertung der Ergebnisse	30

10.1	Kritische Stelle 1	31
10.1.1	Kerbfunktion bei reiner Momentenbelastung.....	31
10.1.2	Kerbfunktion bei reiner Normalkraftbelastung	44
10.1.3	Kerbfunktion bei reiner Querkraftbelastung.....	66
10.2	Kritische Stelle 2	80
10.2.1	Kerbfunktion bei reiner Normalkraftbelastung	80
10.2.2	Kerbfunktion bei reiner Momentenbelastung.....	96
10.2.3	Kerbfunktion bei reiner Querkraftbelastung.....	137
11	Zusammenfassung.....	156
11.1	Ergebnisse an der kritische Stelle 1.....	156
11.2	Ergebnisse an der kritische Stelle 2.....	156
11.3	Rechenbeispiel	157
11.3.1	Berechnungsergebnis kS 1.....	158
11.3.2	Berechnungsergebnis kS 2.....	158
11.4	Abschließende Bewertung.....	159
	Literaturverzeichnis.....	162
Anhang A	Ergänzungen zur Berechnung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks2}^N$	I
Anhang B	Ergänzungen zur Berechnung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks2}^M$	XI
B.1	ausgelesene Daten $t_{\text{Steg}} = 20$ mm.....	XI
B.2	ausgelesene Daten $t_{\text{Steg}} = 30$ mm (Ergänzung).....	XXIX
B.3	ausgelesene Daten $t_{\text{Steg}} = 40$ mm.....	XLV
B.4	$KF_N(N)$	LXIII
Anhang C	Ergänzungen zur Berechnung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks2}^V$	LXXII

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Am Institut für Tragkonstruktionen der TU Wien, Forschungsbereich Stahlbau wurde die „Regelstatik für ÖBB – Trogbauwerke mit Stützweiten von 10,0 – 20,0 m“ erstellt.¹ Dieser Brückentyp setzt sich aus einem 120 mm dicken Grobblech als Fahrbahnblech und daran angeschweißten Stegen mit aufgesetzten Obergurten zusammen.

Für den Nachweis der Ermüdung der Schweißnähte zwischen Stegblech und Fahrbahnblech bei Querbeanspruchung gibt es in den aktuellen Normen keine exakt passenden Kerbfälle.

1.2 Zielsetzung

Im Zuge dieser Arbeit wird das besagte Schweißdetail (siehe **Abbildung 2-2**) mittels einer Parameterstudie genauer untersucht.

Zuerst soll aus dem Brückenquerschnitt dieser Bereich gedanklich herausgeschnitten werden. Danach wird das Parameterfeld definiert. Die Dicke des Grobblechs ist dabei konstant bei 120 mm zu halten, der Winkel des Stegblechs sowie das Schweißnahtmaß und die Schweißnahtgeometrie wird variiert.

Die Umsetzung der Parameterstudie erfolgt mit dem FEM-Programm ABAQUS. Zahlreiche Variationen der Modelle mit unterschiedlichen Schnittgrößenkombinationen sind nach dem Konzept der effektiven Kerbspannungen anzufertigen. Um konsistente Aussagen über den Einfluss der verschiedenen Parameter treffen zu können, müssen die effektiven Kerbspannungen ausgelesen und ausgewertet werden. Mit den gewonnenen Datensätzen sollen Kerbfaktoren α_k , die das Verhältnis vom Kerbspannungshöchstwert zur Nennspannung darstellen, bestimmt werden.² Ist dieser Zusammenhang von einem oder mehreren Parametern abhängig, so sind stattdessen Kerbfunktionen \mathcal{A}_k zu entwickeln.

Das Endergebnis soll in einem Formelwerk dargestellt werden, das der/dem ausführenden IngenieurIn erlaubt, durch Einsetzen der berechneten Schnittgrößen und den bekannten, maßgebenden Parametern die effektive Kerbspannung zu berechnen.

2 Geometrie der Brücke

Kernstück dieser Konstruktion ist ein 120 mm starkes Fahrbahnblech. Durch seitlich angeschweißte Stege mit Obergurten wird ein Trogquerschnitt gebildet. Diese spezielle Geometrie ergibt sich aus Vorgaben der ÖBB bezüglich des einzuhaltenden Lichtraums. Darunter fallen beispielsweise die lichte Breite zwischen den Obergurten von 5000 mm oder die maximale Konstruktionshöhe von etwa 1200 mm.

¹ vgl. Kuss/Fink, 2006

² vgl. Radaj, 2007, S.151

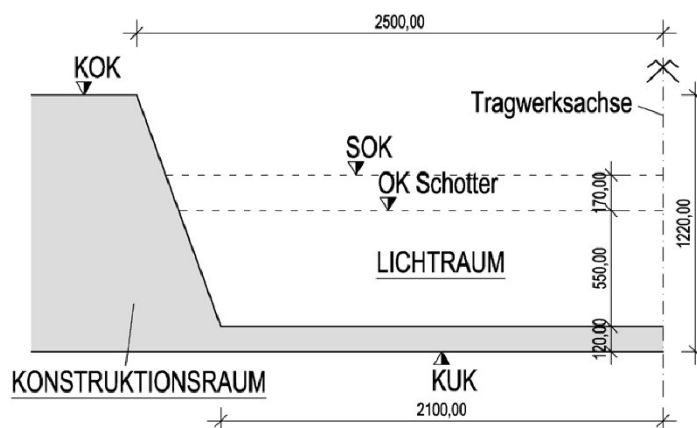


Abbildung 2-1: Vorgegebener Lichtraum des Querschnitts³

Abbildung 2-2 zeigt den Querschnitt der Brücke im Feldbereich laut der „Regelstatik für ÖBB“. Der Detailausschnitt aus dem Brückenquerschnitt, mit welchem sich diese Arbeit auseinandersetzt, ist in dieser Abbildung markiert.

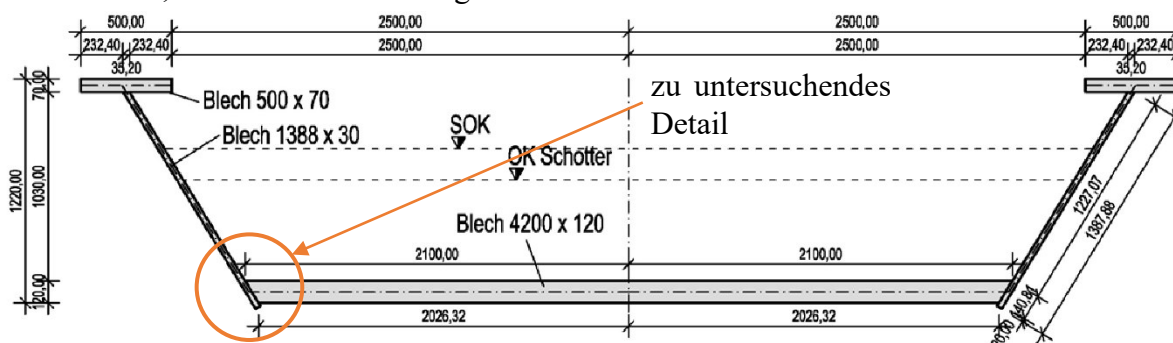


Abbildung 2-2: Regelquerschnitt im Feldbereich⁴

3 Bestimmen von Spannungen

In der ÖNORM EN 1993-1-9 sind für die maßgebenden Spannungen in der Schweißnaht die Normalspannungen σ_{wf} quer zur Nahtachse und die Schubspannungen $\tau_{wf} = \tau_{lf}$ längs der Nahtachse zu berechnen. Für diese Spannungen sind im Unterschied zu den Tragsicherheitsnachweisen zwei getrennte Nachweise zu führen.⁵

Der Gedanke von getrennt zu führenden Nachweisen wird auf diese Arbeit übertragen, wobei ausschließlich die Spannungen quer zur Nahtachse betrachtet werden.

3.1 Nennspannungen (σ_{Nenn})

Die Nennspannung ist in der ÖNORM EN 1993-1-9 folgendermaßen definiert:

„die Spannung im Grundwerkstoff oder einer Schweißnaht unmittelbar an der erwarteten Rissstelle, berechnet nach der elastischen Spannungstheorie ohne Berücksichtigung der örtlichen Kerbwirkung“⁶

³ Kuss/Fink, 2006, S.7

⁴ ebenda, S.13

⁵ ÖNORM EN 1993-1-9, 2013, S.13

⁶ ebenda, S.7

Die Schnittgrößen sollen also aus einem geeigneten Stabwerkmodell oder einem Schalenmodell ausgelesen werden und daraus errechnen sich die Nennspannungen.

3.2 Effektive Kerbspannungen (σ_{Kerb})

Zur Bestimmung der effektiven Kerbspannung ist linear-elastisches Materialverhalten anzunehmen. Um die Streuung der Abmessung der Schweißnaht und das nichtlineare Materialverhalten im Kerbgrund zu erfassen wird die reale Form der Kerbe durch eine effektive ersetzt. Für Baustähle wurde nachgewiesen, dass ein effektiver Kerbradius von $r = 1 \text{ mm}$ konsistente Ergebnisse liefert.

Die Methode kann für Schweißverbindungen angewendet werden, die voraussichtlich vom Nahtübergang oder von der Wurzel her versagen. Außerdem ist dieses Verfahren zum Vergleich verschiedener Schweißnahtgeometrien gut geeignet.

Die Berechnung der effektiven Kerbspannungen erfolgt mit der Finiten-Elemente-Methode. Dabei wird der effektive Kerbradius so eingeführt, dass oberflächlich maßgebende Kerben mit diesem Radius ausgerundet werden bzw. dass die Spitze des Radius die Wurzel der Schweißnaht berührt.⁷

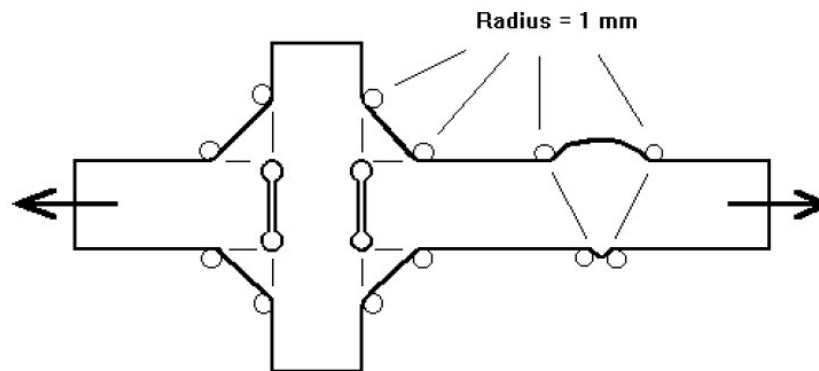


Abbildung 3-1: Festlegen des effektiven Kerbradius⁸

Bei geschweißten Verbindungen ist der Ermüdungswiderstand unabhängig von der Zugfestigkeit des Werkstoffs, sofern die Grenzen, die durch die statische Festigkeit gegeben sind eingehalten werden. Der charakteristische Ermüdungswiderstand des Details bei 2 Millionen Schwingspielen wird als FAT-Klasse bezeichnet.⁹

Für Stahl ist der Widerstand gegen Ermüdung durch die FAT-Klasse 225 (225 N/mm^2) gegeben. Dieser Widerstandswert bezieht sich auf den geschweißten, unbehandelten Zustand. Der Einfluss der Eigenspannungen ist dabei berücksichtigt.¹⁰

Es muss sichergestellt werden, dass die Spannung, die zur Schwingfestigkeitsbewertung genutzt wird, von derselben Art ist wie die Spannung des Ermüdungswiderstands, also die FAT-Klasse. Beim Konzept der effektiven Kerbspannungen sind Hauptspannungen anzuwenden.¹¹

Die eben beschriebene effektive Kerbspannung wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit meist nur mehr als „Kerbspannung“ bezeichnet. Es wird darauf hingewiesen, dass damit auf jeden Fall die Kerbspannung unter Anwendung des effektiven Kerbradius zu verstehen ist.

⁷ vgl. zu diesem Absatz Hobbacher, 2008, S.34f

⁸ vgl. Hobbacher, 2008, S.35

⁹ vgl. ebenda, S.42

¹⁰ vgl. ebenda, S.80

¹¹ vgl. ebenda, S.42

4 Parameterfeld

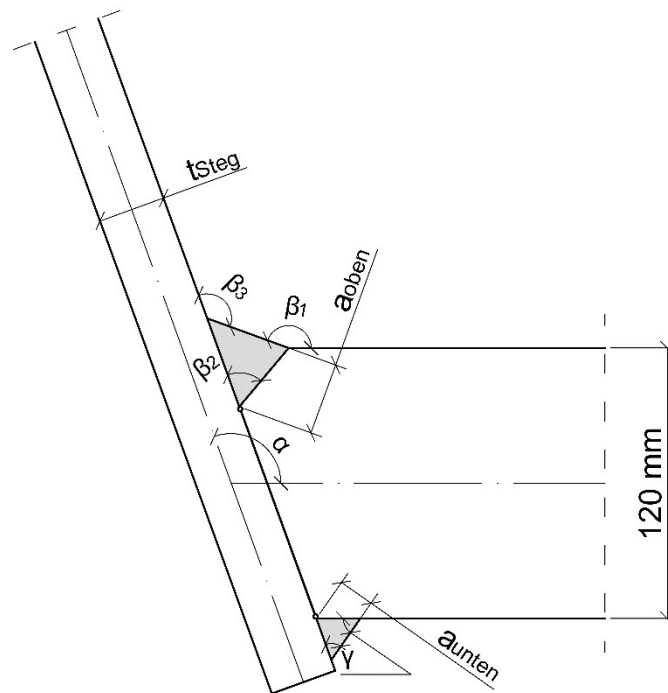


Abbildung 4-1: Parameter

In **Abbildung 4-1** sind alle Parameter, die variiert werden können, dargestellt. Die Dicke des Fahrbahnblechs wird konstant bei 120 mm gehalten und geht daher in weiterer Folge nicht als Parameter ein.

4.1 Parameter

- α Neigungswinkel des Stegblechs zum Fahrbahnblech [°]
- β_1 Winkel zwischen Fahrbahnoberfläche und Schweißnahtoberfläche [°]
- β_2 Öffnungswinkel der Schweißnaht [°]
- β_3 Winkel zwischen Stegblechoberfläche und Schweißnahtoberfläche [°]
- γ Winkel der unteren Naht [°], ergibt sich aus α
- a_{oben} Schweißnahtmaß der oberen Naht [mm]
- a_{unten} Schweißnahtmaß der unteren Naht [mm]
- t_{Steg} Stegblechdicke [mm]

4.2 Gültigkeitsbereich

- $90^\circ \leq \alpha \leq 130^\circ$
- $\beta_1 \leq 170^\circ$
- $\beta_1 \geq \beta_3$
- $45^\circ \leq \beta_2 \leq 60^\circ$
- $100^\circ \leq \beta_3 \leq 155^\circ$
- $8 \text{ mm} \leq a_{\text{oben}} \leq 16 \text{ mm}$
- $10 \text{ mm} \leq a_{\text{unten}} \leq 16 \text{ mm}$
- $20 \text{ mm} \leq t_{\text{Steg}} \leq 40 \text{ mm}$
- $t_{\text{Fahrbahnblech}} = 120 \text{ mm}$

Der Gültigkeitsbereich gibt an, innerhalb welcher Grenzen die Parameter bei der Studie variiert werden. Daraus folgt, dass dieser auch die Bandbreite angibt, in der die Parameter in den fertigen Kerbfunktionen eingesetzt werden dürfen. Die Gültigkeit außerhalb dieses Bereichs wird nicht nachgewiesen, d.h. kleinere oder größere Werte sind nicht zulässig.

4.3 Einheiten

- Längeneinheiten in [mm]: betrifft a_{oben} , a_{unten} , t_{Steg}
- Winkel in Altgrad [°]: betrifft α , β_1 , β_2 , β_3 , γ
In den an späterer Stelle folgenden Berechnungstabellen ist es mehrmals notwendig, Winkel ins Bogenmaß umzurechnen, da Microsoft Excel auf dem Bogenmaß basiert. In die fertigen Berechnungsformeln für σ_{Kerb} in dieser Arbeit sind Winkel aber stets in Altgrad einzusetzen.
- Kräfte in [kN/m]: die Kräfte beziehen sich auf einen Meter Brückenlänge.
- Momente in [kNm/m]: die Momente beziehen sich auf einen Meter Brückenlänge.
- Spannungen in [N/mm²]

In den endgültigen Berechnungsformeln sind alle benötigten Parameter und die Nennspannung in diesen Einheiten einzusetzen.

5 Modellbildung

Sämtliche Modelle werden mit dem FEM-Programm ABAQUS erstellt. Aus dem Brückenquerschnitt wird dabei der Detailausschnitt entsprechend Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. herausgelöst. Zur Lagerung werden die Modelle am Fahrbahnblech eingespannt. Die Schnittgrößen sind entsprechend der Definition in dieser Abbildung als äußere Kräfte bzw. Momente aufzubringen.

Die Querkraftbelastung V ist immer mit dem rückstellenden Moment M_V verbunden. M_V errechnet sich aus V multipliziert mit dem Hebelarm (e_{MV}) zu jener Stelle an der die Querkrafteinwirkung betrachtet werden soll. Durch das rückstellende Moment wirkt an dieser Stelle dann nur die Querkraft alleine.

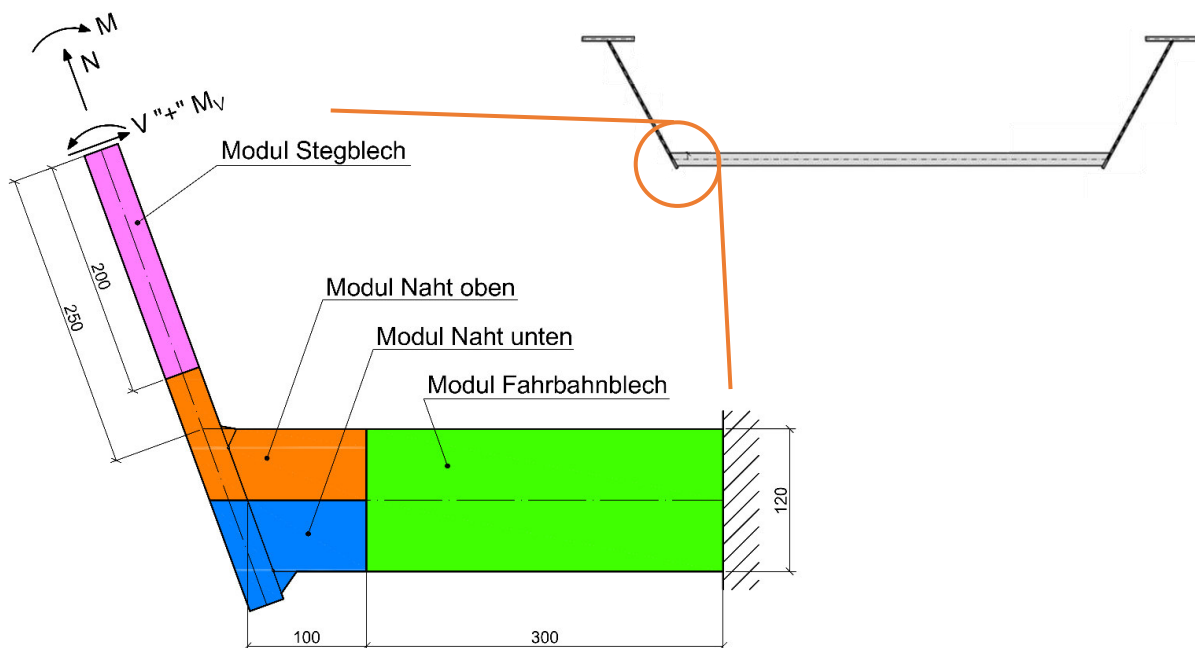


Abbildung 5-1: Maße im [mm], Beschreibung der Module siehe Kapitel 5.2

5.1 Grundlagen

5.1.1 Materialdefinition

- Material behaviors: elastic, isotropic
- Young's Modulus: 210 000 000 [kN/m²]
- Poisson's Ratio: 0,3 [-]

5.1.2 Lagerungsbedingungen

Alle Knoten am rechten Ende des Moduls „Fahrbahnblech“ sind in der Ebene allseits unverschieblich ($U_1 = U_2 = 0$). Die Verdrehung um die Achse aus der Ebene UR3 ist ebenfalls behindert. Dadurch ergibt sich an diesem Ende eine Einspannung (siehe **Abbildung 5-2**).

5.1.3 Lasten

Die Lasten werden am Stegblechanschnitt an fünf äquidistanten Punkten als Einzellasten aufgebracht. Die Richtung der Lastkomponenten verläuft parallel (CF2) bzw. normal (CF1) zur Stegachse.

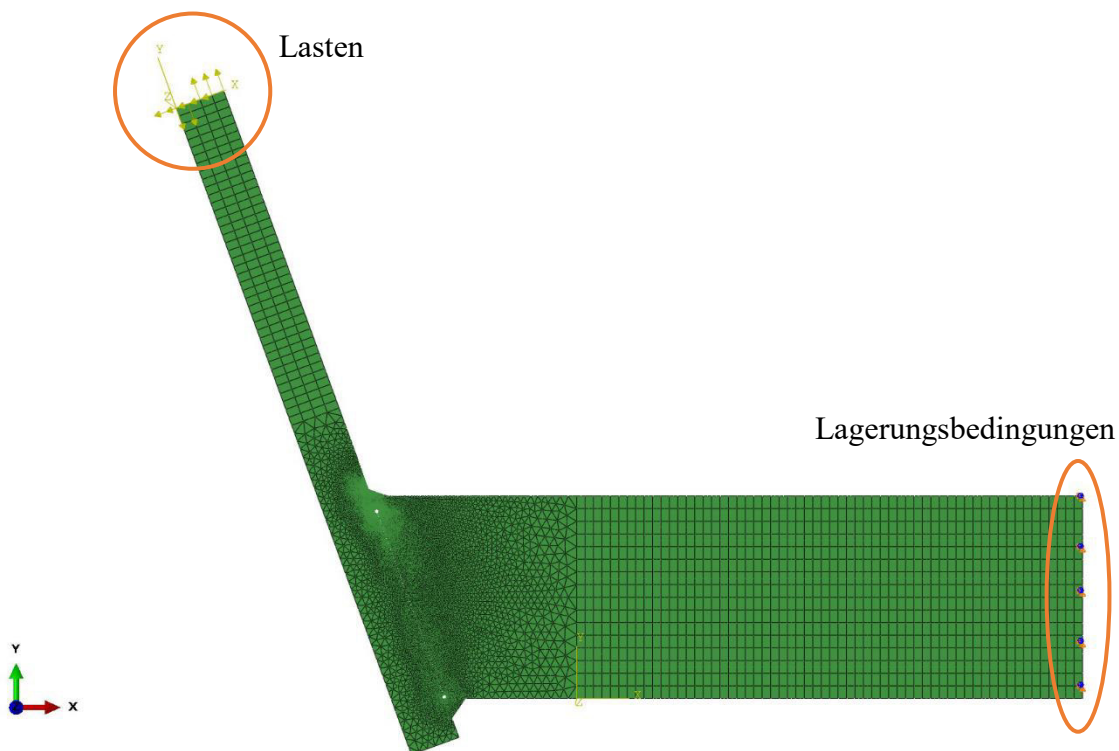


Abbildung 5-2: Lage der Lasten und Lagerungsbedingungen am Modell

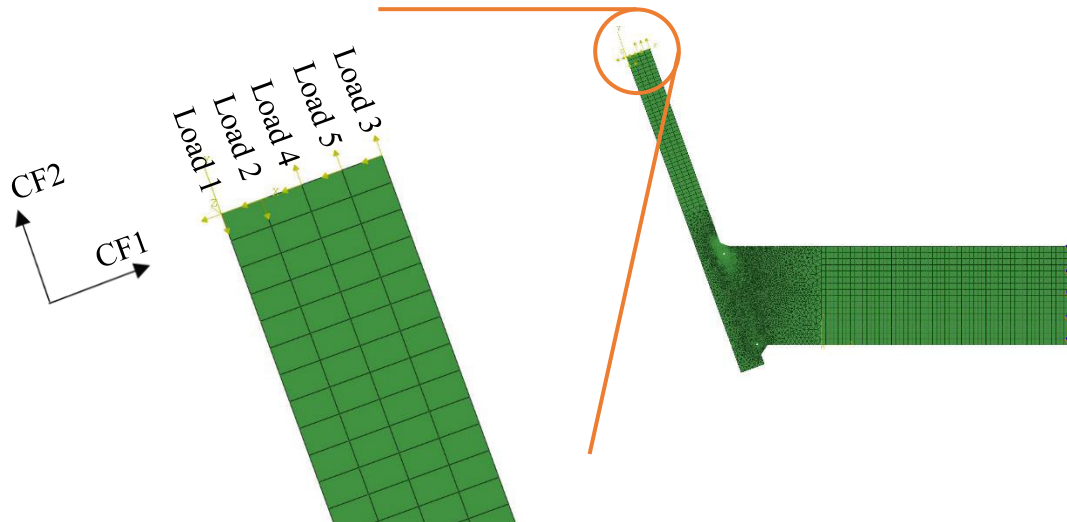


Abbildung 5-3: Definition der Lastangriffspunkte

M				N			
-12 kNm/m				150 kN/m			
	CF1	CF2			CF1	CF2	
Load_1	0	-320,0000	kN/m	Load_1	0	30,0000	kN/m
Load_2	0	-160,0000	kN/m	Load_2	0	30,0000	kN/m
Load_3	0	160,0000	kN/m	Load_3	0	30,0000	kN/m
Load_4	0	320,0000	kN/m	Load_4	0	30,0000	kN/m
Load_5	0	0,0000	kN/m	Load_5	0	30,0000	kN/m

V				Gesamtbelastung			
-10 kN/m							
	CF1	CF2			CF1	CF2	
Load_1	-0,4456	66,9549	kN/m	Load_1	-0,4456	-223,0451	kN/m
Load_2	-2,7311	33,4775	kN/m	Load_2	-2,7311	-96,5225	kN/m
Load_3	-2,7311	-33,4775	kN/m	Load_3	-2,7311	156,5225	kN/m
Load_4	-0,4456	-66,9549	kN/m	Load_4	-0,4456	283,0451	kN/m
Load_5	-3,6465	0,0000	kN/m	Load_5	-3,6465	30,0000	kN/m
	$\triangleq V$	$\triangleq M_V$					

e_{MV}	0,251081 [m]	...Hebelarm zur Kerbe Stegblechoberfläche-Schweißnahtoberfläche
$M_V = -V \cdot e_{MV}$	2,51 [kNm/m]	...rückstellendes Moment

Tabelle 5-1: Beispiel für eine Lastkombination bei $t_{\text{Steg}} = 0,03\text{m}$

5.1.4 FE-Netz

Die Größe der Finiten Elemente im Bereich außerhalb zu untersuchenden Details liegt zwischen 0,005 m und 0,01 m. Bei den Kerben, an denen Spannungsspitzen zu erwarten sind, wird das FE-Netz verfeinert. Mehr dazu im **Kapitel 5.3**.

Wo es möglich ist, werden rechteckige Elemente angeordnet. Im unmittelbaren Bereich um die Schweißnahtkerben kann durch Erstellen von Partitionen (siehe **Abbildung 5-4**) ein Rechtecknetz generiert werden. In den Bereichen dazwischen muss auf Dreieckelemente zurückgegriffen werden.

- Rechteckelemente: CPS8; 8-node biquadratic plane stress quadrilateral
- Dreieckelemente: CPS6; 6-node quadratic plane stress triangle

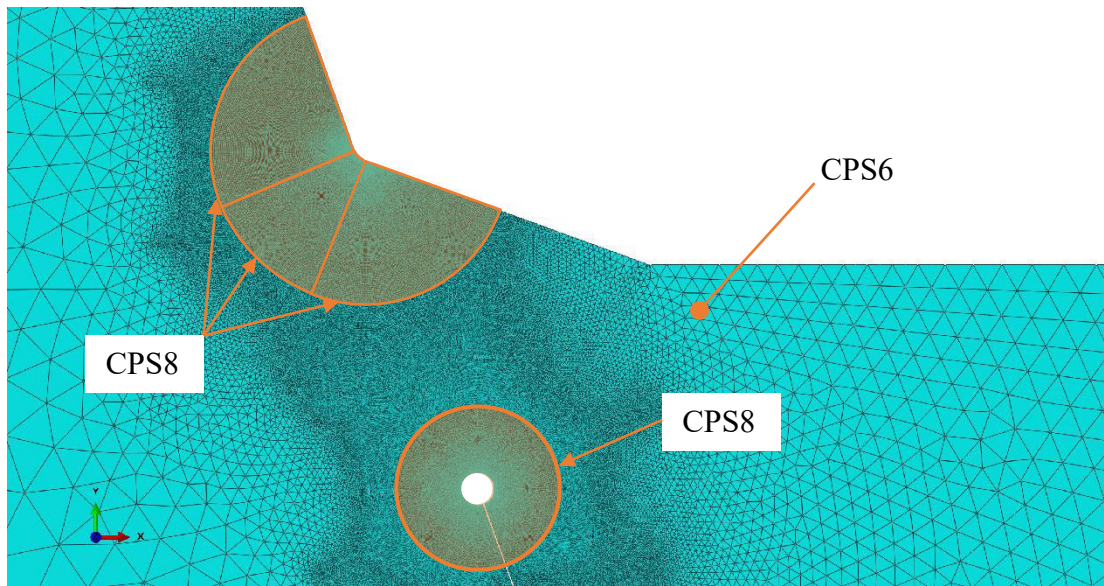


Abbildung 5-4: Darstellung der Partitionen mit Rechtecksnetz

5.2 Modulbauweise der Modelle

Das Gesamtmodell wird in vier Modulkategorien aufgespaltet. In Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. sind die Module zur besseren Unterscheidung farblich gekennzeichnet.

- **Modul Stegblech:** es gibt je ein Modul für $t_{\text{Steg}} = 20 \text{ mm}$, 30 mm und 40 mm . Entsprechend dem Neigungswinkel α werden diese Module gedreht
- **Modul Fahrbahnblech:** ist für alle Modelle konstant
- **Modul Naht oben:** Durch t_{Steg} , α und die verschiedenen Schweißnahtgeometrien der oberen Naht ergeben sich diverse Module dieser Kategorie.
- **Modul Naht unten:** Durch t_{Steg} , α und a_{unten} ergeben sich diverse Module dieser Kategorie.

An den Modulen „Naht oben“ und „Naht unten“ sind an die Übergänge von Schweißnahtoberfläche zu Blechoberfläche mit dem effektiven Kerbradius von $r = 1 \text{ mm}$ ausgerundet. An den Wurzeln der oberen und unteren Naht befinden sich runde Öffnungen mit dem gleichen Radius.

Diese beiden Löcher sind durch einen Spalt verbunden. Auf die Besonderheiten dieses Spaltes wird in **Kapitel 7** näher eingegangen.

Nach Erstellen eines Modulkatalogs lassen sich sämtliche Modelle mit relativ geringem Aufwand nach dem Bausteinprinzip zusammensetzen und berechnen.

5.3 Vernetzung der Module und Netzverfeinerung

Das Vernetzungsschema basiert auf der Konvergenzstudie für die Kerbspannungen, vorab durchgeführt am Forschungsbereich Stahlbau an der TU Wien. Dabei wurde die Größe der Elemente (mit quadratischen Ansatzfunktionen) in der Kerbe an einem Modell immer weiter verfeinert, bis die Ergebnisse zu einem Wert hin konvergierten.

Für die Parameterstudie sind in **Tabelle 5-2** nur die Ergebnisse in der Spalte „Body with a gap – $\sigma_{\text{eff,notch}}$ “ (Modell mit Spalt – effektive Kerbspannungen) von Bedeutung. Zu Vergleichszwecken befinden sich in dieser Tabelle auch die Ergebnisse an Modellen ohne Spalt.

Ab einer Elementgröße in der Kerbe von 0,01 mm ändern sich ermittelten Kerbspannungen nicht mehr. In allen Modellen der Parameterstudie werden daher in den maßgebenden Kerben (siehe **Abbildung 5-7** und **Abbildung 5-8**) Elemente dieser Größe verwendet.

Zum Ausschließen numerischer Ungenauigkeiten gibt es an den Modulen eine kontinuierliche Netzverfeinerung zu den Kerben hin.

(+) bending moment M = 2,25 kNm					
Geometry	Mesh refinement [mm]	Load dependent stress values [MPa]			
		Body with a gap		Homogenous body	
		$\sigma_{\text{eff,notch}}$	$\sigma_{\text{pr,hot spot}}$	$\sigma_{\text{eff,notch}}$	$\sigma_{\text{pr,hot spot}}$
TYPE A, 16-10	5,0000	44,37	14,46	44,47	14,42
	1,0000	45,36		45,64	
	0,7500	45,88		45,96	
	0,5000	46,87		46,66	
	0,2500	47,36		46,75	
	0,1000	47,68		46,75	
	0,0750	47,90		46,83	
	0,0500	48,36		47,78	
	0,0250	48,63		48,57	
	0,0100	48,81		48,67	
	0,0075	48,81		48,67	
	0,0050	48,81		48,67	

Tabelle 5-2: Konvergenzstudie, Forschungsbereich Stahlbau TU Wien

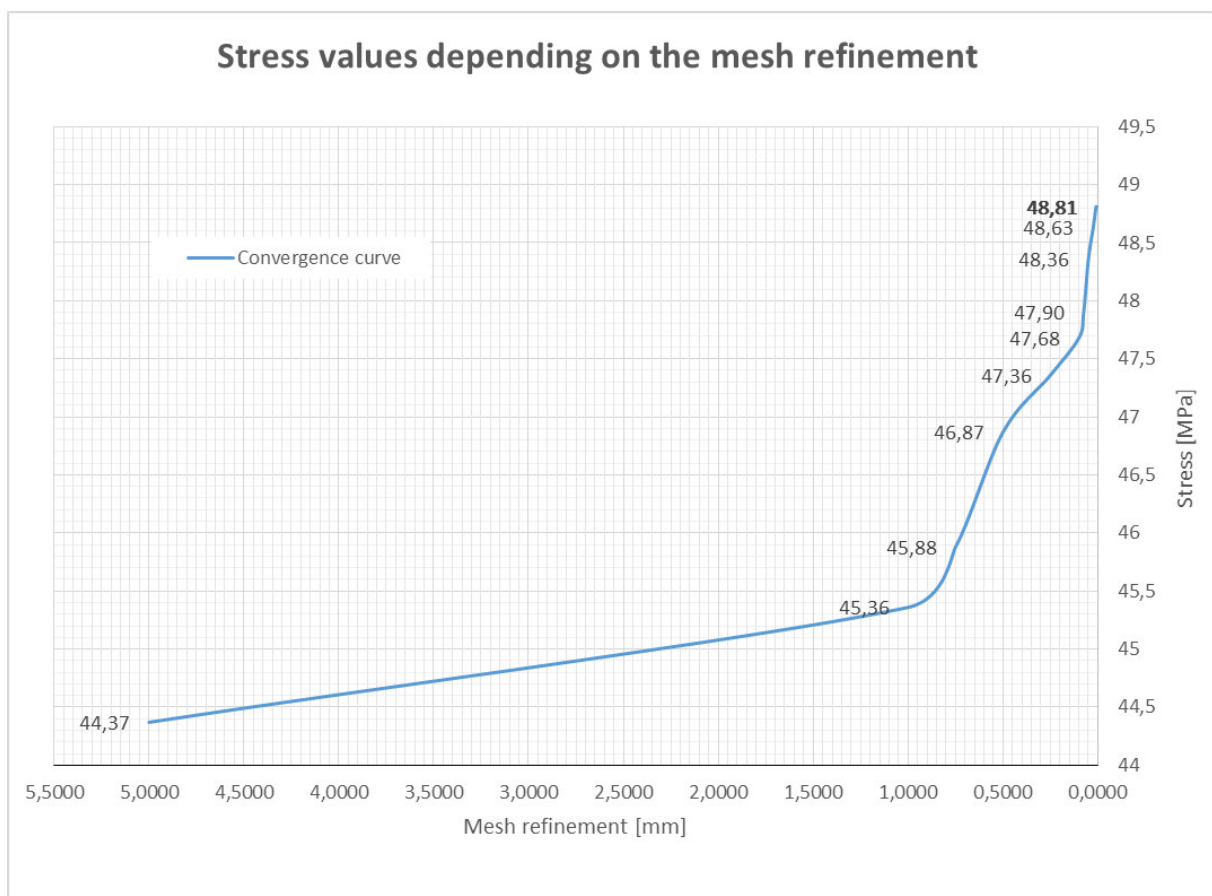


Abbildung 5-5: Konvergenzstudie, Forschungsbereich Stahlbau TU Wien

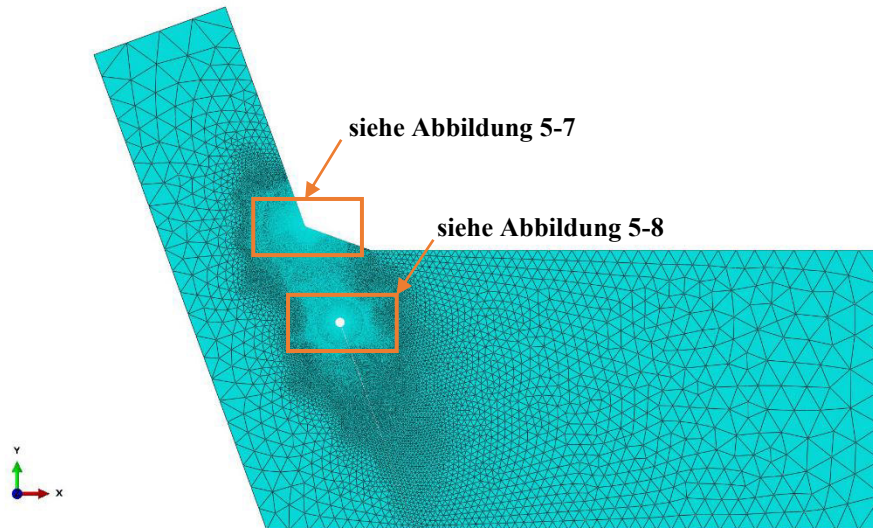


Abbildung 5-6: Modul „Naht oben“, Verweise auf die effektiven Kerben

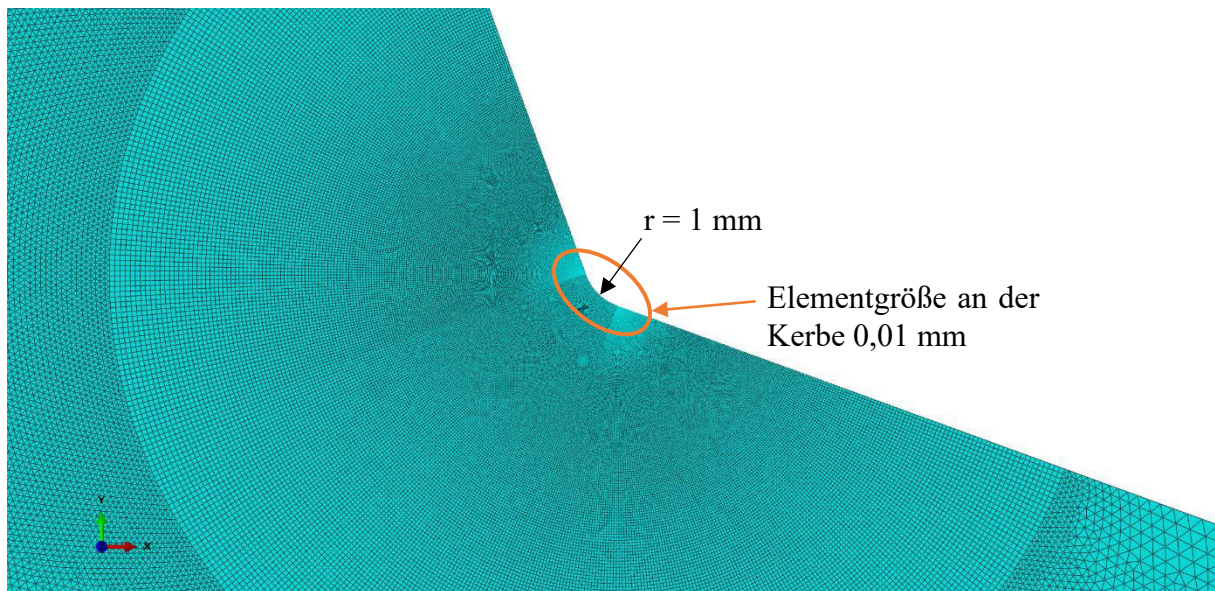


Abbildung 5-7: Kerbe „Schweißnahtoberfläche – Stegblechoberfläche“

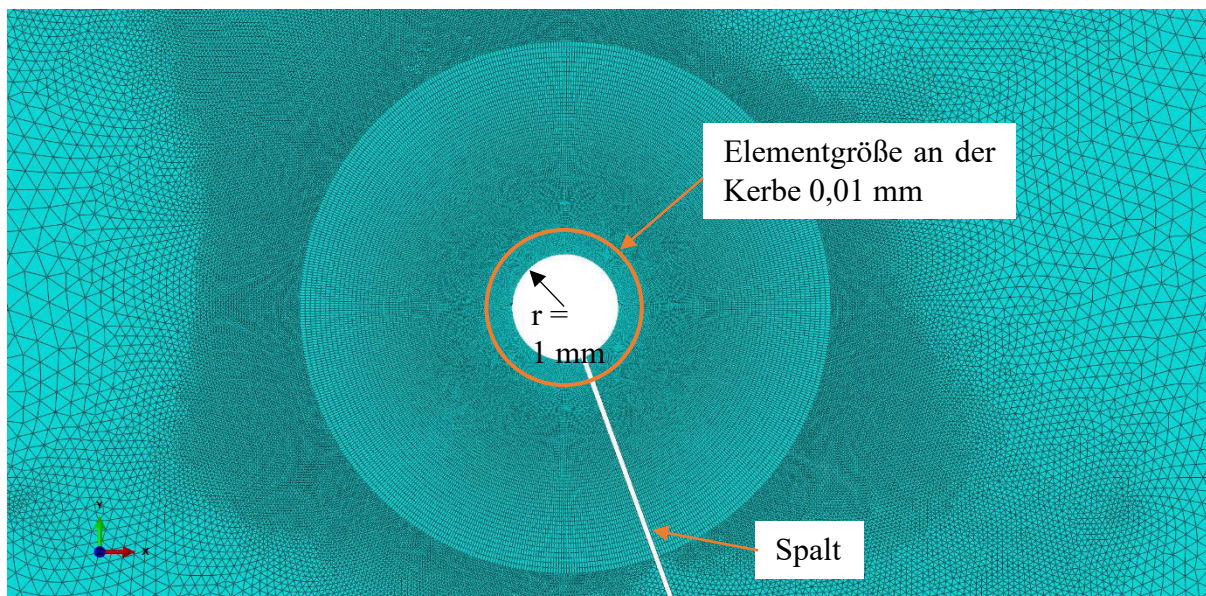


Abbildung 5-8: Kerbe „Schweißnahtwurzel oben“

6 Kritische Stellen

In den Modellen gibt es drei potenziell kritische Stellen.

- Kerbe Schweißnahtoberfläche – Stegblechoberfläche kritische Stelle 1
- Kerbe Schweißnahtwurzel oben kritische Stelle 2
- Kerbe Schweißnahtwurzel unten kritische Stelle 3

Diese neuen Bezeichnungen dienen dazu, die Bezeichnungen für die effektiven Kerben abzukürzen und mehr Übersicht zu schaffen.

6.1 Feldbereich

Aufgrund der Voruntersuchungen vom Forschungsbereich Stahlbau kann angenommen werden, dass es nur eine kritische Stelle gibt und sich diese immer an der Kerbe Stegblech-Schweißnaht befindet.

Jedoch liegt die Vermutung nahe, dass bei überwiegender Normalkraftbeanspruchung (z.B. in Feldmitte bei einer langen Brücke) die maximale Spannung auch an der kritischen Stelle 2 oder der kritischen Stelle 3 auftreten könnte. Dies ist damit zu erklären, dass der Steg danach strebt, sich in Richtung seiner Achse zu verschieben. Bei entsprechend günstiger Geometrie der Oberfläche der oberen Schweißnaht ist die Kerbe an beiden Schweißnahtwurzeln schärfer und es entstehen dort größere Kerbspannungen als an der kritischen Stelle 1.

In dieser Arbeit werden Berechnungsformeln für die kritische Stelle 1 und 2 entwickelt, anhand derer ermittelt werden kann, ob die maximale Kerbspannung an der Oberfläche oder an der Wurzel der oberen Naht auftritt.

Die Kerbspannungen an der kritischen Stelle 3 bzw. die Frage, ob diese in praktischen Anwendungsfällen (und nicht nur theoretisch) überhaupt eine Rolle spielen, muss in weiterführenden Arbeiten untersucht werden.

6.2 Auflagerbereich

Für den Auflagerbereich bzw. den Bereich des Endquerträgers sind die vorliegenden Modelle nicht gültig. Separate Untersuchungen an erweiterten Modellen wären nötig. Dazu müsste man das Stegblech entsprechend der Geometrie am Endquerträger nach unten hin verlängern und sowohl am oberen als auch am unteren Schnitt des Stegblechs Schnittgrößen einprägen.

Eine weitere Parameterstudie am Auflagerbereich wäre sehr umfangreich und wird an dieser Stelle nicht weiter verfolgt.

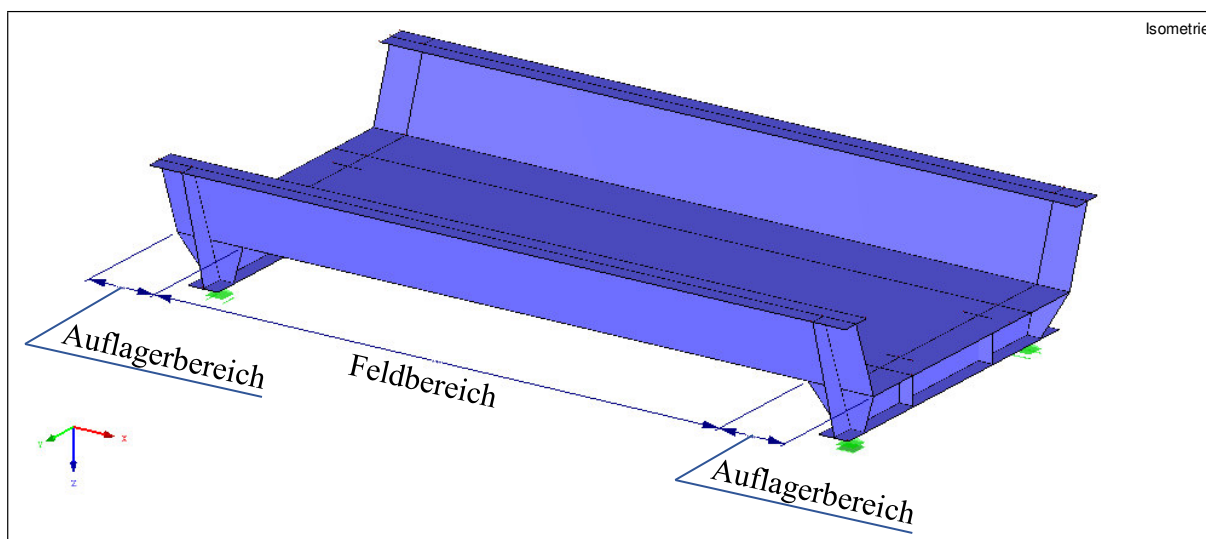


Abbildung 6-1: Definition Feldbereich und Auflagerbereich

7 Spaltproblematik

Um den Einfluss des Spaltes einschätzen zu können, ist eine Studie an Modellen mit den Parametern $\alpha = 90^\circ$, $\beta_1 = 170^\circ$, $\beta_2 = 45^\circ$, $\beta_3 = 110^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$ und $a_{\text{unten}} = 10\text{mm}$ durchgeführt worden.

Die Spaltbreite beginnt bei 0,1 mm und wird immer weiter verkleinert bis sich der Spalt schließt, sodass Fahrbahnblech und Stegblech satt aneinander liegen (siehe **Tabelle 7-1**). An die Spaltoberflächen sind Kontaktflächen mit den Eigenschaften:

- Normal Behavior: Hard Contact
- Tangential Behavior: Friction Coeff. = 0,2 (Stahl auf Stahl)

modelliert. Zum Vergleich wird auch noch ein Modell mit kontinuierlichem Körper ohne Spalt erstellt.

Es werden noch die Schnittgrößen:

- $M_{\text{neg.}} = -10 \text{ kNm/m}$
- $M_{\text{pos.}} = +10 \text{ kNm/m}$
- $N = 100 \text{ kN/m}$
- $V = 10 \text{ kN/m}$

eingepägt.

Durch Betrachtung der durchgerechneten FE-Modelle kann abgelesen werden, ob es zu Kontakt im Spalt kommt und wie sich dieser auf die effektiven Kerbspannungen an den drei kritischen Stellen auswirkt. An den Schweißnahtwurzeln gibt es immer zwei Spannungsspitzen, wobei nur die betragsmäßig größere in der folgenden Tabelle eingetragen ist.

$\alpha = 90^\circ, \beta_1 = 170^\circ, \beta_2 = 45^\circ, t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}, a_{\text{oben}} = 16\text{mm}, a_{\text{unten}} = 10\text{mm}$				
Spaltbreite = 0,1 mm	kritische Stelle 1	kritische Stelle 2	kritische Stelle 3	Kontakt im Spalt
	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$			
$M_{\text{neg.}} (-10 \text{ kNm/m})$	250,242	-139,457	-126,391	Nein
$M_{\text{pos.}} (+10 \text{ kNm/m})$	-250,242	139,457	126,391	
$N (100 \text{ kN/m})$	13,442	42,309	33,424	
$V (10 \text{ kN/m})$	-3,179	-1,780	1,714	
Spaltbreite = 0,01 mm	kritische Stelle 1	kritische Stelle 2	kritische Stelle 3	Kontakt im Spalt
	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$			
$M_{\text{neg.}} (-10 \text{ kNm/m})$	250,146	-139,311	-126,422	Nein
$M_{\text{pos.}} (+10 \text{ kNm/m})$	-250,146	139,311	126,422	
$N (100 \text{ kN/m})$	13,440	42,384	33,472	
$V (10 \text{ kN/m})$	-2,819	-1,904	1,508	
Spaltbreite = 0,005 mm	kritische Stelle 1	kritische Stelle 2	kritische Stelle 3	Kontakt im Spalt
	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$			
$M_{\text{neg.}} (-10 \text{ kNm/m})$	241,479	-109,232	-97,811	Ja
$M_{\text{pos.}} (+10 \text{ kNm/m})$	-250,141	139,326	126,416	Nein
$N (100 \text{ kN/m})$	13,440	42,365	33,473	
$V (10 \text{ kN/m})$	-2,819	-1,905	1,508	
Spaltbreite = 0,0 mm	kritische Stelle 1	kritische Stelle 2	kritische Stelle 3		Kontakt im Spalt
	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$			
$M_{\text{neg.}} (-10 \text{ kNm/m})$	229,416	105,934	54,371	Ja
$M_{\text{pos.}} (+10 \text{ kNm/m})$	-250,040	139,348	126,184	Nein
$N (100 \text{ kN/m})$	13,449	42,286	33,480	
$V (10 \text{ kN/m})$	-3,245	-1,206	1,907	
kontinuierliches Modell, kein Spalt	kritische Stelle 1	kritische Stelle 2	kritische Stelle 3		Kontakt im Spalt
	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$			
$M_{\text{neg.}} (-10 \text{ kNm/m})$	240,506	43,504	-1,820	-
$M_{\text{pos.}} (+10 \text{ kNm/m})$	-240,506	-43,504	1,820	
$N (100 \text{ kN/m})$	9,478	6,590	0,806	
$V (10 \text{ kN/m})$	-3,003	-0,733	0,080	

Tabelle 7-1: Ergebnisse der Spaltstudie

Logischerweise kann es nur bei einem negativ eingepägten Moment zum Kontakt im Spalt kommen. Bei $M = -10 \text{ kNm/m}$ berühren sich Stegblech und Fahrbahnblech erst bei einer Spaltbreite von 0,005 mm. Dabei treten an allen kritischen Stellen kleinere Kerbspannungen auf.

Die Ergebnisse bei allen anderen Schnittgrößen bleiben mehr oder weniger gleich. Eine SG-Kombination mit negativem Moment und Normalkraft wurde im Zuge dieser Untersuchung nicht gebildet. In einem solchen Fall werden sich die Kerbspannungen bei Spaltkontakt auch verringern, da ein Teil der Normalkraft über Reibung ins Fahrbahnblech übertragen werden wird.

Am kontinuierlichen Modell sind alle Kerbspannungen kleiner als an den Modellen mit Spalt. Das liegt daran, dass die eingepägten Kraftgrößen zu einem großen Teil im Spaltbereich und

nicht an den Schweißnähten ins Fahrbahnblech übertragen werden. Diese Modellbildung entspricht in keiner Weise der Wirklichkeit und wird ausgeschlossen.

Negatives Moment und Spaltkontakt liefern günstigere Ergebnisse. In der Praxis kann bei der Fertigung aber nicht garantiert werden, dass die beiden Belche nach dem Schweißen wirklich satt aneinander liegen und der Spalt völlig geschlossen ist. Außerdem bringt eine Modellierung mit Kontaktflächen eine Nichtlinearität mit sich, da die Größe des Moments darüber entscheidet, ob es eine Spaltpressung gibt und wie groß diese ist.

Aus diesen beiden Gründen wird auf der sicheren Seite liegend für alle weiteren Modelle zwar ein Spalt modelliert, aber ohne Kontaktflächen. Somit können die Kraftgrößen im Steg nur über die beiden Schweißnähte ins Fahrbahnblech übertragen werden.

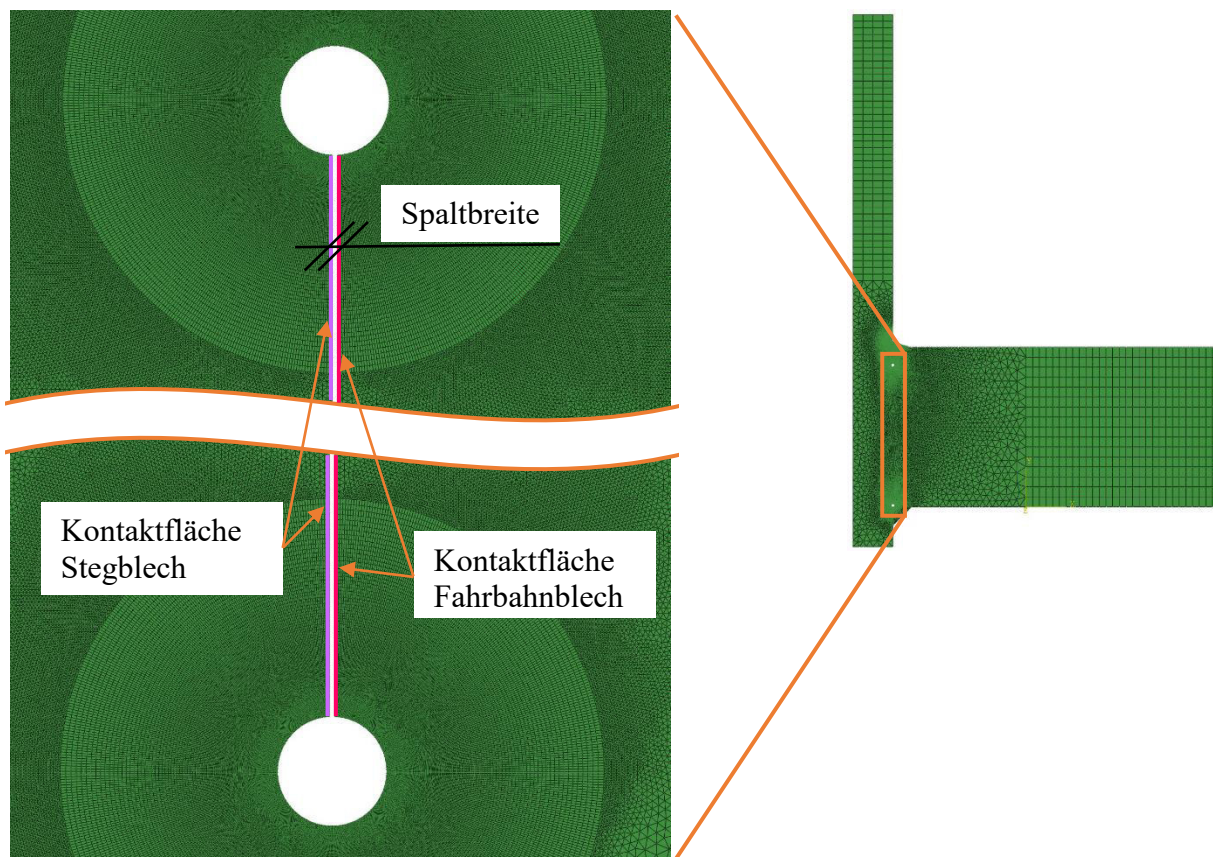


Abbildung 7-1: Darstellung zur Modellierung der Spaltstudie mit Kontaktflächen

8 Einwirkungen

8.1 Ermittlung der Schnittgrößen

Obwohl sich diese Arbeit mit der Herleitung von Kerbfaktoren und -funktionen beschäftigt, ist die korrekte Methode zur Ermittlung der Schnittgrößen ein wichtiger Punkt. Man kann mit dem passenden Modell wirtschaftlicher dimensionieren und erkennt dabei auch, dass unter gewissen geometrischen Voraussetzungen auch die kritische Stelle 2 oder sogar die kritische Stelle 3 von Bedeutung sein kann (siehe **Kapitel 6.1**).

Am Beispiel einer Brücke mit der Stegneigung $\alpha = 110^\circ$ und $t_{\text{Steg}} = 30 \text{ mm}$ werden die ermittelten Schnittgrößen für ein Stabwerkmodell und für dreidimensionale Schalenmodelle mit den Längen 10 m und 20 m verglichen. Zu diesem Zweck wird eine Referenzlast von 100 kN/m bzw. 100 kN/m² (siehe **Abbildung 8-1** bzw. **Abbildung 8-2** und **Abbildung 8-3**) aufgebracht. Diese Belastung entspricht nicht einer Lastkombination FLS. Sie dient dazu, das Stabwerkmodell mit dem Schalenmodell vergleichen zu können und um ein Gefühl für ungefähre Größenordnung der einzelnen Schnittgrößen zu erhalten.

Die Abmessungen der Modelle sind in Anlehnung an die Regelstatik¹² gewählt (lichte Breite zwischen den OG, Steghöhe, Geometrie der Endquerträger,...).

Betrachtet man nun die Schnittgrößen für die verschiedenen Modelle, erkennt man, dass diese sich vor allem beim Biegemoment und bei der Querkraft signifikant unterscheiden. Daher wird empfohlen, die Bemessungsschnittgrößen mit 3D-Schalenmodellen an mehreren Schnitten zu ermitteln.

¹² vgl. Kuss/Fink, 2006, S.7

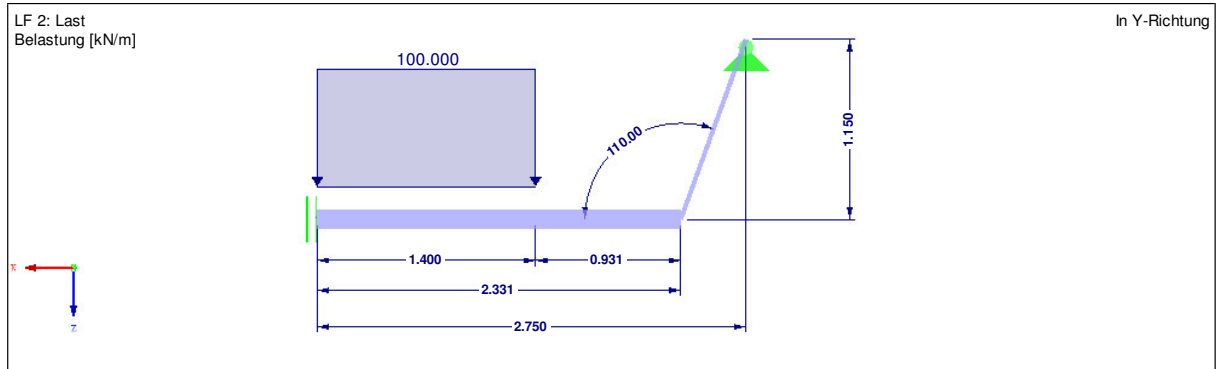


Abbildung 8-1: Stabwerkmodell, Last 100 kN/m

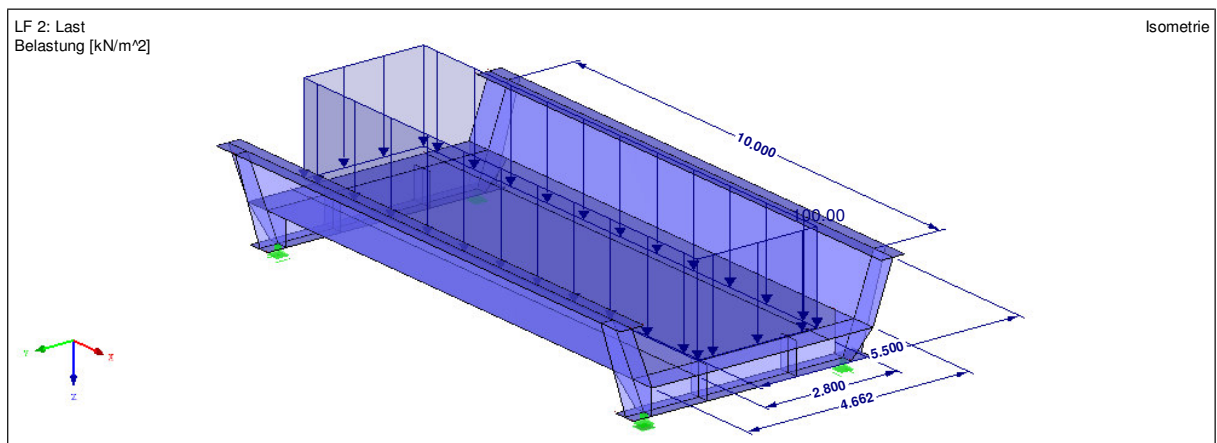


Abbildung 8-2: 3D-Schalenmodell, Last 100 kN/m², Länge 10 m

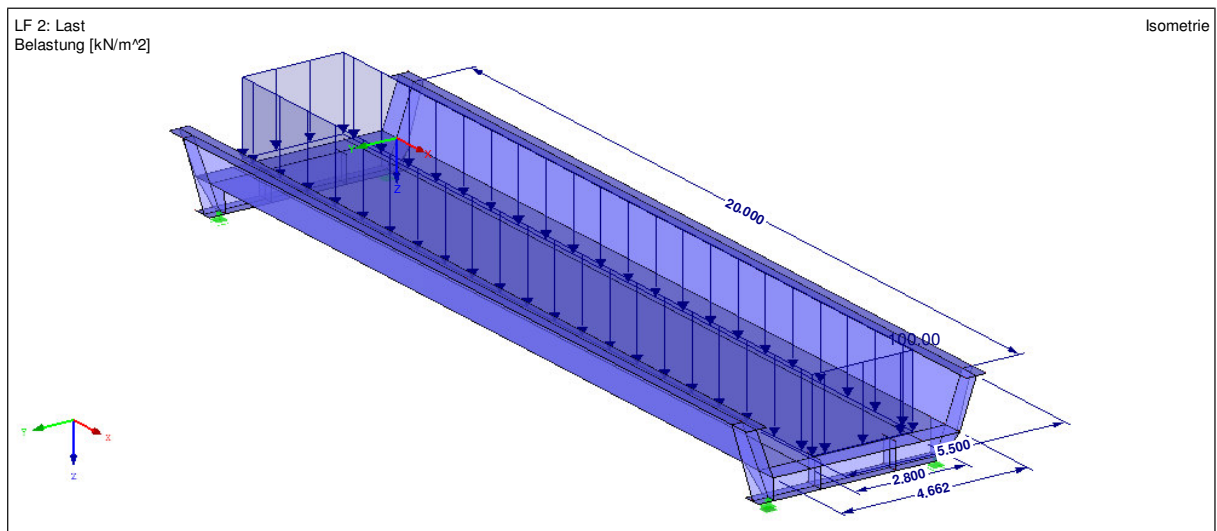


Abbildung 8-3: 3D-Schalenmodell, Last 100 kN/m², Länge 20 m

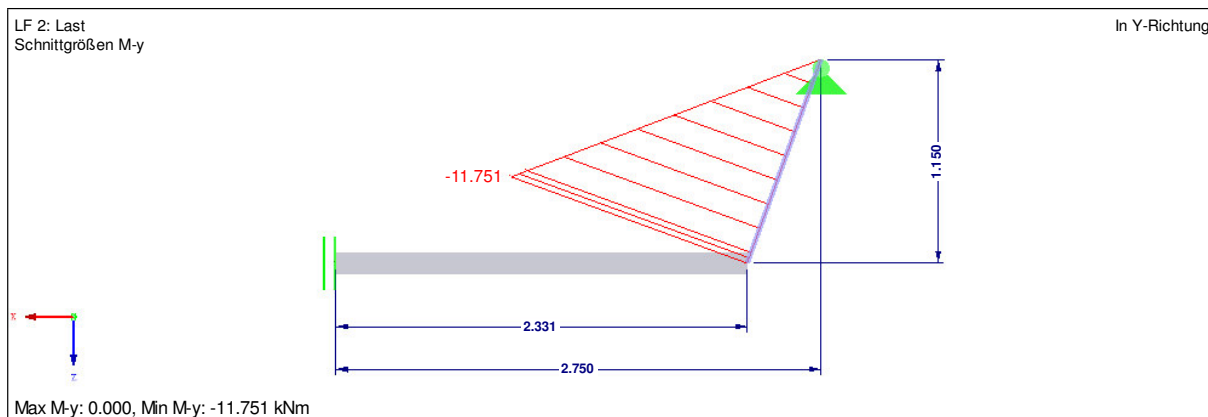


Abbildung 8-4: Biegemoment am Stabwerkmodell

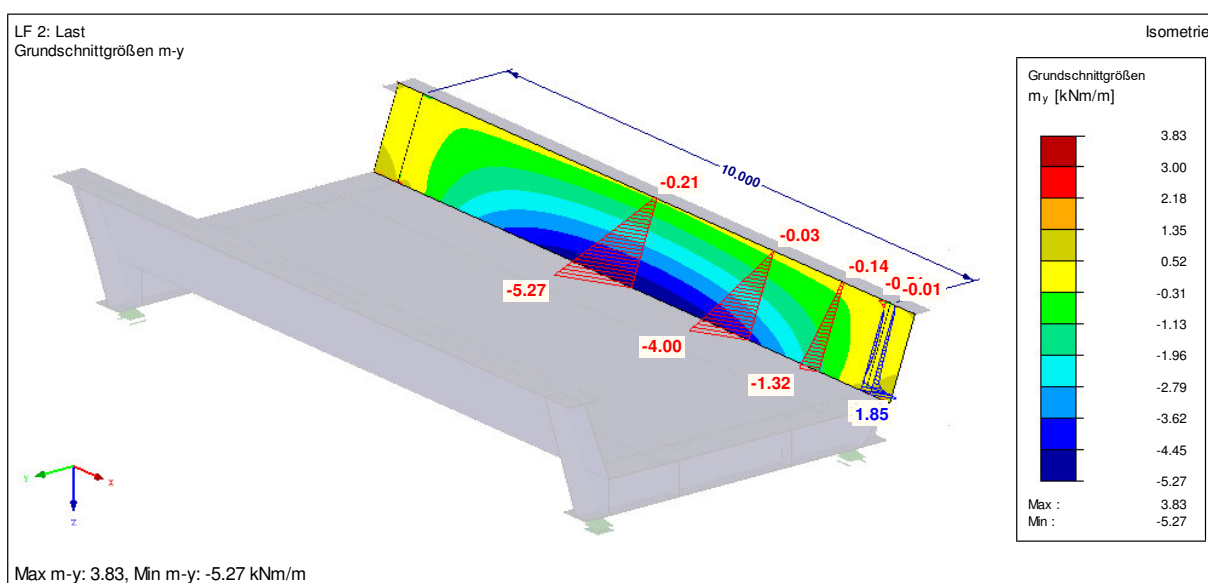


Abbildung 8-5: Biegemoment am 3D-Schalenmodell, Länge 10 m

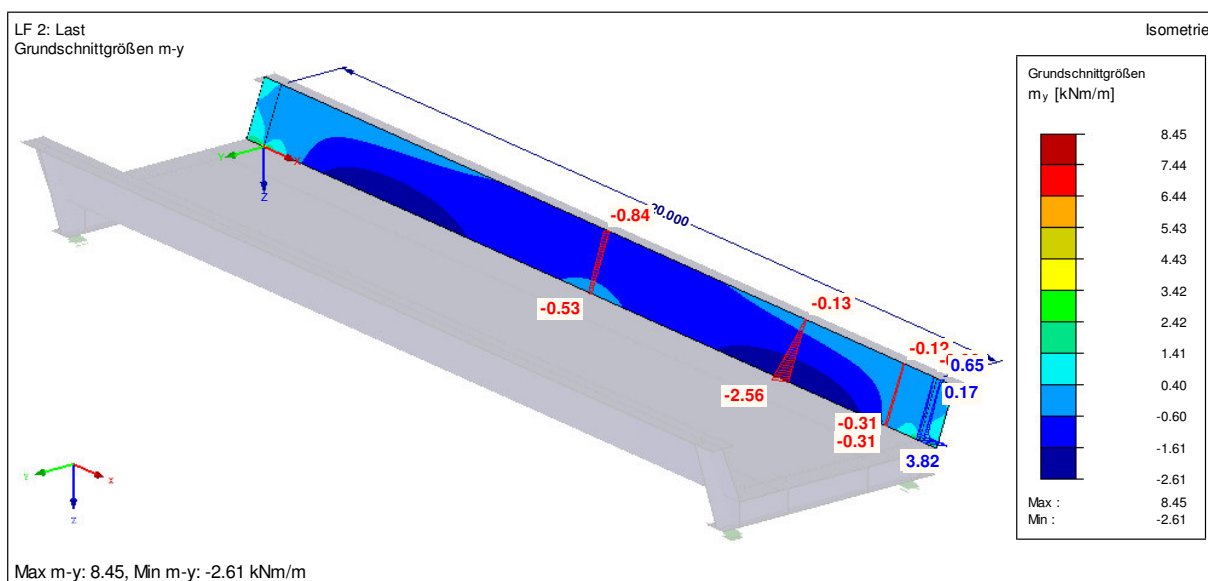


Abbildung 8-6: Biegemoment am 3D-Schalenmodell, Länge 20 m

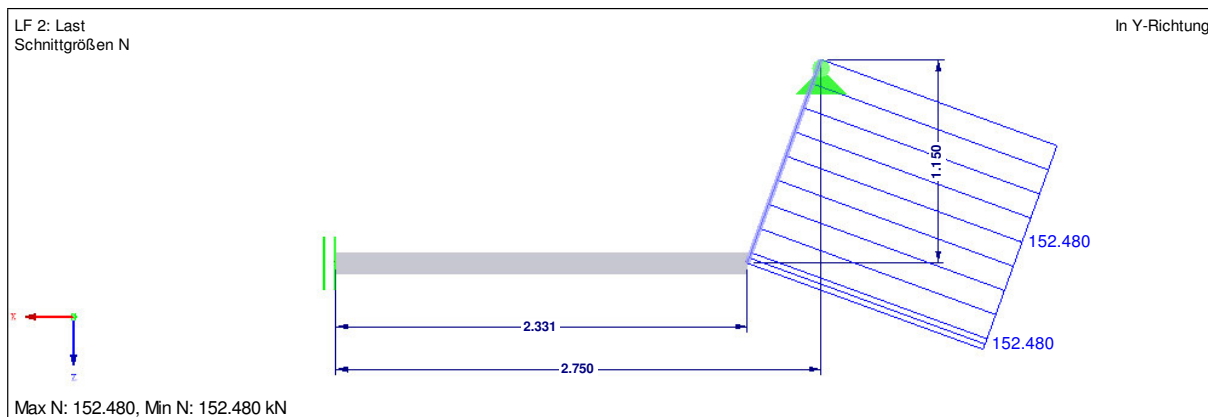


Abbildung 8-7: Normalkraft am Stabwerkmodell

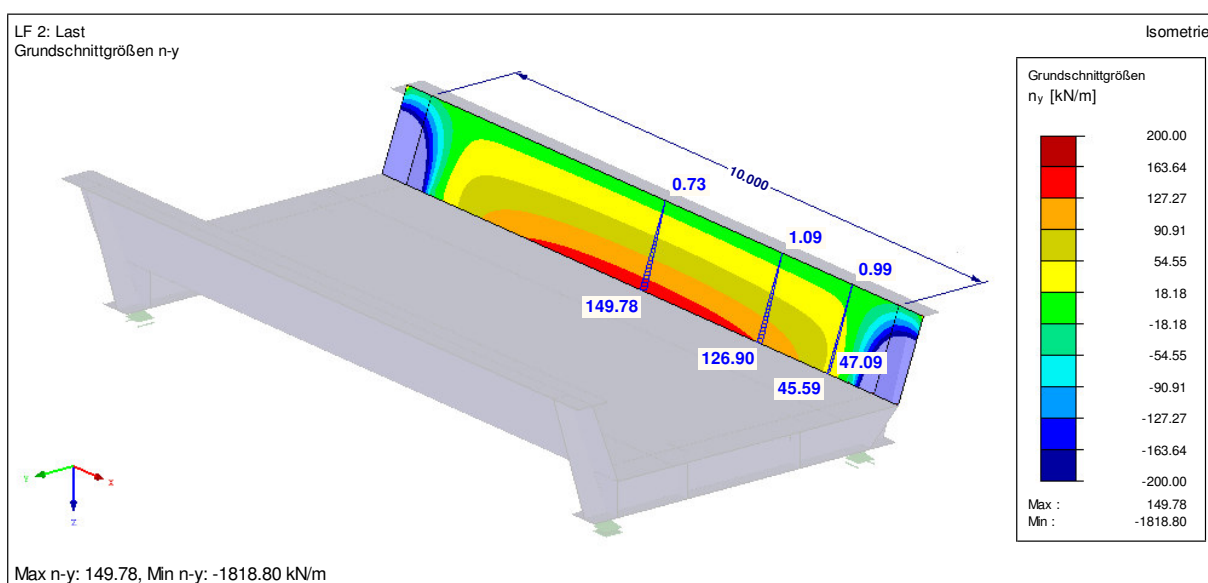


Abbildung 8-8: Normalkraft am 3D-Schalenmodell, Länge 10 m

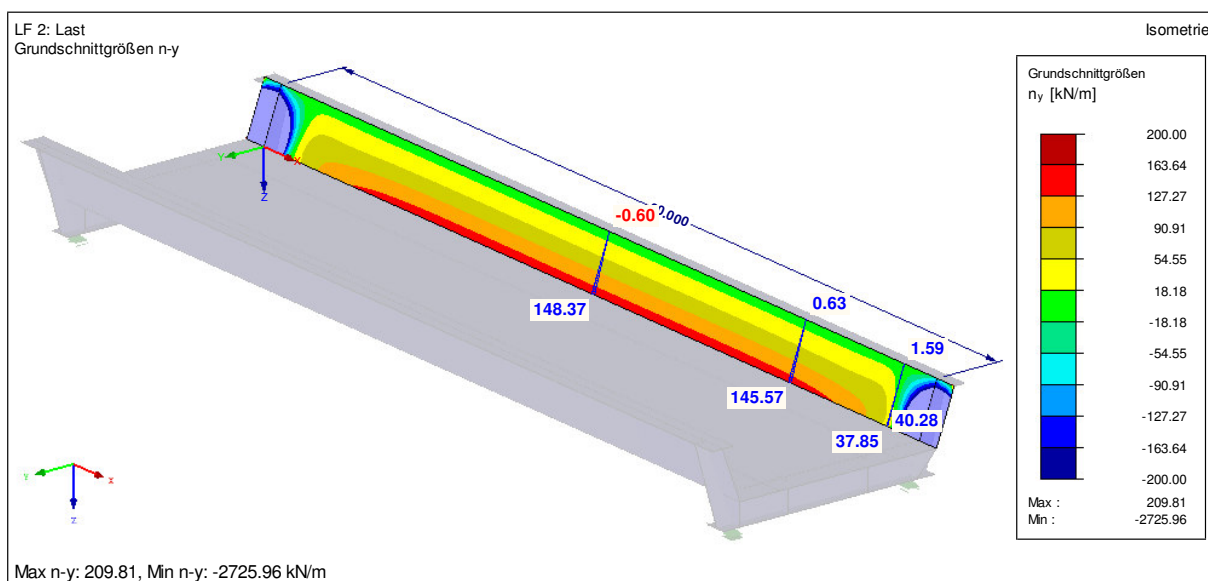


Abbildung 8-9: Normalkraft am 3D-Schalenmodell, Länge 20 m

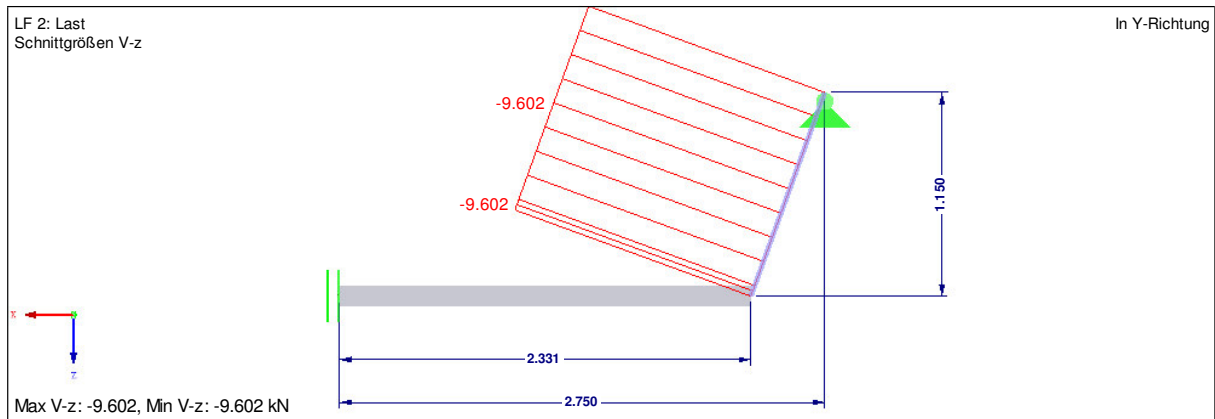


Abbildung 8-10: Querkraft am Stabwerkmodell

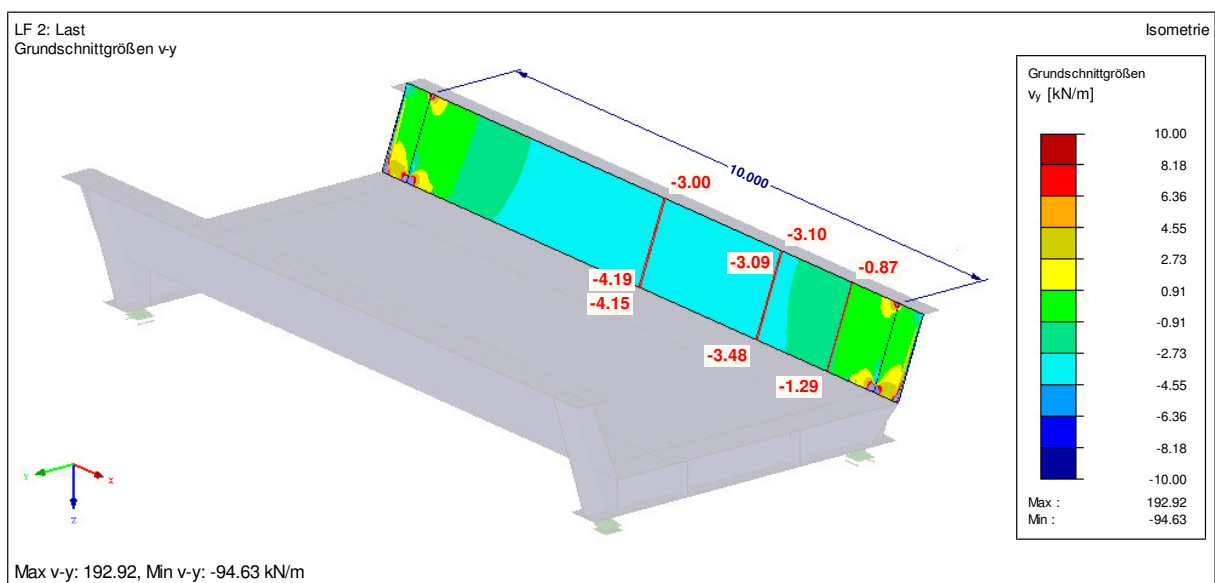


Abbildung 8-11: Querkraft am 3D-Schalenmodell, Länge 10 m

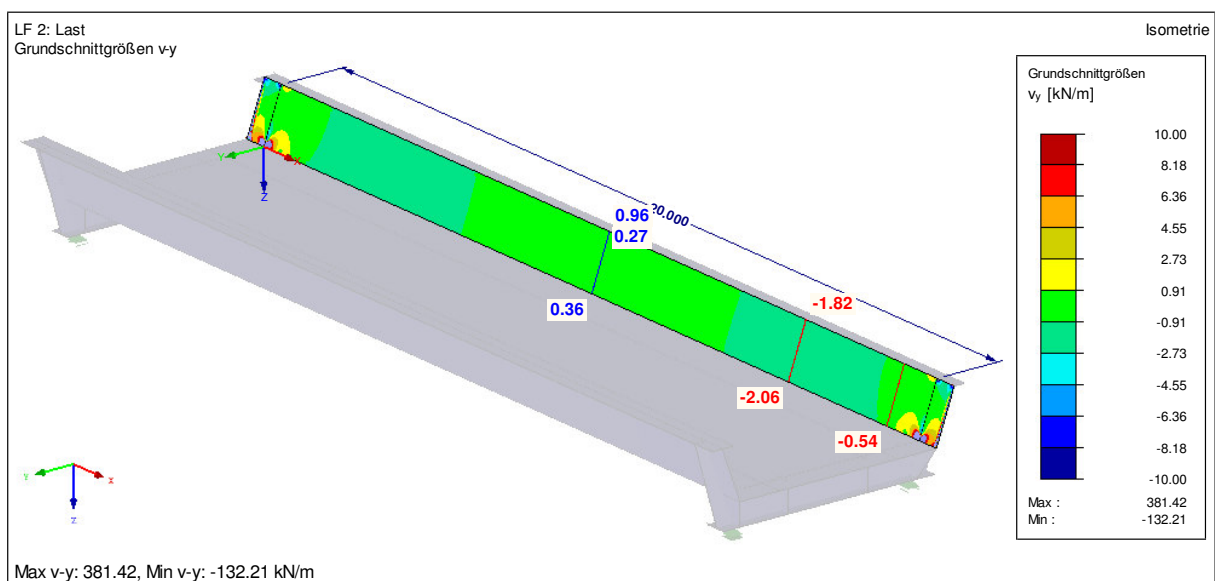


Abbildung 8-12: Querkraft am 3D-Schalenmodell, Länge 20 m

8.2 Wahl der eingepprägten Schnittgrößen

Die eingepprägten Schnittgrößen werden so gewählt, dass sich diese in der Größenordnung der berechneten Schnittgrößen aus **Kapitel 8.1** bewegen. Die eingepprägte Querkraft ist allerdings um ein vielfaches höher, da ansonsten die simulierten Kerbspannungen unbrauchbar niedrige Werte annehmen würden. Der Einfluss der Querkraft ist also eher gering.

Auf die besondere Wahl der Schnittgrößen an der kritischen Stelle 2 wird in den entsprechenden Kapiteln näher eingegangen.

8.2.1 Kritische Stelle 1

- $-10 \text{ (-15) kNm/m} \leq M \leq 15 \text{ kNm/m}$
- $-150 \text{ kN/m} \leq N \leq 150 \text{ kN/m}$
- $-50 \text{ kN/m} \leq V \leq 25 \text{ kN/m}$

8.2.2 Kritische Stelle 2

- $-200 \text{ kN/m} \leq N \leq 200 \text{ kN/m}$ bei $t_{\text{Steg}} = 20 \text{ mm}$
- $-300 \text{ kN/m} \leq N \leq 300 \text{ kN/m}$ bei $t_{\text{Steg}} = 30 \text{ mm}$
- $-400 \text{ kN/m} \leq N \leq 400 \text{ kN/m}$ bei $t_{\text{Steg}} = 40 \text{ mm}$

- $M = 1, -3, 10, -20 \text{ kNm/m}$

- $V = 25 \text{ kN/m}$

8.3 Kombination der eingepprägten Schnittgrößen

8.3.1 Kritische Stelle 1

Es werden die Kombinationen wie am Beispiel in **Tabelle 8-1** an zahlreichen Modellen mit $\alpha = 90^\circ, 110^\circ, 130^\circ$; $a_{\text{oben}} = 8 \text{ mm}, 10 \text{ mm}, 16 \text{ mm}$ und $t_{\text{Steg}} = 20 \text{ mm}, 30 \text{ mm}, 40 \text{ mm}$ untersucht.

Man kann erkennen, dass die Überlagerung durch Addition der Ergebnisse aus den einzelnen Schnittgrößen dieselben Gesamtergebnisse liefert wie eine direkte Überlagerung der Schnittgrößen in ABAQUS mit anschließender Spannungsberechnung.

Da linear-elastisches Materialverhalten vorliegt, kann man aus diesen Ergebnissen schlussfolgern, dass sich die Spannungsspitzen aus den einzelnen Schnittgrößen jeweils genau am selben Ort im Bereich des effektiven Kerbradius befinden.

In **Tabelle 8-1**, **Tabelle 8-2** und **Abbildung 8-13** wird diese Erkenntnis an einem ausgewählten Beispiel ($\alpha=90^\circ$, $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$, $a_{\text{oben}}=10\text{mm}$, $\beta_1=160^\circ$) dargestellt.

M [kNm/m]	σ_{Kerb}^M [N/mm ²]	V = 25 [kN/m]		V = -50 [kN/m]		Faktor der Differenzen
		$\sigma_{\text{Kerb}}^{M+V}$ [N/mm ²]	Differenz [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{M+V}$ [N/mm ²]	Differenz [N/mm ²]	
-15	355,762	351,878	-3,884	363,527	7,765	-2,00
-7,5	177,881	174,029	-3,852	185,652	7,771	-2,02
0	0	-4,941	-4,941	9,879	9,879	-2,00
7,5	-177,881	-181,765	-3,884	-170,315	7,566	-1,95
15	-355,762	-359,646	-3,884	-348,061	7,701	-1,98

M [kNm/m]	σ_{Kerb}^M [N/mm ²]	N = 75 [kN/m]		N = -150 [kN/m]		Faktor der Differenzen
		$\sigma_{\text{Kerb}}^{M+N}$ [N/mm ²]	Differenz [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{M+N}$ [N/mm ²]	Differenz [N/mm ²]	
-15	355,762	372,291	16,529	322,703	-33,059	-2,00
-7,5	177,881	194,41	16,529	144,823	-33,058	-2,00
0	0	16,529	16,529	-33,058	-33,058	-2,00
7,5	-177,881	-161,352	16,529	-210,939	-33,058	-2,00
15	-355,762	-339,233	16,529	-388,82	-33,058	-2,00

Tabelle 8-1: Addition der blau bzw. grün hinterlegten Zellen ergibt die (hinterlegten) Werte in Tabelle 8-2

	M [-15kNm/m]	N [75kN/m]	V [-50kN/m]	M [15kNm/m]	N [-150kN/m]	V [25kN/m]
	$\sigma_{\text{Kerb}}^{M+N+V}$ [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{M+N+V}$ [N/mm ²]				
Werte aus ABAQUS	380,056	-392,704				
Werte durch Addition	380,056	-392,704				

Tabelle 8-2: Vergleich der Werte

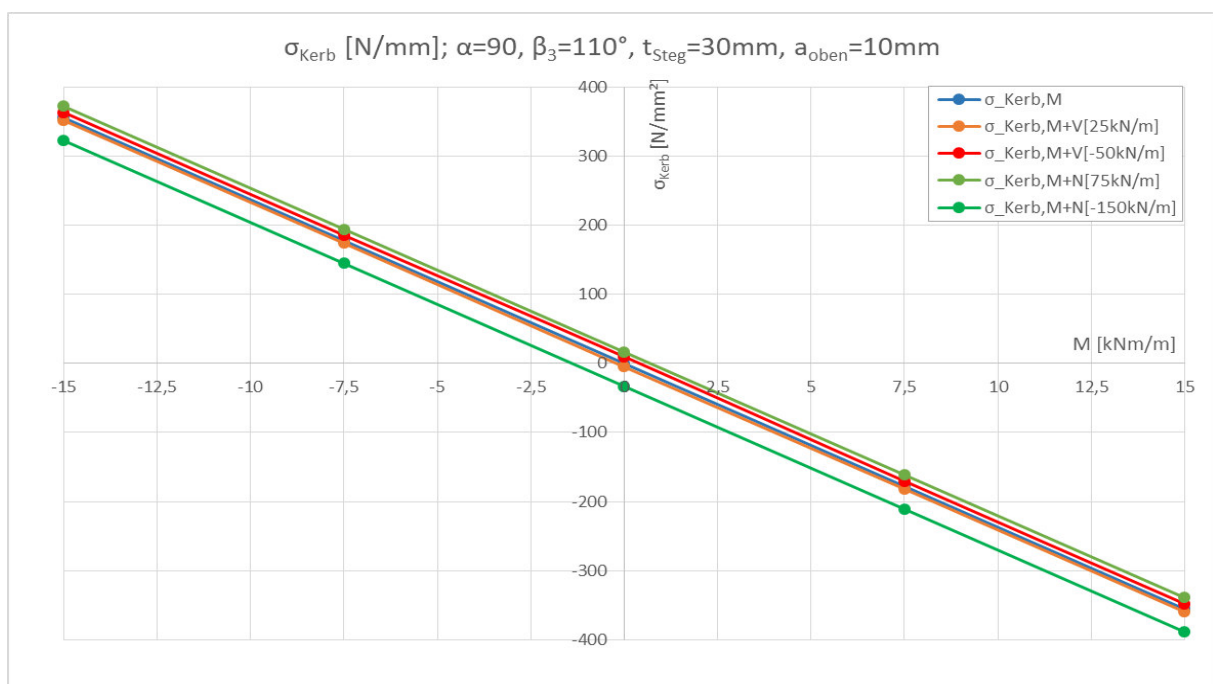


Abbildung 8-13: an der kritischen Stelle 1 können für Lastkombination die Einzelergebnisse additiv überlagert werden

8.3.2 Kritische Stelle 2

Die Kombinationen an dieser Stelle gestalten sich etwas umfangreicher, da sich die Spannungsspitzen der einzelnen Schnittgrößen nicht mehr an derselben Stelle an der Kerbenoberfläche befinden. Durch die Schaffung einer Abhängigkeit der Kerbspannung zufolge des Momentes von der einwirkenden Normalkraft lassen sich die Ergebnisse der berechneten Kerbspannungen trotzdem additiv überlagern.

An der Schweißnahtwurzel resultieren aus einer eingepprägten Schnittgröße bzw. Schnittgrößenkombination immer zwei Spannungsspitzen, eine mit positivem und eine mit negativem Vorzeichen. **Abbildung 8-14** zeigt beispielhaft an der kritischen Stelle 2 bei einer Normalkraftbelastung von -150 kN/m das Auftreten der zwei Spitzen.

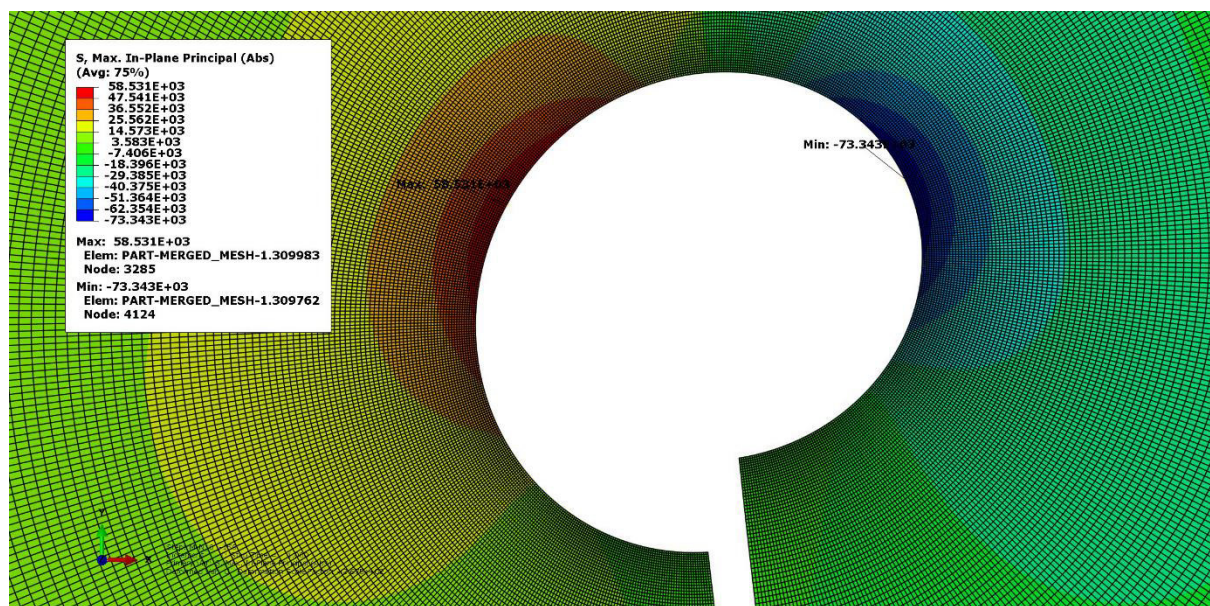


Abbildung 8-14: Kritische Stelle 2, $N = -150 \text{ kN/m}$, Einheit der Spannungen in dieser Abbildung kN/m^2

Trägt man diese Spannungsspitzen aus der Normalkraft N und der Kombination Normalkraft-Moment $N-M$ in ein Diagramm (**Abbildung 8-15**) ein, so ergeben sich Geraden zufolge N ($\sigma_{\text{Kerb},N}$ positiv/negativ) bzw. Kurven zufolge $N-M$ ($\sigma_{\text{Kerb},N-M} = \dots$ pos./neg.). Diese Kerbspannungen aus $N-M$ bzw. deren Differenz zu den Kerbspannungen aus reiner Normalkraft können als Funktionen mit Abhängigkeit von N dargestellt werden.

Das Beispiel der **Abbildung 8-14** ist zur Veranschaulichung in das Kerbspannungsdiagramm (**Abbildung 8-15**) eingetragen.

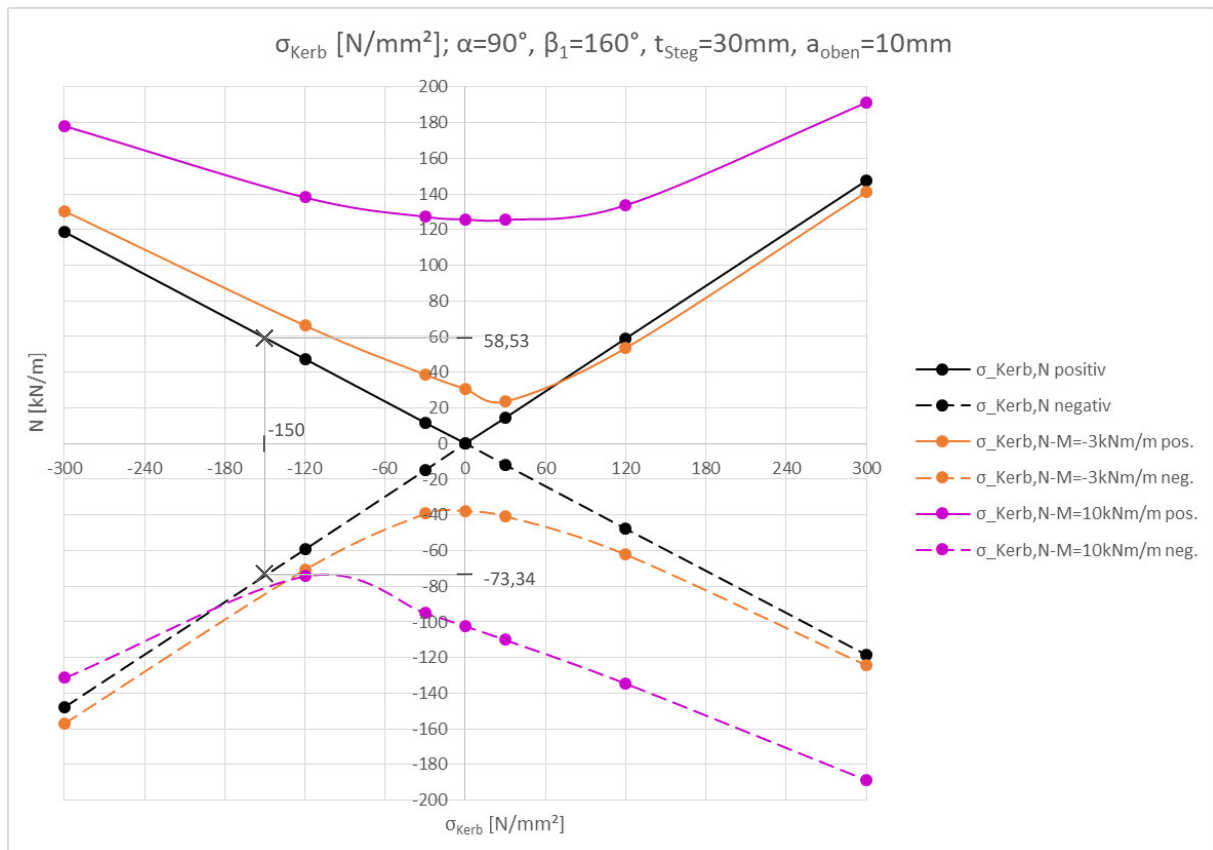


Abbildung 8-15: Kerbspannungen zufolge N und N-M

9 Parametervariationen

9.1 Parameter a_{unten}

An der jeweiligen kritischen Stelle wird die betragsmäßig größte Kerbspannung ausgelesen. In der Kerbe der Schweißnahtwurzeln gibt es, wie bereits erwähnt, immer eine Spannungsspitze mit positivem und eine mit negativem Vorzeichen. Abhängig von der Geometrie sind die Spannungen an den kritischen Stellen 2 und 3 bei Normkraft- und Querkraftbelastung mit unterschiedlichem Vorzeichen behaftet.

In **Tabelle 9-1** bis **Tabelle 9-3** können an der jeweiligen kritischen Stelle die Ergebnisse für $a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$ und $a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$ verglichen werden.

$\alpha = 90^\circ; t_{\text{Steg}} = 30 \text{ mm}$				
$a_{\text{oben}}=8 \text{ mm}; \beta_1=160^\circ; \beta_2=45^\circ; \beta_3=110^\circ$	$a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	234,825	-120,548	-146,032
	M (+10 kNm/m)	-234,825	120,548	146,032
	N (150 kN/m)	40,185	79,380	56,790
	V (50 kN/m)	-8,205	-24,780	-6,385
	$a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	235,083	-117,272	-127,778
	M (+10 kNm/m)	-235,083	117,272	127,778
N (150 kN/m)	39,615	76,665	50,280	
V (50 kN/m)	-8,315	-24,640	-6,100	
$a_{\text{oben}}=10 \text{ mm}; \beta_1=160^\circ; \beta_2=45^\circ; \beta_3=110^\circ$	$a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	237,758	-127,869	-142,568
	M (+10 kNm/m)	-237,758	127,869	142,568
	N (150 kN/m)	32,340	73,350	55,260
	V (50 kN/m)	-7,665	-20,615	-6,155
	$a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	237,598	-123,873	-124,878
	M (+10 kNm/m)	-237,598	123,873	124,878
N (150 kN/m)	32,055	70,800	48,960	
V (50 kN/m)	-7,730	-20,535	-5,810	
$a_{\text{oben}}=16 \text{ mm}; \beta_1=160^\circ; \beta_2=45^\circ; \beta_3=110^\circ$	$a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	243,395	-138,401	-127,522
	M (+10 kNm/m)	-243,395	138,401	127,522
	N (150 kN/m)	20,460	64,350	51,120
	V (50 kN/m)	-6,710	-12,900	-5,830
	$a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	242,801	-133,635	-112,025
	M (+10 kNm/m)	-242,801	133,635	112,025
N (150 kN/m)	20,520	62,070	45,420	
V (50 kN/m)	-6,710	-12,905	-5,335	

Tabelle 9-1: Vergleich σ_{Kerb} für $a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$ bzw. 16 mm bei $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 110^\circ; t_{\text{Steg}} = 30 \text{ mm}$				
$a_{\text{oben}}=8 \text{ mm}; \beta_1=160^\circ; \beta_2=45^\circ; \beta_3=130^\circ$	$a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	214,334	-109,390	-148,170
	M (+10 kNm/m)	-214,334	109,390	148,170
	N (150 kN/m)	34,335	67,230	-64,455
	V (50 kN/m)	-7,625	-28,170	-15,085
	$a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	214,946	-107,505	-130,540
	M (+10 kNm/m)	-214,946	107,505	130,540
N (150 kN/m)	33,510	64,320	-56,805	
V (50 kN/m)	-7,875	-27,890	-13,780	
$a_{\text{oben}}=10 \text{ mm}; \beta_1=160^\circ; \beta_2=45^\circ; \beta_3=130^\circ$	$a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	215,417	-116,137	-145,080
	M (+10 kNm/m)	-215,417	116,137	145,080
	N (150 kN/m)	28,095	61,995	-62,085
	V (50 kN/m)	-7,285	-22,840	-14,790
	$a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	215,757	-113,464	-127,764
	M (+10 kNm/m)	-215,757	113,464	127,764
N (150 kN/m)	27,570	59,325	-54,540	
V (50 kN/m)	-7,450	-22,655	-13,390	
$a_{\text{oben}}=16 \text{ mm}; \beta_1=160^\circ; \beta_2=45^\circ; \beta_3=130^\circ$	$a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	217,867	-126,390	-130,750
	M (+10 kNm/m)	-217,867	126,390	130,750
	N (150 kN/m)	18,945	55,365	57,510
	V (50 kN/m)	-6,515	-13,720	-14,330
	$a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	217,850	-122,601	-115,233
	M (+10 kNm/m)	-217,850	122,601	115,233
N (150 kN/m)	18,825	52,950	50,700	
V (50 kN/m)	-6,555	-13,565	-12,755	

Tabelle 9-2: Vergleich σ_{Kerb} für $a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$ bzw. 16 mm bei $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 130^\circ; t_{\text{Steg}} = 30 \text{ mm}$				
$a_{\text{oben}}=8 \text{ mm}; \beta_1=160^\circ; \beta_2=60^\circ; \beta_3=150^\circ$	$a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	173,201	101,741	-147,718
	M (+10 kNm/m)	-173,201	-101,741	147,718
	N (150 kN/m)	18,930	-50,100	-73,650
	V (50 kN/m)	-7,240	-38,250	-30,195
	$a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	173,455	99,625	-130,600
	M (+10 kNm/m)	-173,455	-99,625	130,600
N (150 kN/m)	18,510	-47,895	-65,745	
V (50 kN/m)	-7,875	-37,675	-27,610	
$a_{\text{oben}}=10 \text{ mm}; \beta_1=160^\circ; \beta_2=60^\circ; \beta_3=150^\circ$	$a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	173,553	-108,861	-144,372
	M (+10 kNm/m)	-173,553	108,861	144,372
	N (150 kN/m)	16,290	-45,825	-71,370
	V (50 kN/m)	-6,365	-30,355	-29,615
	$a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	173,711	-106,881	-127,456
	M (+10 kNm/m)	-173,711	106,881	127,456
N (150 kN/m)	16,035	-43,050	-63,585	
V (50 kN/m)	-6,490	-29,930	-26,915	
$a_{\text{oben}}=16 \text{ mm}; \beta_1=160^\circ; \beta_2=60^\circ; \beta_3=150^\circ$	$a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	174,380	-119,901	-129,759
	M (+10 kNm/m)	-174,380	119,901	129,759
	N (150 kN/m)	13,110	43,080	-66,405
	V (50 kN/m)	-3,505	-17,825	-28,685
	$a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$	Kritische Stelle 1	Kritische Stelle 2	Kritische Stelle 3
	Einwirkung	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		
	M (-10 kNm/m)	174,412	-116,896	-114,262
	M (+10 kNm/m)	-174,412	116,896	114,262
N (150 kN/m)	13,065	40,800	-58,965	
V (50 kN/m)	-3,530	-17,270	-25,740	

Tabelle 9-3: Vergleich σ_{Kerb} für $a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$ bzw. 16 mm bei $\alpha = 130^\circ$

Die Unterschiede in den effektiven Kerbspannungen für $a_{\text{unten}} = 10 \text{ mm}$ und $a_{\text{unten}} = 16 \text{ mm}$ sind vor allem an den kritischen Stellen 1 und 2 sehr gering. Als Konsequenz wird für alle weiteren Modelle das Schweißnahtmaß a_{unten} konstant mit 10 mm angenommen. Der Einfluss dieses Parameters wird also vernachlässigt.

9.2 Parameter β_1

Um jeden Winkel am Detail zu erfassen, scheint auch β_1 als Variable im Parameterfeld auf. Bei genauerer Betrachtung (**Abbildung 4-1**) ist jedoch zu erkennen, dass β_1 von α und β_3 abhängig ist und durch folgende Formel ermittelt werden kann:

$$\beta_1 = 180 - \beta_3 + \alpha \quad (9-1)$$

β_1 ist demnach kein unabhängiger Parameter und ist es nicht möglich, dessen Einfluss auf die Kerbspannungen unmittelbar zu untersuchen. Da β_1 als Winkel zwischen Schweißnahtoberfläche und Fahrbahnblechoberfläche die Geometrie sehr anschaulich darstellt, scheint dieser jedoch zum Zweck der Darstellung in weiterer Folge noch öfter auf.

9.3 Parameter β_2

Für verschiedene eingeprägte Schnittgrößen und deren Kombinationen wird der Einfluss des Schweißnahtöffnungswinkels β_2 an der kritischen Stelle 1 geprüft. Die Gegenüberstellung der Kerbspannungen für $\beta_2 = 45^\circ$ und $\beta_2 = 60^\circ$ in **Tabelle 9-4** bis **Tabelle 9-6** zeigt deutlich, dass der Einfluss dieses Parameters vernachlässigbar klein ist. Aufgrund dieser Ergebnisse und der Tatsache, dass es an den Schweißnahtwurzeln (kritische Stellen 2 und 3) und deren näherer Umgebung keine Änderung der Modellgeometrie durch Variation von β_2 gibt, wird auf die Prüfung an ebendiesen Stellen verzichtet. Es wird also angenommen, dass der Öffnungswinkel der Schweißnaht auf die Wurzel ebenfalls keinen nennenswerten Einfluss hat. Alle nachfolgenden Modelle werden mit $\beta_2 = 60^\circ$ generiert.

$\alpha = 90^\circ$						
t_{Steg}	20 mm		30 mm		40 mm	
β_2	45°	60°	45°	60°	45°	60°
$a_{\text{oben}} = 8 \text{ mm}; \beta_2 = 160^\circ$	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$	
M (-15 kNm/m)	726,362	724,848	352,237	351,437	209,573	208,808
N (-150 kN/m)	-34,376	-35,030	-40,184	-41,110	-41,961	-42,972
V (-50 kN/m)	14,135	13,413	10,444	9,704	9,371	8,652
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-760,363	-759,810	-392,405	-392,438	-251,443	-251,486
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	736,930	734,857	360,295	358,793	217,091	215,679
$a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}; \beta_2 = 160^\circ$						
M (-15 kNm/m)	726,682	725,501	356,637	355,762	212,311	211,495
N (-150 kN/m)	-27,329	-27,763	-32,337	-33,058	-34,527	-35,343
V (-50 kN/m)	14,858	14,316	10,474	9,879	9,014	8,415
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-753,063	-752,483	-388,958	-388,820	-246,838	-246,807
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	737,854	736,324	364,815	363,527	219,558	218,324
$a_{\text{oben}} = 16 \text{ mm}; \beta_2 = 160^\circ$						
M (-15 kNm/m)	711,789	711,767	365,092	364,854	221,067	220,666
N (-150 kN/m)	-19,480	-19,591	-20,460	-20,811	-22,258	-22,768
V (-50 kN/m)	16,318	16,111	11,236	10,898	8,982	8,597
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-729,541	-729,725	-385,278	-385,382	-243,302	-243,388
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	723,935	723,864	374,071	373,628	228,403	227,722
$a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}; \beta_2 = 135^\circ$						
M (-15 kNm/m)	629,191	626,861	308,764	306,583	182,765	180,963
N (-150 kN/m)	-23,512	-24,010	-25,669	-26,417	-27,131	-27,944
V (-50 kN/m)	8,056	7,608	4,753	4,158	3,527	2,895
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-652,694	-652,694	-334,358	-332,820	-209,725	-208,606
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	635,826	633,084	312,825	310,057	185,834	183,422
$a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}; \beta_2 = 170^\circ$						
M (-15 kNm/m)	746,169	745,785	366,148	365,786	218,460	218,087
N (-150 kN/m)	-27,083	-27,253	-31,868	-32,201	-33,947	-34,335
V (-50 kN/m)	17,578	17,274	12,949	12,619	11,388	11,060
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-771,099	-770,881	-397,678	-397,750	-252,313	-252,373
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	758,815	758,607	375,751	375,358	227,180	226,729

Tabelle 9-4: Gegenüberstellung σ_{Kerb} für $\beta_2 = 45^\circ$ bzw. 60° bei $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 110^\circ$						
t_{Steg}	20 mm		30 mm		40 mm	
β_2	45°	60°	45°	60°	45°	60°
$a_{\text{oben}} = 8 \text{ mm}; \beta_2 = 160^\circ$	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$	
M (-15 kNm/m)	658,459	655,326	321,500	319,539	191,712	190,280
N (-150 kN/m)	-30,862	-31,363	-34,337	-34,909	-35,073	-35,692
V (-50 kN/m)	7,775	7,283	4,888	4,360	4,260	3,739
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-689,221	-686,654	-355,351	-354,066	-226,272	-225,427
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	664,637	661,298	325,592	323,297	195,457	193,661
$a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}; \beta_2 = 160^\circ$						
M (-15 kNm/m)	655,912	653,983	323,126	321,609	192,586	191,419
N (-150 kN/m)	-25,296	-25,652	-28,087	-28,568	-29,207	-29,725
V (-50 kN/m)	8,730	8,376	5,222	4,791	4,149	3,709
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-681,205	-679,635	-351,060	-349,929	-221,487	-220,721
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	663,045	660,752	327,544	325,630	196,219	194,650
$a_{\text{oben}} = 16 \text{ mm}; \beta_2 = 160^\circ$						
M (-15 kNm/m)	644,724	643,734	326,800	325,844	197,309	196,438
N (-150 kN/m)	-19,455	-19,519	-18,938	-19,164	-19,734	-20,038
V (-50 kN/m)	10,352	10,243	6,452	6,224	4,622	4,348
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-663,961	-663,029	-345,738	-345,008	-217,026	-216,452
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	653,248	652,335	332,409	331,265	201,419	200,285
$a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}; \beta_2 = 135^\circ$						
M (-15 kNm/m)	568,709	567,749	277,641	276,964	164,380	163,866
N (-150 kN/m)	-20,051	-20,072	-19,700	-19,808	-19,991	-20,108
V (-50 kN/m)	5,575	5,522	2,861	2,774	1,810	1,709
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-588,760	-587,821	-297,330	-296,713	-184,307	-183,867
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	573,467	572,544	280,165	279,405	165,985	165,375
$a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}; \beta_2 = 170^\circ$						
M (-15 kNm/m)	697,244	696,009	343,572	342,704	205,224	204,533
N (-150 kN/m)	-27,405	-27,674	-31,622	-31,977	-33,050	-33,428
V (-50 kN/m)	10,936	10,656	7,045	6,738	5,948	5,633
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-724,624	-723,616	-374,999	-374,487	-237,843	-237,545
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	705,825	704,395	349,341	348,265	210,280	209,391

Tabelle 9-5: Gegenüberstellung σ_{Kerb} für $\beta_2 = 45^\circ$ bzw. 60° bei $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 130^\circ$						
t_{Steg}	20 mm		30 mm		40 mm	
β_2	45°	60°	45°	60°	45°	60°
$a_{\text{oben}} = 8 \text{ mm}; \beta_2 = 170^\circ$	$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}} [\text{N/mm}^2]$	
M (-15 kNm/m)	607,122	606,554	297,551	297,068	178,168	177,815
N (-150 kN/m)	-25,547	-25,604	-26,971	-27,049	-26,963	-27,049
V (-50 kN/m)	5,159	5,054	2,668	2,556	2,329	2,217
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-632,614	-632,110	-324,396	-323,802	-204,945	-204,513
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	611,511	610,763	299,953	299,298	180,378	179,874
$a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}; \beta_2 = 170^\circ$						
M (-15 kNm/m)	603,599	603,205	297,711	297,286	177,976	177,642
N (-150 kN/m)	-21,853	-21,912	-22,503	-22,575	-22,760	-22,833
V (-50 kN/m)	6,161	6,091	3,084	2,992	2,217	2,121
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-625,452	-625,117	-320,112	-319,740	-200,616	-200,267
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	608,793	608,344	300,390	299,885	179,979	179,556
$a_{\text{oben}} = 16 \text{ mm}; \beta_2 = 170^\circ$						
M (-15 kNm/m)	594,825	594,910	292,790	298,239	180,054	179,850
N (-150 kN/m)	-18,393	-18,391	-16,066	-16,275	-16,074	-16,122
V (-50 kN/m)	7,669	7,648	4,392	4,453	2,884	2,822
M-N (15 kNm/m, -150 kN/m)	-613,145	-613,278	-308,856	-314,514	-196,098	-195,941
M-V (-15 kNm/m, -50 kN/m)	601,387	601,383	296,682	302,206	182,658	182,399

Tabelle 9-6: Gegenüberstellung σ_{Kerb} für $\beta_2 = 45^\circ$ bzw. 60° bei $\alpha = 130^\circ$

10 Auswertung der Ergebnisse

Nachdem die Parameter a_{unten} , β_1 und β_2 als nicht maßgebend ausgeschlossen werden konnten, wird mit dem nun reduzierten Parameterfeld eine Parameterstudie erstellt.

Getrennt nach den eingprägten Schnittgrößen werden die mit ABAQUS ermittelten Kerbspannungen in Tabellen und Diagrammen eingetragen. Mit diesen aufbereiteten Datensätzen können für Biegemoment, Normalkraft und Querkraft Kerbfunktionen \mathcal{A}_k gefunden werden. Zeigt sich bei den folgenden Untersuchungen, dass weitere Parameter vernachlässigt werden können, so werden diese Vereinfachungen vorgenommen.

In Abhängigkeit aller verbleibenden Parameter soll der Zusammenhang zwischen Nennspannungen (**Kapitel 3.1**) und Kerbspannungen (**Kapitel 3.2**) dargestellt werden.

$$\sigma_{\text{Kerb}} = \sigma_{\text{Nenn}} * \mathcal{A}_k \quad (10-1)$$

10.1 Kritische Stelle 1

10.1.1 Kerbfunktion bei reiner Momentenbelastung

In **Tabelle 10-1** bis **Tabelle 10-3** beschreiben die Werte in schwarzer Schrift die aus ABAQUS ausgelesenen Kerbspannungen σ_{Kerb}^M bei einem einwirkendem Moment von -10 kNm/m .

Die Parameter, welche die Spannungsspitze beeinflussen, sind das Schweißnahtmaß der oberen Naht a_{oben} , der Winkel β_3 welcher von der Stegblechoberfläche und der Schweißnahtoberfläche eingeschlossen wird und die Stegblechdicke (t_{Steg}). Der Neigungswinkel des Stegs α ist in den folgenden Tabellen anfangs noch als Parameter enthalten.

Es wird die Annahme getroffen, dass nur β_3 einflussgebend ist, α aber nicht. Durch quadratische Interpolation der Kerbspannungen innerhalb eines Tabellenblockes für α werden die Zwischenwerte gefunden (Werte mit grüner Schrift). Der Vergleich dieser Werte mit den tatsächlich ausgelesenen ABAQUS-Ergebnissen zeigt, dass sich die interpolierten Spannungen kaum von den tatsächlichen Spannungen unterscheiden.

In wenigen Fällen überschreiten die interpolierten die ausgelesenen Werte. Mit der Kerbfunktion für reine Momentenbelastung, die sich am Ende dieses Unterkapitels ergibt, lässt sich zeigen, dass sowohl die interpolierten als auch die ausgelesenen Kerbspannungen bei jedem Winkel β_3 kleiner oder etwa gleich der berechneten Kerbspannung sind. Somit wird die getätigte Annahme als zulässig erachtet.

Das folgende Beispiel soll die eben beschriebene Vorgehensweise anschaulich erklären:

- Betrachtung der **Tabelle 10-1** für $t_{\text{Steg}} = 20 \text{ mm}$.
- Im Tabellenblock für $\alpha = 110^\circ$ eine Spalte für das Schweißnahtmaß a_{oben} wählen.
- Zwischen den, zu den Winkeln $\beta_3 = 120^\circ$, $\beta_3 = 130^\circ$, $\beta_3 = 145^\circ$ zugehörigen Kerbspannungen quadratisch interpolieren, d.h. entsprechendes quadratisches Polynom finden.
- Werte für $\beta_3 = 135^\circ$, und $\beta_3 = 140^\circ$ daraus berechnen.
- Diese Werte mit den aus ABAQUS ausgelesenen Kerbspannungen in den Tabellenblöcken für $\alpha = 90^\circ$ und $\alpha = 130^\circ$ vergleichen.

Da α nun als maßgebender Parameter ausgeschlossen werden kann, werden die ausgelesenen Kerbspannungen nach β_3 sortiert.

Die Werte in **Tabelle 10-4** und **Tabelle 10-5** dienen an späterer Stelle zur Kontrolle bei der Berechnung der Zwischenwerte der Blechstärken 20 mm und 30 mm , bzw. 30 mm und 40 mm .

t_{Steg}=20mm				
α=90°	a _{oben} [mm]	8	10	16
	β ₃ [°]	σ _{Kerb,M} [N/mm ²]		
	90	504,643	504,849	491,811
	100	496,719	497,190	486,199
	110	483,232	483,667	474,511
	120	462,417	462,841	455,600
	130	434,275	434,711	429,464
	135	417,455	417,907	413,687
α=110°	a _{oben} [mm]	8	10	16
	β ₃ [°]	σ _{Kerb,M} [N/mm ²]		
	120	465,685	464,006	455,377
	130	436,884	435,989	429,156
	135	419,525	418,887	413,375
	140	400,193	399,724	395,814
	145	378,889	378,499	376,473
α=130°	a _{oben} [mm]	8	10	16
	β ₃ [°]	σ _{Kerb,M} [N/mm ²]		
	140	404,369	402,137	396,607
	145	381,664	379,976	377,039
	150	357,223	356,125	354,871
	155	331,048	330,582	330,101
Tabelleneinträge nach β₃ sortiert	a _{oben} [mm]	8	10	16
	β ₃ [°]	σ _{Kerb,M} [N/mm ²]		
	90	504,643	504,849	491,811
	100	496,719	497,190	486,199
	110	483,232	483,667	474,511
	120	465,685	464,006	455,377
	130	436,884	435,989	429,156
	135	417,455	417,907	413,687
	140	404,369	402,137	396,607
	145	378,889	378,499	376,473
	150	357,223	356,125	354,871
	155	331,048	330,582	330,101

Tabelle 10-1: σ_{Kerb}^M für t_{Steg} = 20mm

$t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$				
$\alpha=90^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,M}}$ [N/mm ²]		
	90	244,363	248,007	254,570
	100	240,699	243,857	250,266
	110	234,291	237,175	243,236
	120	224,170	226,817	232,220
	130	210,335	212,784	217,218
	135	202,025	204,389	208,223
$\alpha=110^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,M}}$ [N/mm ²]		
	120	227,283	228,469	232,014
	130	213,026	214,406	217,229
	135	204,253	205,641	208,164
	140	194,383	195,720	197,983
$\alpha=130^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,M}}$ [N/mm ²]		
	140	198,045	198,191	198,826
	145	186,155	186,402	187,274
	150	173,201	173,553	174,380
Tabelleneinträge nach β_3 sortiert	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,M}}$ [N/mm ²]		
	90	244,363	248,007	254,570
	100	240,699	243,857	250,266
	110	234,291	237,175	243,236
	120	227,283	228,469	232,014
	130	213,026	214,406	217,229
	135	202,025	204,389	208,223
	140	198,045	198,191	198,826
	145	183,416	184,643	186,687
	150	173,201	173,553	174,380
	155	159,182	159,643	160,144

Tabelle 10-2: $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}}$ für $t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}$

t_{Steg}=40mm				
α=90°	a _{oben} [mm]	8	10	16
	β ₃ [°]	σ _{Kerb,M} [N/mm ²]		
	90	146,059	148,314	155,063
	100	143,473	145,391	151,817
	110	139,205	140,997	147,111
	120	132,726	134,461	140,077
	130	124,035	125,784	130,714
	135	118,861	120,642	125,160
α=110°	a _{oben} [mm]	8	10	16
	β ₃ [°]	σ _{Kerb,M} [N/mm ²]		
	120	135,883	136,355	140,164
	130	126,853	127,613	130,959
	135	121,343	122,190	125,313
	140	115,168	116,068	118,973
α=130°	a _{oben} [mm]	8	10	16
	β ₃ [°]	σ _{Kerb,M} [N/mm ²]		
	140	118,543	118,428	119,900
	145	111,023	111,083	112,631
	150	102,827	103,060	104,479
Tabelleneinträge nach β₃ sortiert	a _{oben} [mm]	8	10	16
	β ₃ [°]	σ _{Kerb,M} [N/mm ²]		
	90	146,059	148,314	155,063
	100	143,473	145,391	151,817
	110	139,205	140,997	147,111
	120	135,883	136,355	140,164
	130	126,853	127,613	130,959
	135	118,861	120,642	125,160
	140	118,543	118,428	119,900
	145	108,329	109,244	111,938
	150	102,827	103,060	104,479
155	93,957	94,358	95,442	

Tabelle 10-3: σ_{Kerb}^M für t_{Steg} = 40mm

t_{Steg}=25mm; α=90°(β₃=100°), α=130°(β₃=155°)				
	a _{oben} [mm]	8	10	16
	β ₃ [°]	σ _{Kerb,M} [N/mm ²]		
	100	334,088	337,579	339,755
	155	221,637	221,829	221,736

Tabelle 10-4: σ_{Kerb}^M für t_{Steg} = 25mm

$t_{\text{Steg}}=35\text{mm}; \alpha=90^\circ(\beta_3=100^\circ), \alpha=130^\circ(\beta_3=155^\circ)$			
a_{oben} [mm]	8	10	16
β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb},M}$ [N/mm ²]		
100	182,344	184,968	191,831
155	120,081	120,081	120,081

Tabelle 10-5: σ_{Kerb}^M für $t_{\text{Steg}} = 35\text{mm}$

In **Abbildung 10-1**, **Abbildung 10-2** und **Abbildung 10-3** sind die Einträge der oben angeführten Tabellen visualisiert. Die pinke Kurve „Kerb.sp. ber.“ ist ein Vorgriff und stellt die rückgerechnete Kerbspannung mittels der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,kS1}^M$ (Index kS1→kritische Stelle 1) (**10-2**), (**10-4**) dar.

Der gestrichelte Abschnitt der Kurve entspricht dem Bereich außerhalb des Gültigkeitsbereichs der Kerbfunktion.

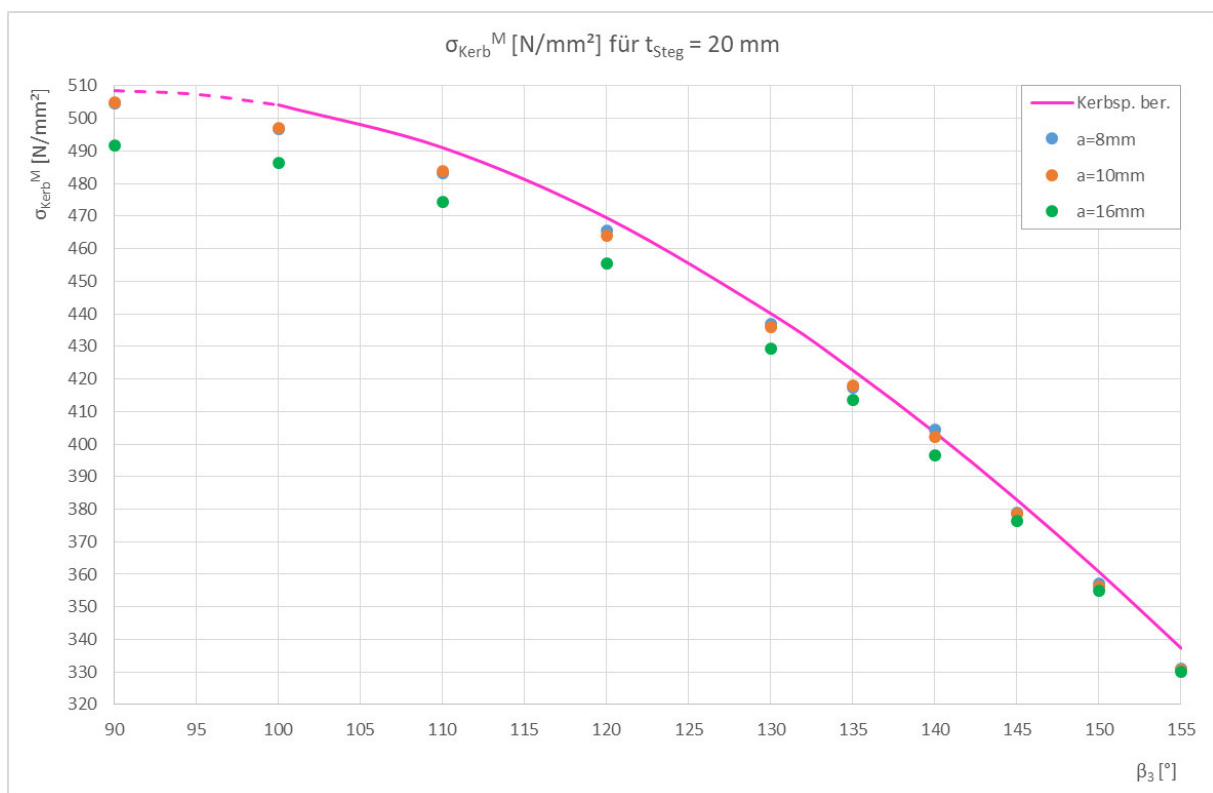


Abbildung 10-1: σ_{Kerb}^M für $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$

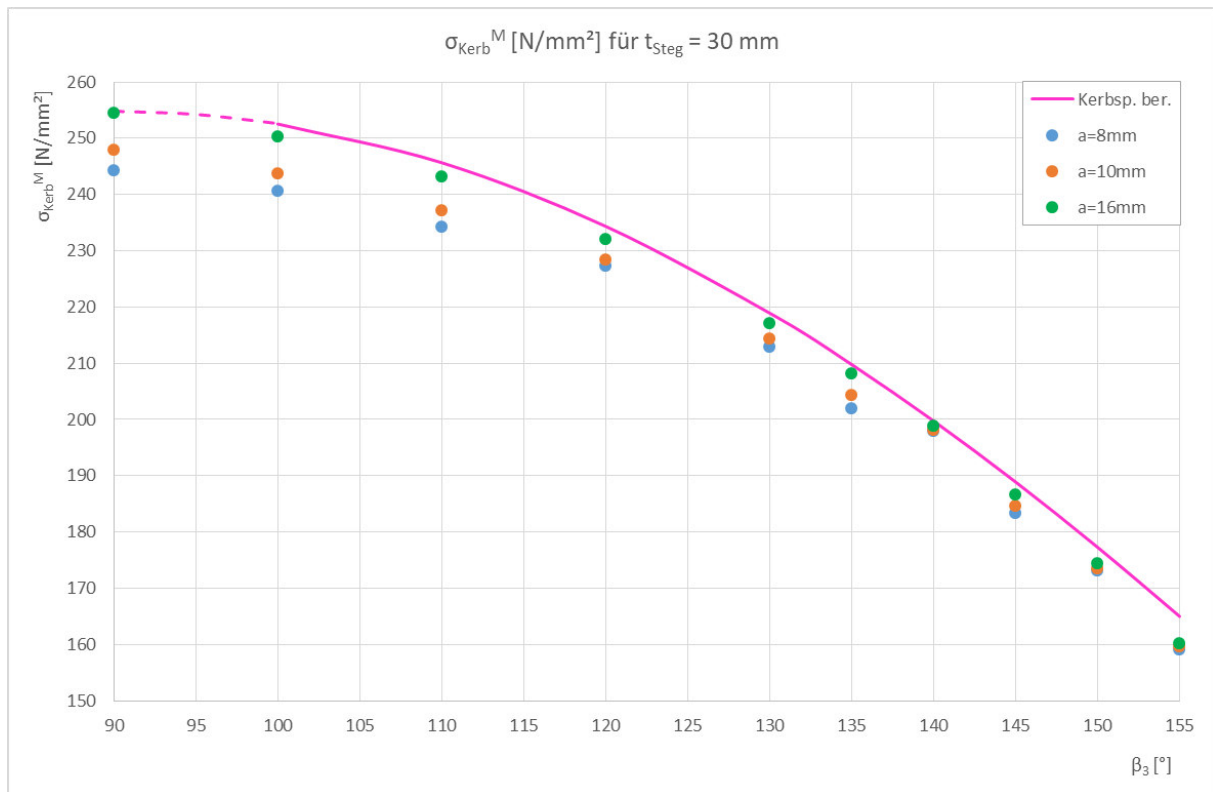


Abbildung 10-2: σ_{Kerb}^M für $t_{\text{Steg}} = 30$ mm

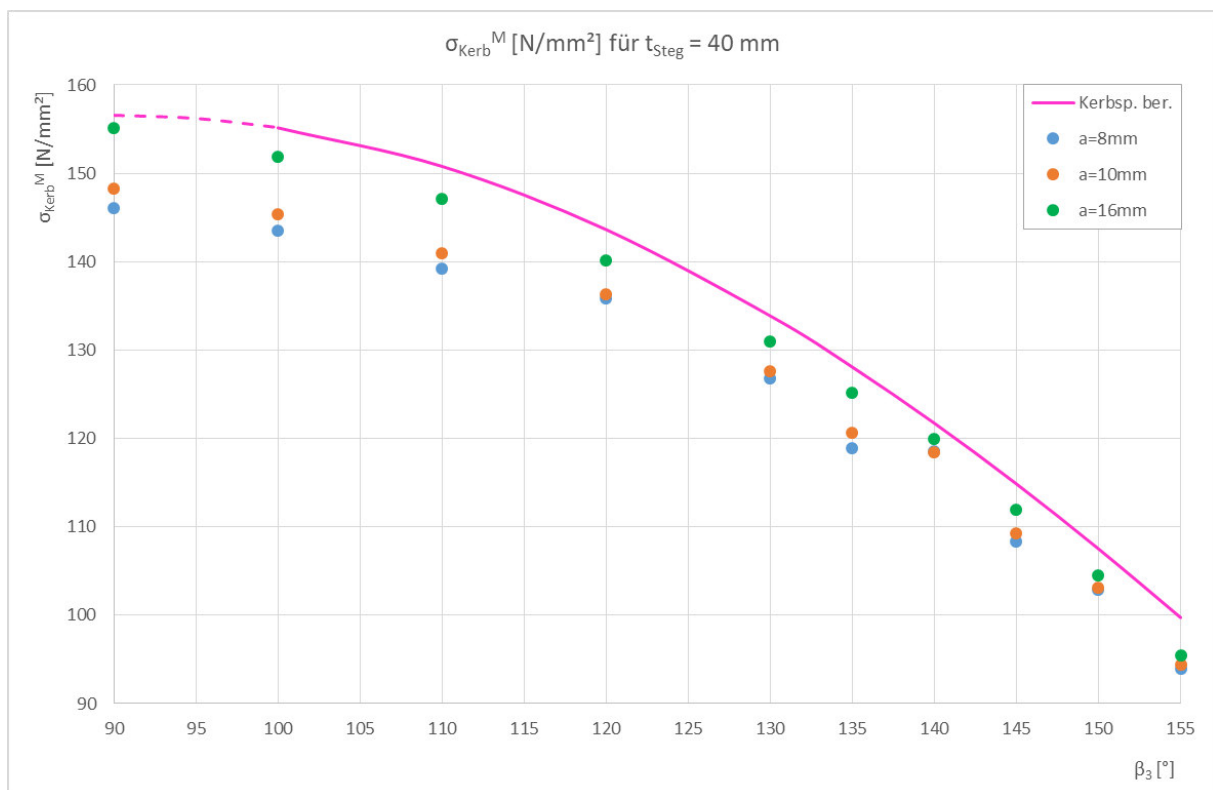


Abbildung 10-3: σ_{Kerb}^M für $t_{\text{Steg}} = 40$ mm

Bei reiner Momentenbelastung liegen die Kerbspannungen für die verschiedenen Schweißnahtmaße bei einem betrachteten Winkel β_3 sehr eng beisammen. Das Schweißnahtmaß a_{oben} hat also kaum Einfluss auf die Kerbspannungen (vgl. vorhergegangene Tabellen und Abbildungen in **Kapitel 10.1**) und geht daher nicht als Parameter in die Berechnung ein.

Für jede Stegblechdicke werden also die maximalen Kerbspannungen betrachtet. Mittels Division durch die Nennspannung (Biegerandspannung an der inneren Stegblechoberfläche) erhält man die Kerbfaktoren.

t_{Steg} [mm]	20	30	40	25	35
β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,M,max}}$ bei $M=-10$ kNm/m [N/mm ²]				
90	504,849	254,570	155,063	...	...
100	497,190	250,266	151,817	339,755	191,831
110	483,667	243,236	147,111	...	...
120	465,685	232,014	140,164	...	...
130	436,884	217,229	130,959	...	...
135	417,907	208,223	125,160	...	...
140	404,369	198,826	119,900	...	...
145	378,889	186,687	111,938	...	...
150	357,223	174,380	104,479	...	...
155	331,048	160,144	95,442	221,829	120,081
$\sigma_{\text{Nenn,M}}$ [N/mm ²]	150	66,67	37,5	96	48,98
t_{Steg} [mm]	20	30	40	25	35
β_3 [°]	Kerbfaktor (KF) [-]				
90	3,366	3,819	4,135	...	...
100	3,315	3,754	4,048	3,539	3,917
110	3,224	3,649	3,923	...	...
120	3,105	3,480	3,738	...	...
130	2,913	3,258	3,492	...	...
135	2,786	3,123	3,338	...	...
140	2,696	2,982	3,197	...	...
145	2,526	2,800	2,985	...	...
150	2,381	2,616	2,786	...	...
155	2,207	2,402	2,545	2,311	2,452

Tabelle 10-6: Umrechnen der Kerbspannungen auf die Kerbfaktoren

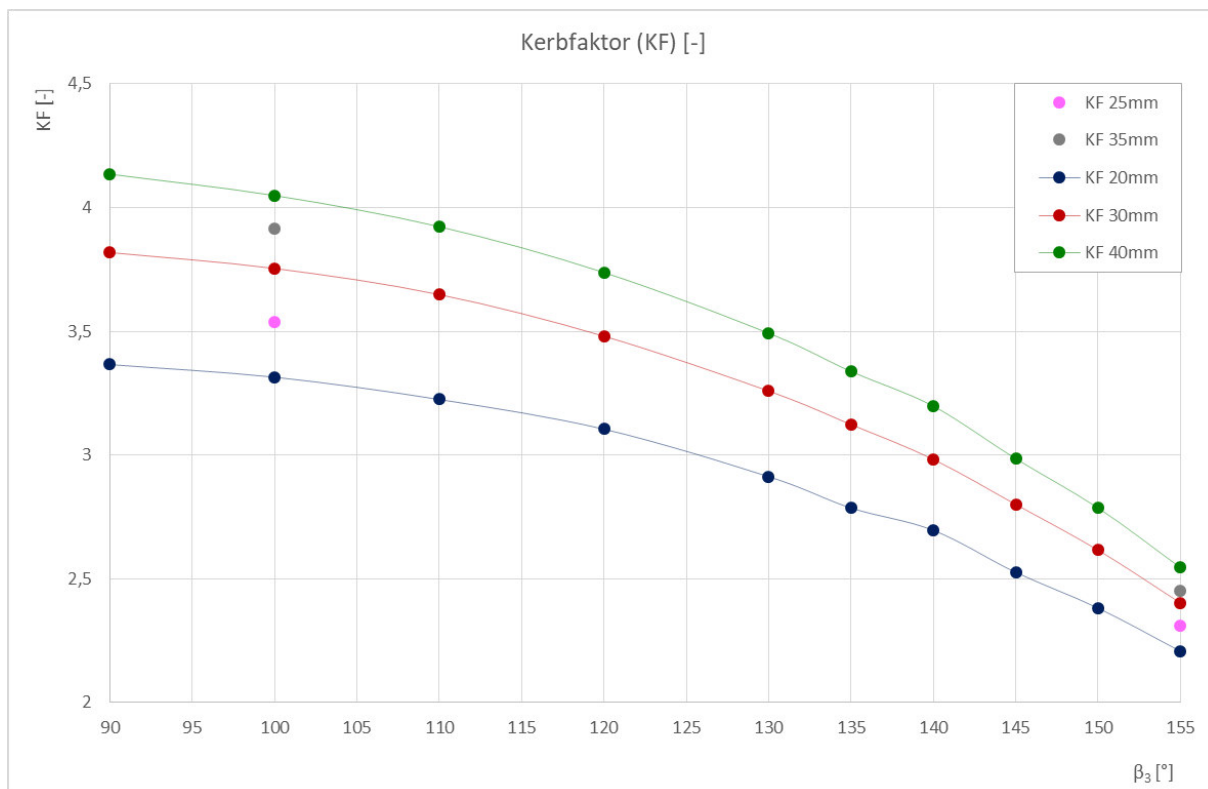


Abbildung 10-4: Kerbfaktor

Stellt man die Kerbfaktoren in einem Diagramm (**Abbildung 10-4**) dar, ist zu erkennen, dass diese gut durch eine Funktion angenähert werden können. Zu diesem Zweck wird eine Kosinus-Funktion der Form:

$$\mathcal{A}_{k,KS1}^M = A * \cos(b * \beta_3 + \Delta\beta) + 1,0 \quad (10-2)$$

gewählt.

Zur Berechnung der Werte A, b und $\Delta\beta$ wird die Methode der kleinsten Quadrate herangezogen.

10.1.1.1 Berechnung der Eingangswerte

An dieser Stelle wird in den folgenden Tabellen zunächst nur auf die Eingangswerte sowie auf die Spalten bis einschließlich „**Abw.**“ eingegangen. Die Erklärung zu den Endwerten bzw. den Spalten mit dem Index „fin“ folgt im nächsten Unterpunkt.

Die Werte mit grauer Schrift in den folgenden Tabellen liegen außerhalb des Gültigkeitsbereichs.

- Eintragen der Kerbfaktoren aus **Tabelle 10-6** in **Tabelle 10-7** bis **Tabelle 10-9** (Spalte **KF [-]**).
- In Spalte **KF-Modell [-]** ist die Kosinus-Funktion (10-2) mit zu Anfang beliebig gewählten Zahlenwerten für **A_{ber.}**, **b_{ber.}** und **Δβ_{ber.}** einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.²** wird die Differenz **KF** zu **KF-Modell** gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen wird gebildet $\Sigma \text{Abw.}^2$.
- Diese Summen aus **Tabelle 10-7** bis **Tabelle 10-9** werden aufsummiert $\Sigma(\Sigma \text{Abw.}^2)$.
- Im Solver von Microsoft Excel wird das Ziel, $\Sigma(\Sigma \text{Abw.}^2)$ soll minimal werden, festgelegt. Dabei sollen die Eingangswerte **A_{ber.}**, **b_{ber.}** und **Δβ_{ber.}** variiert werden, bis das Ziel erreicht ist.

Eingangswerte					
$A_{ber.}$	2,351	[-]	berechnet		
$b_{ber.}$	0,914	[-]	berechnet		
$\Delta\beta_{ber.}$	-1,450	[rad]	berechnet		
Endwerte					
$A_{fin}(t_{Steg})$	2,391	[-]	Tabelle 10-10		
b	0,9	[-]	gewählt		
$\Delta\beta$	-81	[°]	gewählt		
$\Delta\beta$	-1,414	[rad]			
t_{Steg} [mm]	20				
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw. ²	KF _{fin} [-]
90	1,571	3,366	3,351	0,000211911	3,391
100	1,745	3,315	3,326	0,000140303	3,361
110	1,920	3,224	3,243	0,000331817	3,274
120	2,094	3,105	3,102	7,13397E-06	3,130
130	2,269	2,913	2,908	2,35371E-05	2,934
135	2,356	2,786	2,792	3,63516E-05	2,818
140	2,443	2,696	2,665	0,000945632	2,690
145	2,531	2,526	2,527	2,22407E-06	2,553
150	2,618	2,381	2,380	2,01918E-06	2,405
155	2,705	2,207	2,224	0,000287362	2,249
180	3,142	...	1,348	...	1,374
190	3,316	...	0,974	...	1,000
Σ Abw. ²				0,001988291	

Tabelle 10-7: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,ksI}^M$ ($\triangleq KF_{fin}$) für $t_{Steg} = 20$ mm

Eingangswerte					
$A_{ber.}$	2,802	[-]	berechnet		
$b_{ber.}$	0,919	[-]	berechnet		
$\Delta\beta_{ber.}$	-1,449	[rad]	berechnet		
Endwerte					
$A_{fin}(t_{Steg})$	2,823	[-]	Tabelle 10-10		
b	0,9	[-]	gewählt		
$\Delta\beta$	-81	[°]	gewählt		
$\Delta\beta$	-1,414	[rad]			
t_{Steg} [mm]	30				
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw. ²	KF _{fin} [-]
90	1,571	3,819	3,801	0,000292191	3,823
100	1,745	3,754	3,768	0,000196836	3,788
110	1,920	3,649	3,664	0,00022535	3,685
120	2,094	3,480	3,491	0,000110727	3,515
130	2,269	3,258	3,254	1,97333E-05	3,284
135	2,356	3,123	3,114	9,68222E-05	3,147
140	2,443	2,982	2,959	0,000527536	2,996
145	2,531	2,800	2,793	5,71104E-05	2,833
150	2,618	2,616	2,615	1,29011E-06	2,659
155	2,705	2,402	2,426	0,000568383	2,475
180	3,142	...	1,372	...	1,442
190	3,316	...	0,924	...	1,000
Σ Abw. ²				0,002095979	

Tabelle 10-8: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,ksI}^M$ ($\triangleq KF_{fin}$) für $t_{Steg} = 30$ mm

Eingangswerte					
$A_{ber.}$	3,113	[-]	berechnet		
$b_{ber.}$	0,902	[-]	berechnet		
$\Delta\beta_{ber.}$	-1,401	[rad]	berechnet		
Endwerte					
$A_{fin}(t_{Steg})$	3,176	[-]	Tabelle 10-10		
b	0,9	[-]	gewählt		
$\Delta\beta$	-81	[°]	gewählt		
$\Delta\beta$	-1,414	[rad]			
t_{Steg} [mm]	40				
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw. ²	KF _{fin} [-]
90	1,571	4,135	4,113	0,000495254	4,176
100	1,745	4,048	4,066	0,00032173	4,137
110	1,920	3,923	3,944	0,000447836	4,021
120	2,094	3,738	3,749	0,000127302	3,830
130	2,269	3,492	3,486	4,08647E-05	3,570
135	2,356	3,338	3,331	4,72477E-05	3,415
140	2,443	3,197	3,161	0,001307606	3,246
145	2,531	2,985	2,978	4,60444E-05	3,063
150	2,618	2,786	2,783	9,43857E-06	2,867
155	2,705	2,545	2,577	0,001002068	2,660
180	3,142	...	1,426	...	1,497
190	3,316	...	0,938	...	1,000
Σ Abw. ²				0,003845391	
$\Sigma(\Sigma$ Abw. ²)				0,007929662	

Tabelle 10-9: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,ksI}^M$ (\triangleq KF_{fin}) für $t_{Steg} = 40$ mm, berechnen von $\Sigma(\Sigma$ Abw.²)

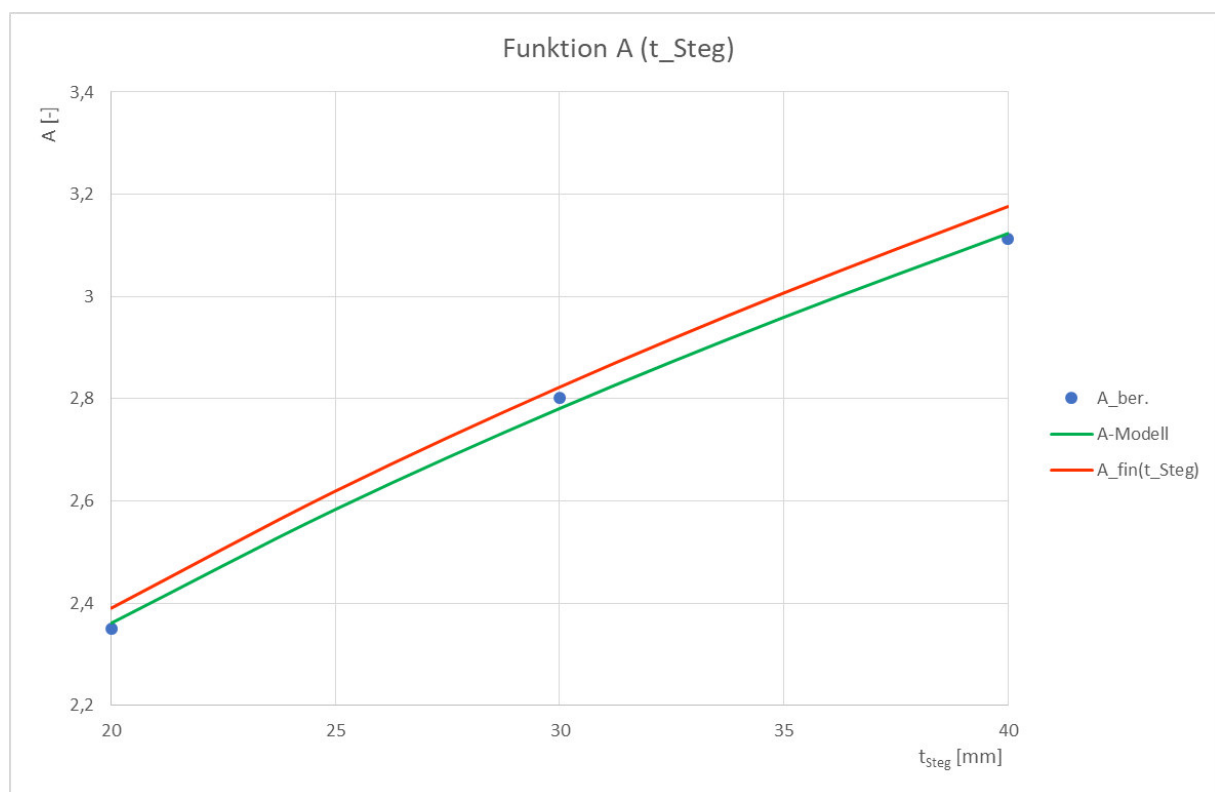
Betrachtet man die gerade ermittelten Eingangswerte genauer, ist zu erkennen, dass $b_{ber.}$ und $\Delta\beta_{ber.}$ für jede Stegblechdicke nahezu denselben Wert annehmen. $A_{ber.}$ stellt allerdings eine weitere Funktion in Abhängigkeit von t_{Steg} dar. Mit Blick auf **Abbildung 10-4** kann man $A_{ber.}$ als Amplitude mit nicht linearem Verlauf der Kosinus-Funktion interpretieren. Daher wird für A der Ansatz

$$A = \theta * t_{Steg}^\omega \quad (10-3)$$

herangezogen.

Tabelle 10-10 zeigt die Auffindung der Werte $\theta_{ber.}$ und $\omega_{ber.}$, ebenfalls nach der Methode der kleinsten Quadrate. In der Spalte **A-Modell** ergeben sich Funktionswerte mit den, durch den Excel-Solver ermittelten, Eingangswerten in dieser Tabelle.

Eingangswerte				
$\theta_{\text{ber.}}$	0,705	berechnet		
$\omega_{\text{ber.}}$	0,404	berechnet		
Endwerte				
θ_{fin}	0,7	gewählt		
ω_{fin}	0,41	gewählt		
t_{Steg} [mm]	$A_{\text{ber.}}$ [-]	A-Modell [-]	Abw. ²	$A_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$ [-]
20	2,351	2,361	9,862E-05	2,391
25	...	2,584	...	2,620
30	2,802	2,781	0,00041154	2,823
35	...	2,960	...	3,007
40	3,113	3,124	0,00011144	3,176
Σ Abw. ²			0,0006216	

Tabelle 10-10: Ermittlung der Funktionswerte $A_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$ Abbildung 10-5: Darstellung der Funktionswerte $A_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$

10.1.1.2 Wahl der Endwerte

- Wählen der Endwerte θ_{fin} und ω_{fin} .
- Es ergibt sich die Funktion $A_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$, deren Funktionswerte in der gleichnamigen Spalte in **Tabelle 10-10** zu finden sind.
- $A_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$ wird in die Endwerte in **Tabelle 10-7** bis **Tabelle 10-9** eingesetzt.
- \mathbf{b} und $\Delta\mathbf{\beta}$ werden für jede Stegblechdicke konstant gewählt.
- Einsetzen der Endwerte in die Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks1}^M$, es ergibt sich \mathbf{KF}_{fin} (siehe **Tabelle 10-7** bis **Tabelle 10-9**, **Tabelle 10-11** und **Abbildung 10-6**). Die endgültigen Kerbfaktoren \mathbf{KF}_{fin} sind also Funktionswerte der endgültigen Kerbfunktion.

Zur Kontrolle sind auch noch für die Stegblechdicken $t_{\text{Steg}} = 25 \text{ mm}$ und $t_{\text{Steg}} = 35 \text{ mm}$ und für die Winkel $\beta_3 = 100^\circ$ und $\beta_3 = 155^\circ$ die Kerbfaktoren ermittelt worden

Eingangswerte					
$A_{\text{ber.}}$	-			-	
$b_{\text{ber.}}$	-			-	
$\Delta\beta_{\text{ber.}}$	-			-	
Endwerte					
$A_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$	2,620	Tabelle 10-10		3,007	Tabelle 10-10
b	0,9	gewählt		0,9	gewählt
$\Delta\beta$	-81	gewählt		-81	gewählt
$\Delta\beta$	-1,414			-1,414	
$t_{\text{Steg}} [\text{mm}]$	25		35		
$\beta_3 [^\circ]$	$\beta_3 [\text{rad}]$	KF [-]	$KF_{\text{fin}} [-]$	KF [-]	$KF_{\text{fin}} [-]$
90	1,571	...	3,620	...	4,007
100	1,745	3,539	3,587	3,917	3,970
110	1,920	...	3,491	...	3,860
120	2,094	...	3,334	...	3,679
130	2,269	...	3,119	...	3,433
135	2,356	...	2,992	...	3,287
140	2,443	...	2,852	...	3,126
145	2,531	...	2,701	...	2,953
150	2,618	...	2,540	...	2,768
155	2,705	2,311	2,369	2,452	2,571
180	3,142	...	1,410	...	1,470
190	3,316	...	1,000	...	1,000

Tabelle 10-11: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,ksi}^M (\Delta KF_{\text{fin}})$ für $t_{\text{Steg}} = 25 \text{ mm}$ und $t_{\text{Steg}} = 35 \text{ mm}$

Die Kerbspannungen zufolge Momentenbelastung sind nur von t_{Steg} und von β_3 (in Altgrad) abhängig und können durch Multiplikation der Nennspannung mit (10-2) berechnet werden:

$$\sigma_{\text{Kerb}}^M = \sigma_{\text{Nenn}}^M * [\theta * t_{\text{Steg}}^\omega * \cos(b * \beta_3 + \Delta\beta) + 1]$$

$$\sigma_{\text{Kerb}}^M = \sigma_{\text{Nenn}}^M * [0,7 * t_{\text{Steg}}^{0,41} * \cos(0,9 * \beta_3 + (-81)) + 1] \quad (10-4)$$

Das Vorzeichen der Nennspannung σ_{Nenn}^M entspricht dem Vorzeichen der Kerbspannung σ_{Kerb}^M .

Es gilt die Merkregel: positives Biegemoment nach der Definition in Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. führt zu einer negativen Biegerandspannung an der kritischen Stelle 1 und daher zu einer negativen effektiven Kerbspannung und umgekehrt.

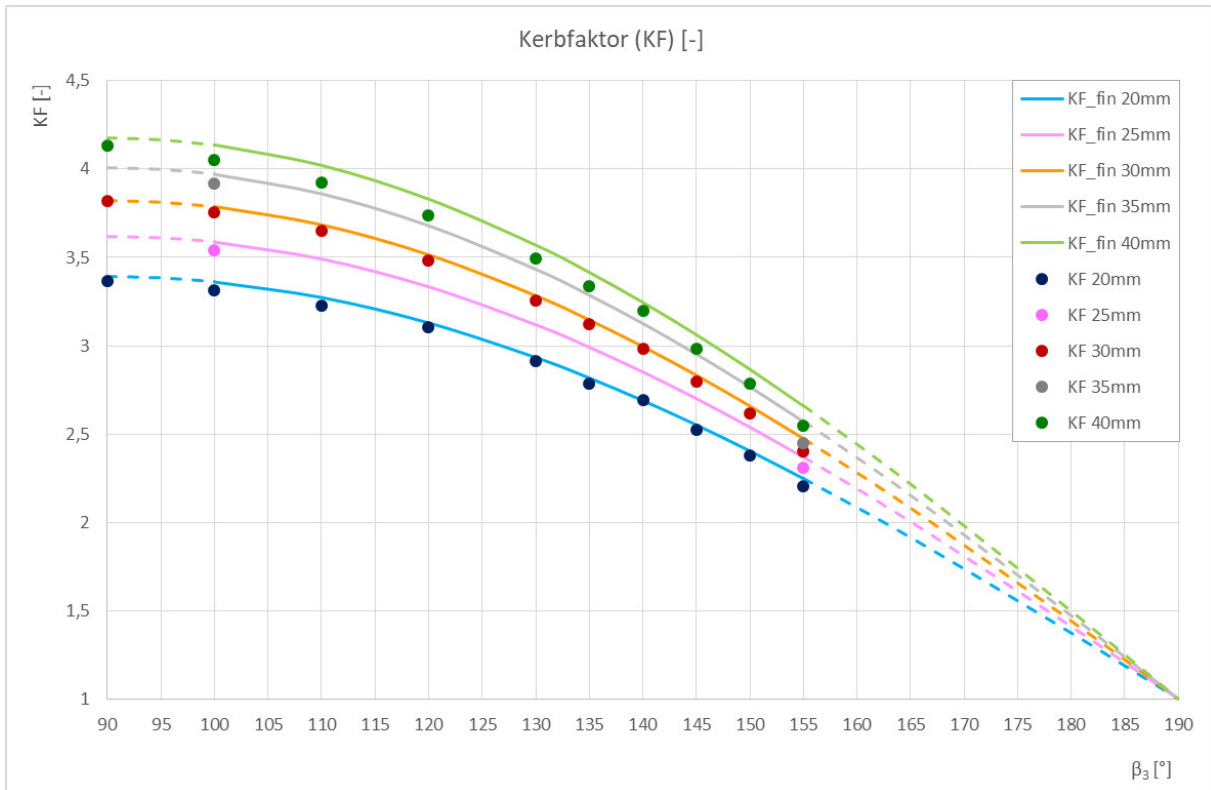


Abbildung 10-6: Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ksI}^M (\cong KF_fin)$ im Vergleich mit den ausgelesenen Kerbfaktoren

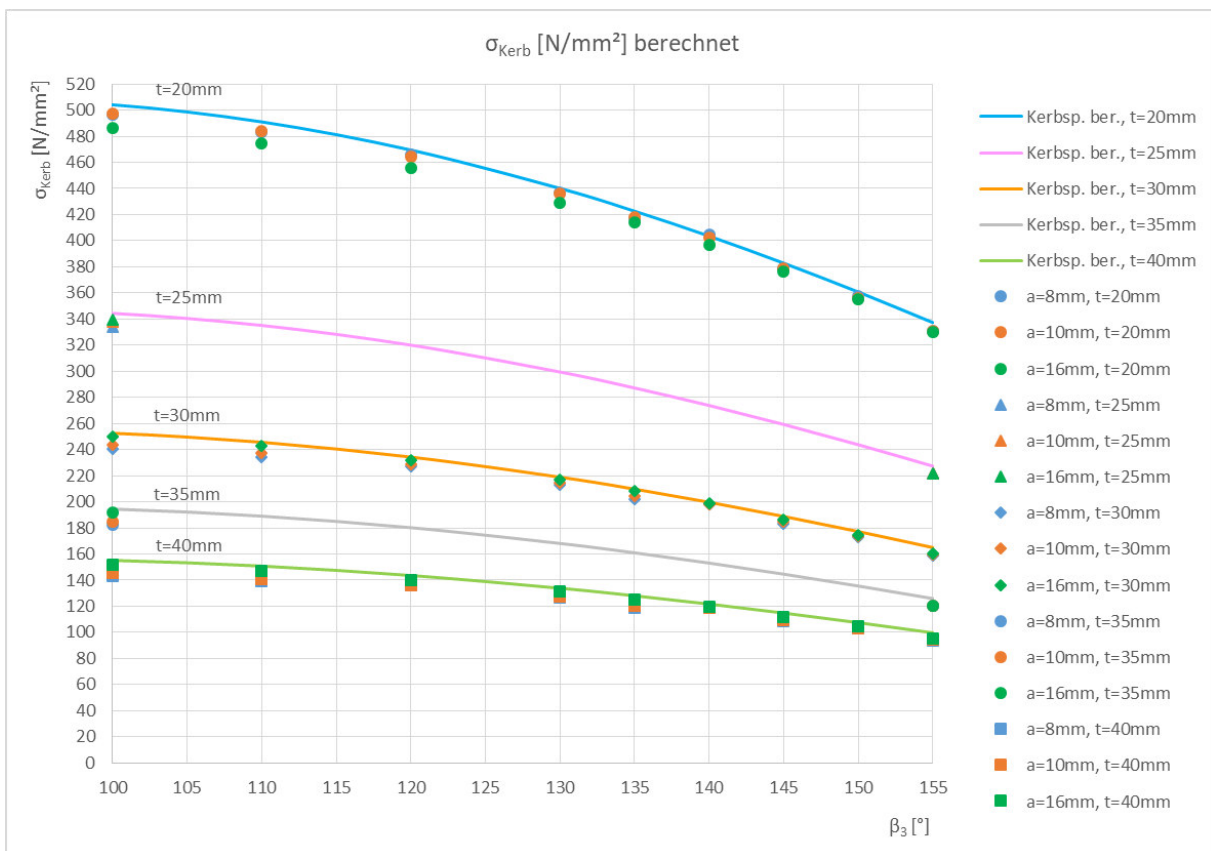


Abbildung 10-7: Berechnete Kerbspannung nach (10-4) im Vergleich mit den ausgelesenen Kerbspannungen

10.1.2 Kerbfunktion bei reiner Normalkraftbelastung

Tabelle 10-12 bis **Tabelle 10-14** zeigen die aus ABAQUS ausgelesenen Kerbspannungen σ_{Kerb}^N (schwarze Schrift) bei einer einwirkenden Normalkraft von 150 kN/m. Maßgebende Parameter sind das Schweißnahtmaß der oberen Naht a_{oben} , der Winkel β_3 , welcher von der Stegblechoberfläche und der Schweißnahtoberfläche eingeschlossen wird und die Stegblechdicke t_{Steg} .

Auch bei der Normalkraft werden die interpolierten Zwischenwerte (grüne Schrift) mit den ausgelesenen Kerbspannungen verglichen. In wenigen Ausnahmefällen überschreiten die interpolierten Spannungen die Werte aus ABAQUS doch in höherem Maß (Bsp.: $t_{\text{Steg}} = 40$ mm, $a_{\text{oben}} = 8$ mm, $\beta_3 = 140^\circ \rightarrow$ Überschreitung von 5,6%). Doch auch für diesen Fall und für alle anderen Fälle gilt, dass sowohl die interpolierten als auch die ausgelesenen Kerbspannungen bei jedem Winkel β_3 kleiner oder annähernd gleich der berechneten Kerbspannung zu diesem Winkel sind. Daher kann der Neigungswinkel des Stegs α (wie schon bei reiner Momentenbelastung) als Parameter ausgeschlossen werden.

Aufgrund der Komplexität im Zusammenhang zwischen der Nennspannung und Kerbspannung aus der Normalkraft und der Tatsache, dass a_{oben} dabei eine entscheidende Rolle spielt, werden zusätzlich einige Modelle mit $a_{\text{oben}} = 13$ mm angefertigt und in den folgenden Berechnungsprozess miteingebunden.

$t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$					
$\alpha=90^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	90	32,678	26,348	...	19,302
	100	34,221	27,253	21,864	19,410
	110	35,030	27,763	22,141	19,591
	120	34,036	27,124	21,857	19,528
	130	31,239	25,335	...	19,222
	135	29,164	24,010	20,377	18,978
$\alpha=110^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	120	34,430	27,674	22,386	19,994
	130	31,363	25,652	...	19,519
	135	29,077	24,132	...	19,062
	140	26,290	22,272	...	18,458
$\alpha=130^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	140	25,604	21,912	...	18,391
	145	22,520	19,852	...	17,655
	150	19,677	17,948	...	16,798
Tabelleneinträge nach β_3 sortiert	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	90	32,678	26,348	...	19,302
	100	34,221	27,253	21,864	19,410
	110	35,030	27,763	22,141	19,591
	120	34,430	27,674	22,386	19,994
	130	31,363	25,652	...	19,519
	135	29,164	24,010	20,377	18,978
	140	25,604	21,912	...	18,391
	145	23,001	20,072	...	17,708
	150	19,677	17,948	...	16,798
	155	17,074	16,201	15,880	15,820

Tabelle 10-12: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$

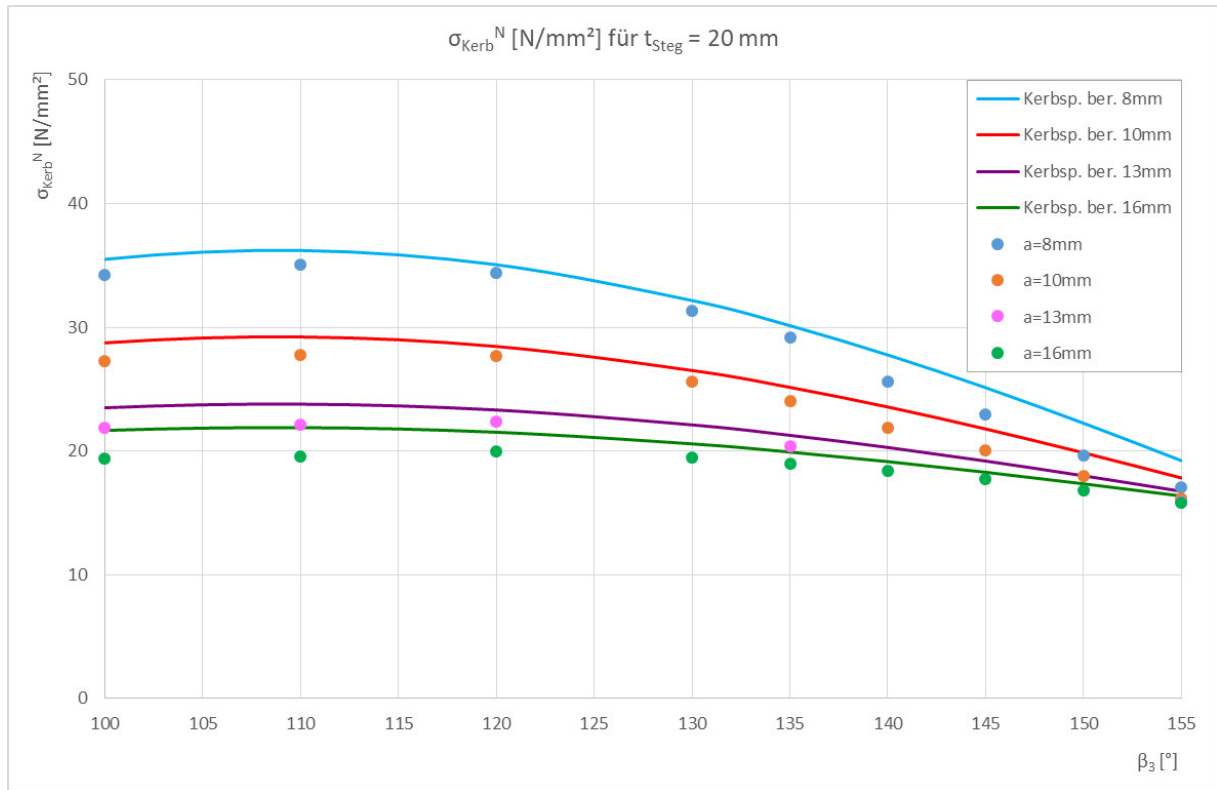
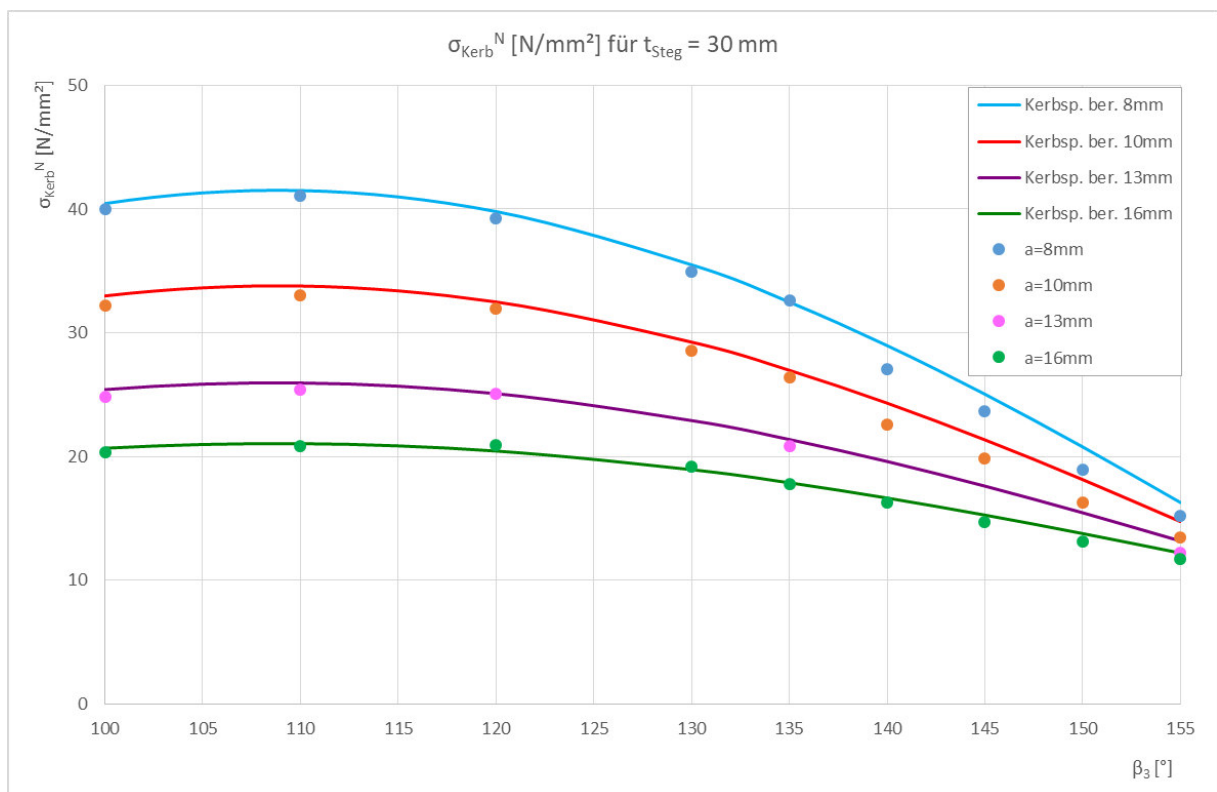
$t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$					
$\alpha=90^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	90	37,832	30,519	...	19,544
	100	40,019	32,201	24,800	20,330
	110	41,110	33,058	25,434	20,811
	120	39,636	31,907	24,663	20,319
	130	35,597	28,749	...	18,854
	135	32,615	26,417	20,873	17,756
$\alpha=110^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	120	39,228	31,977	25,108	20,910
	130	34,909	28,568	...	19,164
	135	31,803	26,134	...	17,925
	140	28,066	23,214	...	16,442
	145	23,698	19,808	...	14,715
$\alpha=130^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	140	27,049	22,575	...	16,275
	145	22,889	19,326	...	14,626
	150	18,931	16,285	...	13,107
	155	15,175	13,452	12,204	11,719
Tabelleneinträge nach β_3 sortiert	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	90	37,832	30,519	...	19,544
	100	40,019	32,201	24,800	20,330
	110	41,110	33,058	25,434	20,811
	120	39,228	31,977	25,108	20,910
	130	34,909	28,568	...	19,164
	135	32,615	26,417	20,873	17,756
	140	27,049	22,575	...	16,275
	145	23,698	19,808	...	14,715
	150	18,931	16,285	...	13,107
	155	15,175	13,452	12,204	11,719

Tabelle 10-13: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}$

$t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$					
$\alpha=90^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	90	39,419	32,423	...	20,862
	100	41,756	34,335	26,948	22,055
	110	42,972	35,343	27,779	22,768
	120	41,462	34,084	26,838	22,083
	130	37,226	30,557	...	20,001
	135	34,086	27,944	22,102	18,435
$\alpha=110^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	120	40,134	33,428	26,762	22,345
	130	35,692	29,725	...	20,038
	135	32,465	27,061	...	18,396
	140	28,568	23,855	...	16,428
	145	24,000	20,108	...	14,134
$\alpha=130^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	140	27,049	22,833	...	16,122
	145	22,754	19,282	...	13,916
	150	18,582	15,869	...	11,882
	155	14,534	12,595	10,908	10,020
Tabelleneinträge nach β_3 sortiert	a_{oben} [mm]	8	10	13	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ [N/mm ²]			
	90	39,419	32,423	...	20,862
	100	41,756	34,335	26,948	22,055
	110	42,972	35,343	27,779	22,768
	120	40,134	33,428	26,762	22,345
	130	35,692	29,725	...	20,038
	135	34,086	27,944	22,102	18,435
	140	27,049	22,833	...	16,122
	145	24,000	20,108	...	14,134
	150	18,582	15,869	...	11,882
	155	14,534	12,595	10,908	10,020

Tabelle 10-14: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$

In **Abbildung 10-8**, **Abbildung 10-9**, **Abbildung 10-10** sind die Einträge der oben angeführten Tabellen visualisiert. Die Kurven mit durchgezogenen Linien „Kerbsp. ber.“ sind ein Vordruck und stellt die rückgerechnete Kerbspannung mittels der fertigen Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,kSI}^N$ (10-5), (10-14) dar.

Abbildung 10-8: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 20$ mmAbbildung 10-9: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 30$ mm

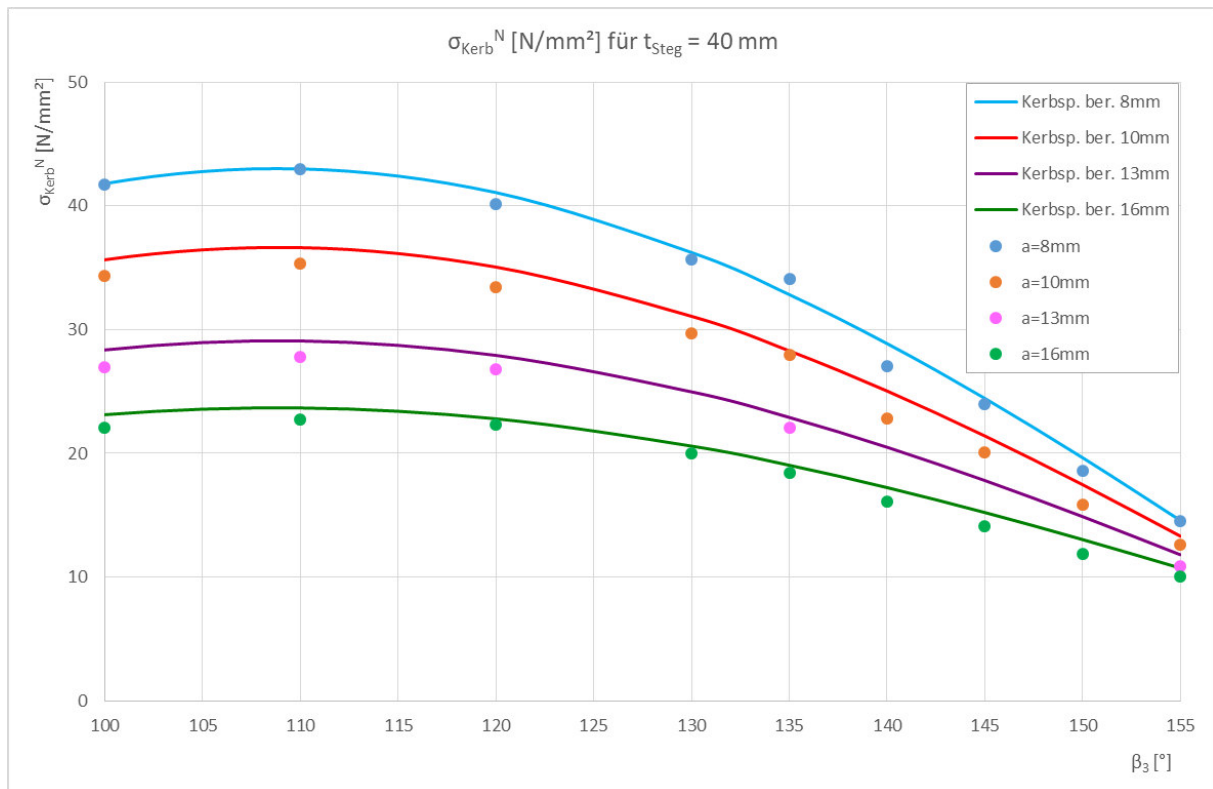


Abbildung 10-10: σ_{Kerb}^N für $t_{Steg} = 40$ mm

t_{Steg} [mm]	20				30			
a_{oben} [mm]	8	10	13	16	8	10	13	16
β_3 [°]	$\sigma_{Kerb,N}$ bei $N=150$ kN/m [N/mm ²]				$\sigma_{Kerb,N}$ bei $N=150$ kN/m [N/mm ²]			
90	32,678	26,348	...	19,302	37,832	30,519	...	19,544
100	34,221	27,253	21,864	19,410	40,019	32,201	24,800	20,330
110	35,030	27,763	22,141	19,591	41,110	33,058	25,434	20,811
120	34,430	27,674	22,386	19,994	39,228	31,977	25,108	20,910
130	31,363	25,652	...	19,519	34,909	28,568	...	19,164
135	29,164	24,010	20,377	18,978	32,615	26,417	20,873	17,756
140	25,604	21,912	...	18,391	27,049	22,575	...	16,275
145	23,001	20,072	...	17,708	23,698	19,808	...	14,715
150	19,677	17,948	...	16,798	18,931	16,285	...	13,107
155	17,074	16,201	15,880	15,820	15,175	13,452	12,204	11,719
$\sigma_{Nenn,N}$ [N/mm ²]	7,5				5			
t_{Steg} [mm]	20				30			
a_{oben} [mm]	8	10	13	16	8	10	13	16
β_3 [°]	Kerbfaktor (KF) [-]				Kerbfaktor (KF) [-]			
90	4,357	3,513	...	2,574	7,566	6,104	...	3,909
100	4,563	3,634	2,915	2,588	8,004	6,440	4,960	4,066
110	4,671	3,702	2,952	2,612	8,222	6,612	5,087	4,162
120	4,591	3,690	2,985	2,666	7,846	6,395	5,022	4,182
130	4,182	3,420	...	2,603	6,982	5,714	...	3,833
135	3,889	3,201	2,717	2,530	6,523	5,283	4,175	3,551
140	3,414	2,922	...	2,452	5,410	4,515	...	3,255
145	3,067	2,676	...	2,361	4,740	3,962	...	2,943
150	2,624	2,393	...	2,240	3,786	3,257	...	2,621
155	2,277	2,160	2,117	2,109	3,035	2,690	2,441	2,344

Tabelle 10-15: Umrechnen der Kerbspannungen auf die Kerbfaktoren ($t_{Steg} = 20$ mm, $t_{Steg} = 30$ mm)

t_{Steg} [mm]	40			
a_{oben} [mm]	8	10	13	16
β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,N}}$ bei $N=150$ kN/m [N/mm ²]			
90	39,419	32,423	...	20,862
100	41,756	34,335	26,948	22,055
110	42,972	35,343	27,779	22,768
120	40,134	33,428	26,762	22,345
130	35,692	29,725	...	20,038
135	34,086	27,944	22,102	18,435
140	27,049	22,833	...	16,122
145	24,000	20,108	...	14,134
150	18,582	15,869	...	11,882
155	14,534	12,595	10,908	10,020
$\sigma_{\text{Nenn,N}}$ [N/mm ²]	3,75			
t_{Steg} [mm]	40			
a_{oben} [mm]	8	10	13	16
β_3 [°]	Kerbfaktor (KF) [-]			
90	10,512	8,646	...	5,563
100	11,135	9,156	7,186	5,881
110	11,459	9,425	7,408	6,071
120	10,702	8,914	7,137	5,959
130	9,518	7,927	...	5,343
135	9,090	7,452	5,894	4,916
140	7,213	6,089	...	4,299
145	6,400	5,362	...	3,769
150	4,955	4,232	...	3,169
155	3,876	3,359	2,909	2,672

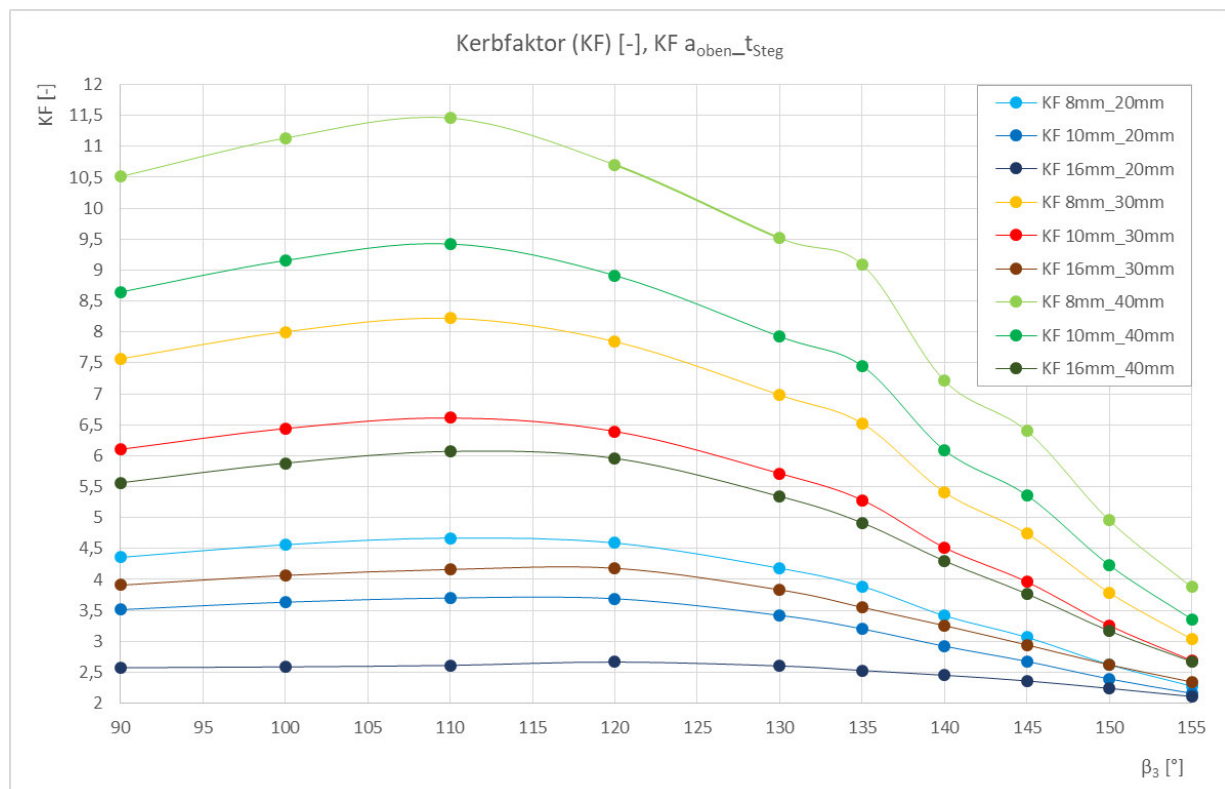
Tabelle 10-16: Umrechnen der Kerbspannungen auf die Kerbfaktoren ($t_{\text{Steg}} = 40$ mm)

Abbildung 10-11: Kerbfaktoren

Die Kerbfaktoren sind in **Abbildung 10-11** dargestellt. Das Schweißnahtmaß a_{oben} hat bei Normalkraftbelastung großen Einfluss auf die Kerbspannung und muss mitberücksichtigt werden. Die Kerbfaktoren werden wieder mit einer Kosinus-Funktion der Form

$$\mathcal{A}_{k,kS1}^N = A * \cos(b * \beta_3 + \Delta\beta) + d \quad (10-5)$$

angenähert.

Das Auffinden der Kerbfunktion gestaltet sich in diesem Fall deutlich komplizierter als bei reiner Momentenbelastung. Daher werden vorab folgende Annahmen getroffen:

- b , $\Delta\beta$ und d sind für jede Kombination von a_{oben} zu t_{Steg} konstant, d soll den Wert 2,0 annehmen.
- die Amplitude wird durch $A = \lambda * \psi$ dargestellt.
- $\lambda = \frac{a_{\text{oben}}}{t_{\text{Steg}}}$ ist das bezogene Schweißnahtmaß.
- ψ ist wiederum eine Kosinus-Funktion der Form $\psi = \Gamma * \cos(\delta * t_{\text{Steg}} + \varepsilon) + \zeta$.
- Γ , ε und ζ sind für jede Kombination von a_{oben} zu t_{Steg} konstant.
- δ ist eine Potenzfunktion der Form $\delta = \theta * a_{\text{oben}}^\omega$.

Die Verschachtelung der gerade beschriebenen Funktionen erscheint auf den ersten Blick kompliziert. Daher wird zur genauen Erläuterung ein auf drei Ebenen aufbauendes Gedankenmodell herangezogen:

1. Ebene

$$\mathcal{A}_{k,kS1}^N = A * \cos(b * \beta_3 + \Delta\beta) + d \quad (10-6)$$

mit

$$A = \lambda * \psi = \frac{a_{\text{oben}}}{t_{\text{Steg}}} * \psi \quad (10-7)$$

2. Ebene

$$\psi = \Gamma * \cos(\delta * t_{\text{Steg}} + \varepsilon) + \zeta \quad (10-8)$$

3. Ebene

$$\delta = \theta * a_{\text{oben}}^\omega \quad (10-9)$$

10.1.2.1 Berechnung der Eingangswerte

Vorerst wird in den Tabellen nur auf die Eingangswerte bzw. auf die Spalten bis einschließlich „**Abw.**“ eingegangen

1. Ebene

- Eintragen der Kerbfaktoren aus **Tabelle 10-15** und **Tabelle 10-16** in **Tabelle 10-17** bis **Tabelle 10-28** (Spalte **KF** [-]).
- In Spalte **KF-Modell** [-] ist die Kosinus-Funktion (10-6) mit zu Anfang beliebig gewählten Zahlenwerten für A_{ber} , b_{ber} , $\Delta\beta_{ber}$ bzw. $d_{ber} = 2,0$ einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.** wird die Differenz **KF** zu **KF-Modell** gebildet und in der Spalte **Abw.²** wird diese Differenz quadriert.
- In der Spalte **Gew.-Faktor** (Gewichtungsfaktor) ist eine Funktion einprogrammiert, die bei einem positiven Ergebnis der Differenz **KF** – **KF-Modell** den Gewichtungsfaktor 10 ausgibt. Eine positive Differenz bedeutet, dass der Funktionswert der Kurve **KF-Modell** bei einem bestimmten Winkel β_3 kleiner als der tatsächliche Kerbfaktor ist und daher auf der unsicheren Seite liegt.

Ist dies der Fall, so wird die quadrierte Abweichung mit dem Faktor multipliziert und es ergibt sich die Spalte **gew. Abw.²**. Durch den Gewichtungsfaktor für den genannten Fall erhöht sich in weiterer Folge natürlich auch die Summe der gewichteten, quadrierten Abweichungen Σ **gew. Abw.²**. Im Zuge des (späteren) Lösungsprozesses mit dem Solver, bei dem diese Summe möglichst klein werden soll, bewegt sich die Kurve **KF-Modell** zur sicheren Seite hin. Die Eingangswerte passen sich entsprechend an.

Die 1. Ebene ist abhängig von der 2. Ebene und durch die Funktion ψ (10-8) damit verknüpft. Gleichung (10-7) lässt sich nach ψ umformen (siehe **Tabelle 10-29** und **Abbildung 10-12**).

Die Werte in grauer Schrift in den nachstehenden Tabellen liegen außerhalb des Gültigkeitsbereichs.

Eingangswerte 1. Ebene								
$A_{ber.}$	2,740 [-]		berechnet					
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet					
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet					
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet					
Endwerte 1. Ebene								
$A_{fin}(t_{Steg})$	2,830 [-]		Tabelle 10-33					
b	1,7 [-]		gewählt					
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt					
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt					
d	2 [-]		gewählt					
t_{Steg} [mm]	20							
a_{oben} [mm]	8							
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]
90	1,571	4,357	4,324	0,033	0,001	1	0,00108805	4,400
100	1,745	4,563	4,649	-0,086	0,007	1	0,00737057	4,734
110	1,920	4,671	4,738	-0,067	0,005	1	0,00454046	4,828
120	2,094	4,591	4,584	0,006	0,000	10	0,00040075	4,676
130	2,269	4,182	4,201	-0,019	0,000	1	0,00037739	4,290
135	2,356	3,889	3,933	-0,045	0,002	1	0,00201575	4,018
140	2,443	3,414	3,623	-0,209	0,044	1	0,04354575	3,703
145	2,531	3,067	3,275	-0,209	0,044	1	0,04352934	3,350
150	2,618	2,624	2,900	-0,276	0,076	1	0,07631986	2,968
155	2,705	2,277	2,504	-0,228	0,052	1	0,05183094	2,564
180	3,142	...	0,538	...	...	-	-	0,542
							Σ gew. Abw. ²	0,23101887

Tabelle 10-17: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSt}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 20\text{mm}$, $a_{oben} = 8\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene								
$A_{ber.}$	1,759876522 [-]		berechnet					
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet					
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet					
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet					
Endwerte 1. Ebene								
$A_{fin}(t_{Steg})$	1,899 [-]		Tabelle 10-33					
b	1,7 [-]		gewählt					
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt					
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt					
d	2 [-]		gewählt					
t_{Steg} [mm]	20							
a_{oben} [mm]	10							
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]
90	1,571	3,513	3,493	0,020	0,000	1	0,00041833	3,610
100	1,745	3,634	3,701	-0,067	0,005	1	0,00453363	3,834
110	1,920	3,702	3,758	-0,057	0,003	1	0,0032202	3,897
120	2,094	3,690	3,660	0,030	0,001	10	0,00906445	3,795
130	2,269	3,420	3,414	0,007	0,000	10	0,0004353	3,536
135	2,356	3,201	3,242	-0,040	0,002	1	0,00163132	3,354
140	2,443	2,922	3,042	-0,120	0,015	1	0,01451038	3,143
145	2,531	2,676	2,819	-0,143	0,020	1	0,02041116	2,906
150	2,618	2,393	2,578	-0,185	0,034	1	0,03417253	2,649
155	2,705	2,160	2,324	-0,164	0,027	1	0,02679164	2,379
180	3,142	...	1,061	...	...	-	-	1,022
							Σ gew. Abw. ²	0,11518892

Tabelle 10-18: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSt}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 20\text{mm}$, $a_{oben} = 10\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene									
$A_{ber.}$	1,027 [-]		berechnet						
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet						
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet						
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet						
Endwerte 1. Ebene									
$A_{fin}(t_{Steg})$	1,174 [-]		Tabelle 10-33						
b	1,7 [-]		gewählt						
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt						
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt						
d	2 [-]		gewählt						
t_{Steg} [mm]	20								
a_{oben} [mm]	13								
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]	
90	1,571	...	2,871	...	...	...	...	2,996	
100	1,745	2,915	2,992	-0,077	0,006	1	0,00595068	3,134	
110	1,920	2,952	3,026	-0,074	0,005	1	0,00543182	3,173	
120	2,094	2,985	2,968	0,017	0,000	10	0,00274097	3,110	
130	2,269	...	2,825	...	...	...	...	2,950	
135	2,356	2,717	2,724	-0,007	0,000	1	5,5402E-05	2,837	
140	2,443	...	2,608	...	...	...	...	2,707	
145	2,531	...	2,478	...	...	...	...	2,560	
150	2,618	...	2,337	...	...	...	...	2,402	
155	2,705	2,117	2,189	-0,072	0,005	1	0,00512207	2,234	
180	3,142	...	1,452	...	...	-	-	1,395	
							Σ gew. Abw. ²	0,01930094	

Tabelle 10-19: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSt}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 20\text{mm}$, $a_{oben} = 13\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene									
$A_{ber.}$	0,744 [-]		berechnet						
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet						
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet						
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet						
Endwerte 1. Ebene									
$A_{fin}(t_{Steg})$	0,921 [-]		Tabelle 10-33						
b	1,7 [-]		gewählt						
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt						
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt						
d	2 [-]		gewählt						
t_{Steg} [mm]	20								
a_{oben} [mm]	16								
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]	
90	1,571	2,574	2,631	-0,057	0,003	1	0,00325205	2,781	
100	1,745	2,588	2,719	-0,131	0,017	1	0,01708179	2,889	
110	1,920	2,612	2,743	-0,131	0,017	1	0,01711428	2,920	
120	2,094	2,666	2,701	-0,035	0,001	1	0,00125167	2,871	
130	2,269	2,603	2,597	0,005	0,000	10	0,00027674	2,745	
135	2,356	2,530	2,525	0,006	0,000	10	0,00033341	2,657	
140	2,443	2,452	2,440	0,012	0,000	10	0,00140782	2,554	
145	2,531	2,361	2,346	0,015	0,000	10	0,00224515	2,439	
150	2,618	2,240	2,244	-0,004	0,000	1	1,9704E-05	2,315	
155	2,705	2,109	2,137	-0,027	0,001	1	0,00075503	2,184	
180	3,142	...	1,603	...	...	-	-	1,526	
							Σ gew. Abw. ²	0,04373763	

Tabelle 10-20: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSt}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 20\text{mm}$, $a_{oben} = 16\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene								
$A_{ber.}$	6,361 [-]		berechnet					
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet					
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet					
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet					
Endwerte 1. Ebene								
$A_{fin}(t_{Steg})$	6,304 [-]		Tabelle 10-33					
b	1,7 [-]		gewählt					
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt					
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt					
d	2 [-]		gewählt					
t_{Steg} [mm]	30							
a_{oben} [mm]	8							
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]
90	1,571	7,566	7,395	0,171	0,029	1	0,029271438	7,346
100	1,745	8,004	8,149	-0,145	0,021	1	0,021024037	8,090
110	1,920	8,222	8,356	-0,134	0,018	1	0,018044958	8,301
120	2,094	7,846	7,999	-0,154	0,024	1	0,023681691	7,961
130	2,269	6,982	7,110	-0,128	0,016	1	0,016422895	7,100
135	2,356	6,523	6,488	0,035	0,001	10	0,011955769	6,497
140	2,443	5,410	5,767	-0,357	0,127	1	0,127379894	5,794
145	2,531	4,740	4,961	-0,221	0,049	1	0,048975034	5,008
150	2,618	3,786	4,089	-0,303	0,092	1	0,09169359	4,156
155	2,705	3,035	3,170	-0,135	0,018	1	0,018356189	3,257
180	3,142	...	-1,393	...	...	-	-	-1,247
							Σ gew. Abw. ²	0,406805494

Tabelle 10-21: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSI}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 30\text{mm}$, $a_{oben} = 8\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene								
$A_{ber.}$	4,622 [-]		berechnet					
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet					
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet					
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet					
Endwerte 1. Ebene								
$A_{fin}(t_{Steg})$	4,759 [-]		Tabelle 10-33					
b	1,7 [-]		gewählt					
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt					
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt					
d	2 [-]		gewählt					
t_{Steg} [mm]	30							
a_{oben} [mm]	10							
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]
90	1,571	6,104	5,920	0,184	0,034	1	0,033904132	6,036
100	1,745	6,440	6,467	-0,027	0,001	1	0,000722169	6,597
110	1,920	6,612	6,618	-0,006	0,000	1	3,90167E-05	6,756
120	2,094	6,395	6,359	0,037	0,001	10	0,013541276	6,500
130	2,269	5,714	5,712	0,001	0,000	10	1,54483E-05	5,850
135	2,356	5,283	5,261	0,023	0,001	10	0,005098975	5,395
140	2,443	4,515	4,736	-0,221	0,049	1	0,049059138	4,864
145	2,531	3,962	4,151	-0,189	0,036	1	0,035903721	4,271
150	2,618	3,257	3,518	-0,261	0,068	1	0,067941564	3,628
155	2,705	2,690	2,850	-0,160	0,026	1	0,025584678	2,949
180	3,142	...	-0,465	...	...	-	-	-0,451
							Σ gew. Abw. ²	0,231810118

Tabelle 10-22: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSI}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 30\text{mm}$, $a_{oben} = 10\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene								
$A_{ber.}$	3,126 [-]		berechnet					
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet					
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet					
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet					
Endwerte 1. Ebene								
$A_{fin}(t_{Steg})$	3,192 [-]		Tabelle 10-33					
b	1,7 [-]		gewählt					
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt					
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt					
d	2 [-]		gewählt					
t_{Steg} [mm]	30							
a_{oben} [mm]	13							
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]
90	1,571	...	4,651	...	...	...	...	4,707
100	1,745	4,960	5,022	-0,062	0,004	1	0,003812479	5,083
110	1,920	5,087	5,124	-0,037	0,001	1	0,001364235	5,190
120	2,094	5,022	4,948	0,073	0,005	10	0,053626667	5,018
130	2,269	...	4,511	...	...	...	...	4,582
135	2,356	4,175	4,206	-0,031	0,001	1	0,000971968	4,277
140	2,443	...	3,851	...	...	...	...	3,921
145	2,531	...	3,455	...	...	...	...	3,523
150	2,618	...	3,027	...	...	...	...	3,092
155	2,705	2,441	2,575	-0,134	0,018	1	0,018068594	2,636
180	3,142	...	0,332	...	...	-	-	0,356
							Σ gew. Abw. ²	0,077843943

Tabelle 10-23: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSt}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 30\text{mm}$, $a_{oben} = 13\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene								
$A_{ber.}$	2,246 [-]		berechnet					
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet					
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet					
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet					
Endwerte 1. Ebene								
$A_{fin}(t_{Steg})$	2,211 [-]		Tabelle 10-33					
b	1,7 [-]		gewählt					
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt					
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt					
d	2 [-]		gewählt					
t_{Steg} [mm]	30							
a_{oben} [mm]	16							
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]
90	1,571	3,909	3,905	0,004	0,000	1	1,76299E-05	3,875
100	1,745	4,066	4,171	-0,105	0,011	1	0,010938968	4,137
110	1,920	4,162	4,244	-0,082	0,007	1	0,006666966	4,209
120	2,094	4,182	4,118	0,064	0,004	10	0,041110928	4,085
130	2,269	3,833	3,804	0,029	0,001	10	0,008371514	3,776
135	2,356	3,551	3,584	-0,033	0,001	1	0,001106242	3,560
140	2,443	3,255	3,330	-0,075	0,006	1	0,005577941	3,309
145	2,531	2,943	3,045	-0,102	0,010	1	0,010450918	3,029
150	2,618	2,621	2,737	-0,116	0,013	1	0,013465791	2,726
155	2,705	2,344	2,413	-0,069	0,005	1	0,004815451	2,407
180	3,142	...	0,802	...	...	-	-	0,821
							Σ gew. Abw. ²	0,102522348

Tabelle 10-24: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSt}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 30\text{mm}$, $a_{oben} = 16\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene									
$A_{ber.}$	9,684 [-]		berechnet						
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet						
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet						
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet						
Endwerte 1. Ebene									
$A_{fin}(t_{Steg})$	9,471 [-]		Tabelle 10-33						
b	1,7 [-]		gewählt						
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt						
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt						
d	2 [-]		gewählt						
t_{Steg} [mm]	40								
a_{oben} [mm]	8								
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell [-]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]	
90	1,571	10,512	10,214	0,298	0,089	1	0,08878601	10,032	
100	1,745	11,135	11,361	-0,226	0,051	1	0,05104376	11,148	
110	1,920	11,459	11,677	-0,218	0,047	1	0,04735447	11,465	
120	2,094	10,702	11,134	-0,431	0,186	1	0,1858963	10,955	
130	2,269	9,518	9,779	-0,261	0,068	1	0,0683661	9,662	
135	2,356	9,090	8,833	0,256	0,066	10	0,65778516	8,755	
140	2,443	7,213	7,734	-0,521	0,272	1	0,27177643	7,700	
145	2,531	6,400	6,508	-0,108	0,012	1	0,01158787	6,519	
150	2,618	4,955	5,180	-0,225	0,051	1	0,05066353	5,239	
155	2,705	3,876	3,782	0,094	0,009	10	0,08798351	3,888	
180	3,142	...	-3,166	...	...	-	-	-2,878	
							Σ gew. Abw. ²	1,52124313	

Tabelle 10-25: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSt}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 40\text{mm}$, $a_{oben} = 8\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene									
$A_{ber.}$	7,587 [-]		berechnet						
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet						
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet						
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet						
Endwerte 1. Ebene									
$A_{fin}(t_{Steg})$	7,772 [-]		Tabelle 10-33						
b	1,7 [-]		gewählt						
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt						
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt						
d	2 [-]		gewählt						
t_{Steg} [mm]	40								
a_{oben} [mm]	10								
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]	
90	1,571	8,646	8,435	0,211	0,045	1	0,04469291	8,591	
100	1,745	9,156	9,333	-0,177	0,031	1	0,03146091	9,507	
110	1,920	9,425	9,581	-0,156	0,024	1	0,02436378	9,767	
120	2,094	8,914	9,155	-0,241	0,058	1	0,0581612	9,349	
130	2,269	7,927	8,094	-0,168	0,028	1	0,02813188	8,288	
135	2,356	7,452	7,353	0,099	0,010	10	0,0972365	7,543	
140	2,443	6,089	6,492	-0,404	0,163	1	0,1628644	6,677	
145	2,531	5,362	5,531	-0,169	0,029	1	0,02862608	5,709	
150	2,618	4,232	4,491	-0,260	0,067	1	0,06745822	4,658	
155	2,705	3,359	3,396	-0,037	0,001	1	0,00139235	3,549	
180	3,142	...	-2,047	...	...	-	-	-2,003	
							Σ gew. Abw. ²	0,54438822	

Tabelle 10-26: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSt}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 40\text{mm}$, $a_{oben} = 10\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene									
$A_{ber.}$	5,533 [-]		berechnet						
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet						
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet						
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet						
Endwerte 1. Ebene									
$A_{fin}(t_{Steg})$	5,760 [-]		Tabelle 10-33						
b	1,7 [-]		gewählt						
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt						
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt						
d	2 [-]		gewählt						
t_{Steg} [mm]	40								
a_{oben} [mm]	13								
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]	
90	1,571	...	6,692	...	...	...	...	6,885	
100	1,745	7,186	7,348	-0,162	0,026	1	0,02612097	7,564	
110	1,920	7,408	7,528	-0,121	0,015	1	0,01452453	7,756	
120	2,094	7,137	7,218	-0,081	0,007	1	0,00661994	7,446	
130	2,269	...	6,444	...	...	...	...	6,660	
135	2,356	5,894	5,904	-0,010	0,000	1	9,6439E-05	6,108	
140	2,443	...	5,276	...	...	...	...	5,466	
145	2,531	...	4,575	...	...	...	...	4,748	
150	2,618	...	3,817	...	...	...	...	3,970	
155	2,705	2,909	3,018	-0,109	0,012	1	0,01192428	3,148	
180	3,142	...	-0,951	...	...	-	-	-0,967	
							Σ gew. Abw. ²	0,05928616	

Tabelle 10-27: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSt}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 40\text{mm}$, $a_{oben} = 13\text{mm}$; 1.Ebene

Eingangswerte 1. Ebene									
$A_{ber.}$	4,170 [-]		berechnet						
$b_{ber.}$	1,714 [-]		berechnet						
$\Delta\beta_{ber.}$	3,033 [rad]		berechnet						
$d_{ber.}$	2 [-]		berechnet						
Endwerte 1. Ebene									
$A_{fin}(t_{Steg})$	4,315 [-]		Tabelle 10-33						
b	1,7 [-]		gewählt						
$\Delta\beta$	175 [°]		gewählt						
$\Delta\beta$	3,054 [rad]		gewählt						
d	2 [-]		gewählt						
t_{Steg} [mm]	40								
a_{oben} [mm]	16								
β_3 [°]	β_3 [rad]	KF [-]	KF-Modell	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	KF_{fin} [-]	
90	1,571	5,563	5,536	0,027	0,001	1	0,00071942	5,659	
100	1,745	5,881	6,030	-0,149	0,022	1	0,02217711	6,168	
110	1,920	6,071	6,166	-0,095	0,009	1	0,00899008	6,312	
120	2,094	5,959	5,932	0,026	0,001	10	0,00690539	6,080	
130	2,269	5,343	5,349	-0,006	0,000	1	3,4475E-05	5,491	
135	2,356	4,916	4,942	-0,026	0,001	1	0,00067364	5,078	
140	2,443	4,299	4,469	-0,170	0,029	1	0,02879827	4,597	
145	2,531	3,769	3,941	-0,172	0,029	1	0,02947023	4,059	
150	2,618	3,169	3,369	-0,201	0,040	1	0,040287	3,476	
155	2,705	2,672	2,767	-0,095	0,009	1	0,00906286	2,860	
180	3,142	...	-0,224	...	...	-	-	-0,222	
							Σ gew. Abw. ²	0,14711848	

Tabelle 10-28: Ermittlung der Funktionswerte von $\mathcal{A}_{k,kSt}^N$ (ΔKF_{fin}) für $t_{Steg} = 40\text{mm}$, $a_{oben} = 16\text{mm}$; 1.Ebene

$a_{\text{oben}}=8\text{mm}$			
t_{Steg} [mm]	$A_{\text{ber.}}$	$\lambda=a_{\text{oben}}/t_{\text{Steg}}$	$\psi=A_{\text{ber.}}/\lambda$
20	2,740	0,400	6,851
30	6,361	0,267	23,855
40	9,684	0,200	48,422

$a_{\text{oben}}=10\text{mm}$			
t_{Steg} [mm]	$A_{\text{ber.}}$	$\lambda=a_{\text{oben}}/t_{\text{Steg}}$	$\psi=A_{\text{ber.}}/\lambda$
20	1,760	0,500	3,520
30	4,622	0,333	13,865
40	7,587	0,250	30,348

$a_{\text{oben}}=13\text{mm}$			
t_{Steg} [mm]	$A_{\text{ber.}}$	$\lambda=a_{\text{oben}}/t_{\text{Steg}}$	$\psi=A_{\text{ber.}}/\lambda$
20	1,027	0,650	1,579
30	3,126	0,433	7,214
40	5,533	0,325	17,024

$a_{\text{oben}}=16\text{mm}$			
t_{Steg} [mm]	$A_{\text{ber.}}$	$\lambda=a_{\text{oben}}/t_{\text{Steg}}$	$\psi=A_{\text{ber.}}/\lambda$
20	0,744	0,800	0,929
30	2,246	0,533	4,211
40	4,170	0,400	10,424

Tabelle 10-29: Verknüpfung der 1. Ebene mit der 2. Ebene

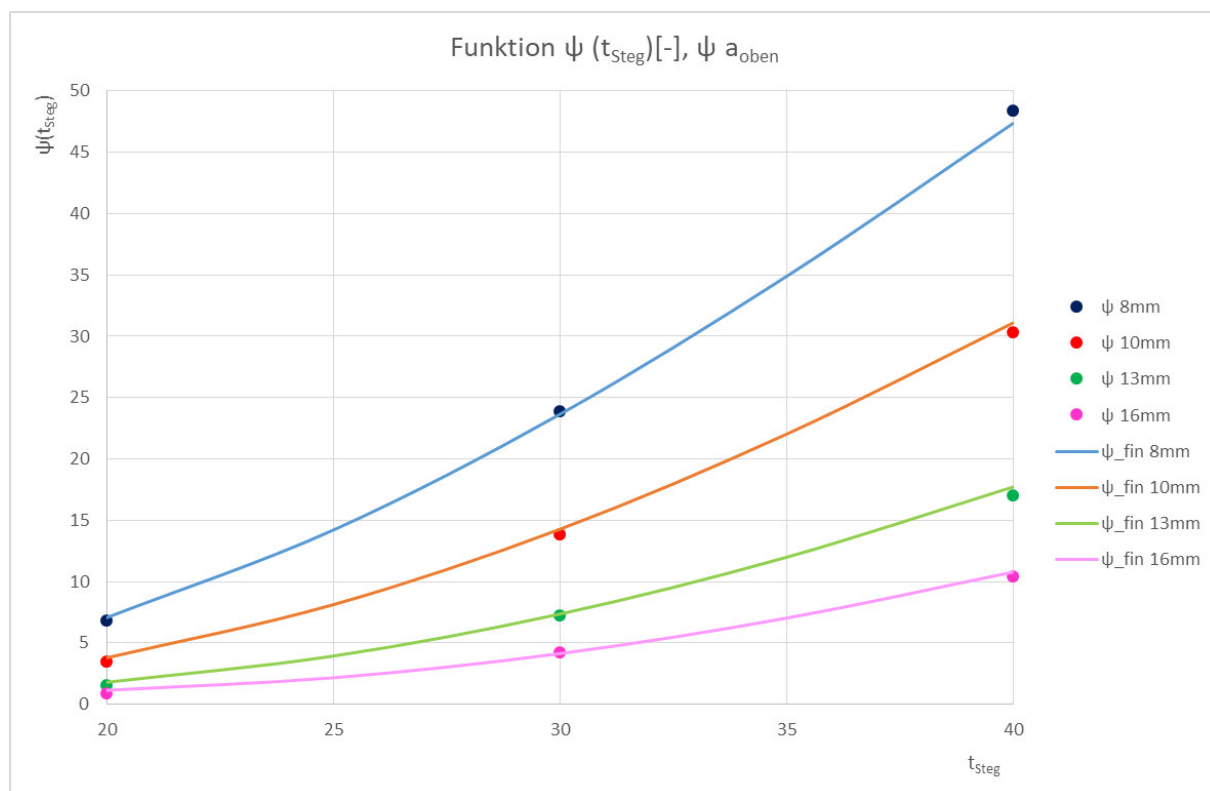


Abbildung 10-12: Verknüpfung der 1. Ebene mit der 2. Ebene

2. Ebene

- Die Werte ψ aus **Tabelle 10-29** werden in **Tabelle 10-30** und **Tabelle 10-31** mit Verknüpfung übertragen.
- In der Spalte **ψ -Modell [-]** ist die Kosinus-Funktion (10-8) mit noch beliebigen Eingangswerten einprogrammiert. Dabei sind die Randbedingungen, dass $\Gamma_{ber.}$, $\epsilon_{ber.}$ und $\zeta_{ber.}$ für jedes Schweißnahtmaß denselben Wert annehmen sollen, berücksichtigt.
- In der Spalte **Abw.²** wird die Differenz zwischen ψ [-] und ψ -Modell [-] gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen Σ **Abw.²** wird gebildet.

Die 2. Ebene ist mit der 3. Ebene über die Funktion δ (10-9) verbunden.

Für die Excel-Berechnung muss die t_{Steg} formal ins „Bogenmaß“ umgerechnet werden, d.h. $t_{Steg} \cdot (\pi/180)$

Eingangswerte 2. Ebene					Eingangswerte 2. Ebene								
$\Gamma_{ber.}$	58,579 [-]	berechnet	$\Gamma_{ber.}$	58,579 [-]	berechnet	$\Gamma_{ber.}$	58,579 [-]	berechnet	$\Gamma_{ber.}$	58,579 [-]	berechnet		
$\delta_{ber.}$	2,625 [-]	berechnet	$\delta_{ber.}$	2,156 [-]	berechnet	$\delta_{ber.}$	2,156 [-]	berechnet	$\delta_{ber.}$	2,156 [-]	berechnet		
$\epsilon_{ber.}$	2,687 [mm/°]	berechnet	$\epsilon_{ber.}$	2,687 [mm/°]	berechnet	$\epsilon_{ber.}$	2,687 [mm/°]	berechnet	$\epsilon_{ber.}$	2,687 [mm/°]	berechnet		
$\zeta_{ber.}$	59,499 [-]	berechnet	$\zeta_{ber.}$	59,499 [-]	berechnet	$\zeta_{ber.}$	59,499 [-]	berechnet	$\zeta_{ber.}$	59,499 [-]	berechnet		
Endwerte 2. Ebene					Endwerte 2. Ebene								
Γ	58 [-]	gewählt	Γ	58 [-]	gewählt	Γ	58 [-]	gewählt	Γ	58 [-]	gewählt		
$\delta_{fin}(a_{oben})$	2,598 [-]	Tabelle 10-32	$\delta_{fin}(a_{oben})$	2,168 [-]	Tabelle 10-32	$\delta_{fin}(a_{oben})$	2,168 [-]	Tabelle 10-32	$\delta_{fin}(a_{oben})$	2,168 [-]	Tabelle 10-32		
ϵ	154,5 [mm]	gewählt	ϵ	154,5 [mm]	gewählt	ϵ	154,5 [mm]	gewählt	ϵ	154,5 [mm]	gewählt		
ϵ	2,697 [mm/°]		ϵ	2,697 [mm/°]		ϵ	2,697 [mm/°]		ϵ	2,697 [mm/°]			
ζ	59 [-]	gewählt	ζ	59 [-]	gewählt	ζ	59 [-]	gewählt	ζ	59 [-]	gewählt		
a_{oben} [mm]	8				10								
t_{Steg} [mm]	t_{Steg} [mm/°]	ψ [-]	ψ -Modell [-]	Abw. ²	ψ_{fin} [-]	ψ [-]	ψ -Modell [-]	Abw. ²	ψ_{fin} [-]	ψ [-]	ψ -Modell [-]	Abw. ²	ψ_{fin} [-]
20	0,349	6,851	7,059	0,04360261	7,075	3,520	3,509	0,00011488	3,797	3,520	3,509	0,00011488	3,797
25	0,436	...	14,357	...	14,212	...	7,719	...	8,130	...	7,719	...	8,130
30	0,524	23,855	24,013	0,02484261	23,642	13,865	13,758	0,01142737	14,278	13,865	13,758	0,01142737	14,278
35	0,611	...	35,522	...	34,881	...	21,411	...	22,023	...	21,411	...	22,023
40	0,698	48,422	48,285	0,01898855	47,354	30,348	30,409	0,0038264	31,088	30,348	30,409	0,0038264	31,088
				Σ Abw. ²	0,08743377					Σ Abw. ²	0,01536865		

Tabelle 10-30: Ermittlung der Funktionswerte von ψ_{fin} für $a_{oben} = 8\text{mm}$ und $a_{oben} = 10\text{mm}$; 2.Ebene

Eingangswerte 2. Ebene					Eingangswerte 2. Ebene								
$\Gamma_{ber.}$	58,579 [-]	berechnet	$\Gamma_{ber.}$	58,579 [-]	berechnet	$\Gamma_{ber.}$	58,579 [-]	berechnet	$\Gamma_{ber.}$	58,579 [-]	berechnet		
$\delta_{ber.}$	1,743 [-]	berechnet	$\delta_{ber.}$	1,484 [-]	berechnet	$\delta_{ber.}$	1,484 [-]	berechnet	$\delta_{ber.}$	1,484 [-]	berechnet		
$\epsilon_{ber.}$	2,687 [mm/°]	berechnet	$\epsilon_{ber.}$	2,687 [mm/°]	berechnet	$\epsilon_{ber.}$	2,687 [mm/°]	berechnet	$\epsilon_{ber.}$	2,687 [mm/°]	berechnet		
$\zeta_{ber.}$	59,499 [-]	berechnet	$\zeta_{ber.}$	59,499 [-]	berechnet	$\zeta_{ber.}$	59,499 [-]	berechnet	$\zeta_{ber.}$	59,499 [-]	berechnet		
Endwerte 2. Ebene					Endwerte 2. Ebene								
Γ	58 [-]	gewählt	Γ	58 [-]	gewählt	Γ	58 [-]	gewählt	Γ	58 [-]	gewählt		
$\delta_{fin}(a_{oben})$	1,753 [-]	Tabelle 10-32	$\delta_{fin}(a_{oben})$	1,482 [-]	Tabelle 10-32	$\delta_{fin}(a_{oben})$	1,482 [-]	Tabelle 10-32	$\delta_{fin}(a_{oben})$	1,482 [-]	Tabelle 10-32		
ϵ	154,5 [mm]	gewählt	ϵ	154,5 [mm]	gewählt	ϵ	154,5 [mm]	gewählt	ϵ	154,5 [mm]	gewählt		
ϵ	2,697 [mm/°]		ϵ	2,697 [mm/°]		ϵ	2,697 [mm/°]		ϵ	2,697 [mm/°]			
ζ	59 [-]	gewählt	ζ	59 [-]	gewählt	ζ	59 [-]	gewählt	ζ	59 [-]	gewählt		
a_{oben} [mm]	13				16								
t_{Steg} [mm]	t_{Steg} [mm/°]	ψ [-]	ψ -Modell [-]	Abw. ²	ψ_{fin} [-]	ψ [-]	ψ -Modell [-]	Abw. ²	ψ_{fin} [-]	ψ [-]	ψ -Modell [-]	Abw. ²	ψ_{fin} [-]
20	0,349	1,579	1,615	0,00123098	1,806	0,929	1,039	0,01195125	1,151	0,929	1,039	0,01195125	1,151
25	0,436	...	3,645	...	3,943	...	2,009	...	2,173	...	2,009	...	2,173
30	0,524	7,214	6,966	0,06174221	7,366	4,211	3,941	0,07260367	4,145	4,211	3,941	0,07260367	4,145
35	0,611	...	11,500	...	11,995	...	6,804	...	7,032	...	6,804	...	7,032
40	0,698	17,024	17,142	0,01397036	17,723	10,424	10,548	0,01548419	10,787	10,424	10,548	0,01548419	10,787
				Σ Abw. ²	0,07694354					Σ Abw. ²	0,10003911		

Tabelle 10-31: Ermittlung der Funktionswerte von ψ_{fin} für $a_{oben} = 13\text{mm}$ und $a_{oben} = 16\text{mm}$; 2.Ebene

3. Ebene

- Die Werte $\delta_{\text{ber.}}$ aus **Tabelle 10-30** und **Tabelle 10-31** werden in **Tabelle 10-32** übertragen und verknüpft.
- Nach dem bereits bekanntem Schema werden die Einträge in den Spalte **δ -Modell [-]** mit der Potenzfunktion (10-9) und den Eingangswerten $\theta_{\text{ber.}}$ und $\omega_{\text{ber.}}$, sowie die Spalte **Abw.²** gebildet.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen $\Sigma \text{Abw.}^2$ wird gebildet.

Eingangswerte 3.Ebene				
$\theta_{\text{ber.}}$	14,004	berechnet		
$\omega_{\text{ber.}}$	-0,810	berechnet		
Endwerte 3.Ebene				
θ_{fin}	14	gewählt		
ω_{fin}	-0,81	gewählt		
a_{oben} [mm]	$\delta_{\text{ber.}}$ [-]	δ -Modell [-]	Abw. ²	$\delta_{\text{fin}}(a_{\text{oben}})$ [-]
8	2,625	2,597	0,00078311	2,598
9	...	2,360	...	2,362
10	2,156	2,167	0,00011872	2,168
11	...	2,006	...	2,007
12	...	1,870	...	1,871
13	1,743	1,752	8,4337E-05	1,753
14	...	1,650	...	1,651
15	...	1,560	...	1,561
16	1,484	1,481	8,1508E-06	1,482
$\Sigma \text{Abw.}^2$			0,00099431	

Tabelle 10-32: Ermittlung der Funktionswerte von δ_{fin} ; 3.Ebene

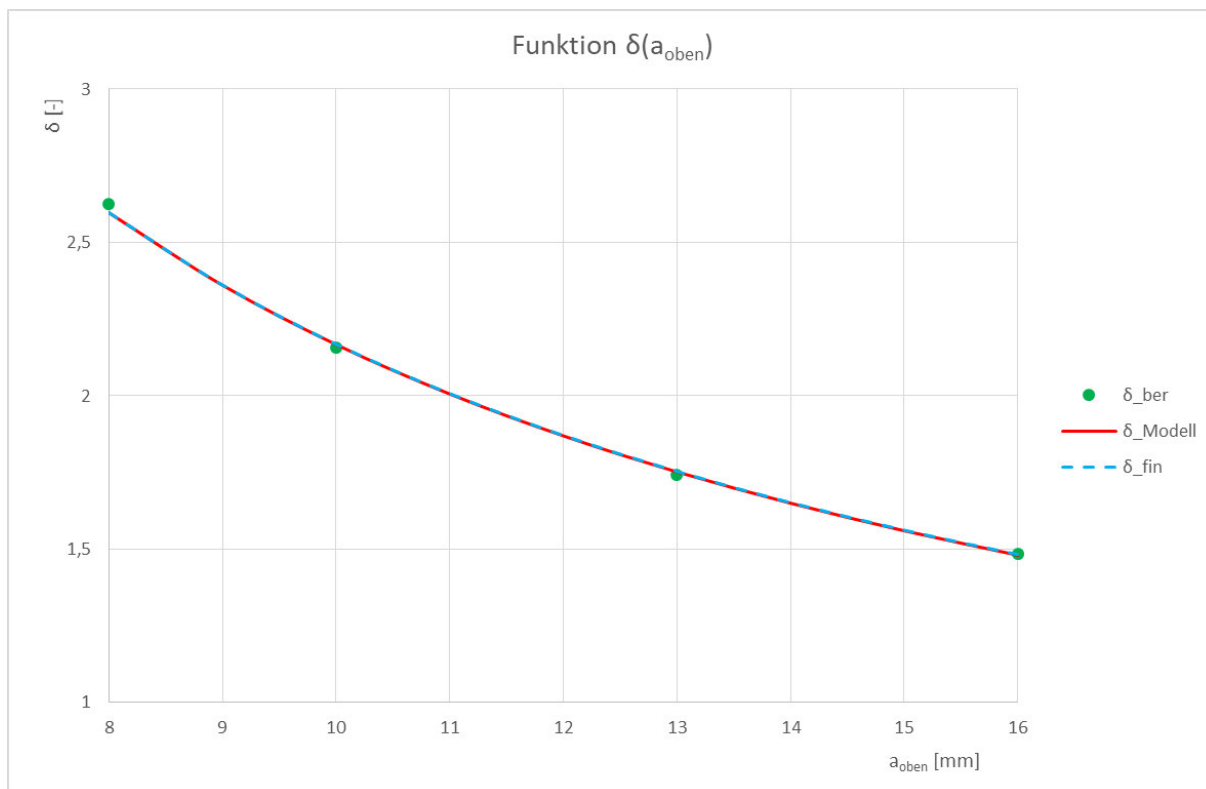


Abbildung 10-13

Da jede Ebene von der nächsttieferen abhängt, werden die Summen der quadrierten Abweichungen aus allen Ebenen aufsummiert ($\Sigma(\Sigma \text{ gew. Abw.}^2; \Sigma \text{ Abw.}^2)$).

Im Solver in Excel wird das Ziel, $\Sigma(\Sigma \text{ gew. Abw.}^2; \Sigma \text{ Abw.}^2)$ soll minimal werden, definiert. Um dieses Ziel zu erreichen werden die Eingangswerte aller drei Ebenen programmintern angepasst. Wie bereits erwähnt, sind die Ebenen miteinander verknüpft. Somit kann eine Lösung gefunden werden, welche für die Eingangswerte in allen Ebenen zufriedenstellende Werte liefert.

10.1.2.2 Wahl der Endwerte

Nachdem alle Eingangswerte berechnet sind, werden in Betrachtung der **Abbildung 10-14** bis **Abbildung 10-16** und ausgehend von der untersten Ebene die Endwerte so gewählt, dass diese „schöne“ Zahlenwerte annehmen.

- Wählen der Endwerte θ_{fin} und ω_{fin} .
- Es ergibt sich die Funktion $\delta_{\text{fin}}(a_{\text{oben}})$, deren Funktionswerte in der gleichnamigen Spalte in **Tabelle 10-32** zu finden sind.
- $\delta_{\text{fin}}(a_{\text{oben}})$ wird in die Endwerte in **Tabelle 10-30** und **Tabelle 10-31** eingesetzt.
- Wählt man noch die Endwerte Γ , ϵ und ζ , so ergibt sich ψ_{fin} .
- mit ψ_{fin} erhält man über die Formel (10-7) $A_{\text{fin}}(t_{\text{steg}})$ (siehe **Tabelle 10-33**).
- Wählen von \mathbf{b} und $\Delta\beta$ und \mathbf{d} , wobei \mathbf{d} schon zu Anfang mit 2,0 festgelegt worden ist.
- Einsetzen der Endwerte in die Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks1}^N$, es ergibt sich \mathbf{KF}_{fin} (siehe **Tabelle 10-17** bis **Tabelle 10-28**, bzw. die grafische Darstellung in **Abbildung 10-14** bis **Abbildung 10-16**). Die endgültigen Kerbfaktoren \mathbf{KF}_{fin} sind also Funktionswerte der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks1}^N$. Multipliziert man diese mit der Nennspannung, ergibt sich die Kerbspannung (10-14).

a _{oben} =8mm			
t _{Steg} [mm]	λ=a _{oben} /t _{Steg}	ψ _{fin} [-]	A _{fin} (t _{Steg})
20	0,400	7,075	2,830
30	0,267	23,642	6,304
40	0,200	47,354	9,471

a _{oben} =10mm			
t _{Steg} [mm]	λ=a _{oben} /t _{Steg}	ψ _{fin} [-]	A _{fin} (t _{Steg})
20	0,500	3,797	1,899
30	0,333	14,278	4,759
40	0,250	31,088	7,772

a _{oben} =13mm			
t _{Steg} [mm]	λ=a _{oben} /t _{Steg}	ψ _{fin} [-]	A _{fin} (t _{Steg})
20	0,650	1,806	1,174
30	0,433	7,366	3,192
40	0,325	17,723	5,760

a _{oben} =16mm			
t _{Steg} [mm]	λ=a _{oben} /t _{Steg}	ψ _{fin} [-]	A _{fin} (t _{Steg})
20	0,800	1,151	0,921
30	0,533	4,145	2,211
40	0,400	10,787	4,315

Tabelle 10-33: Rückrechnung zu A_{fin}

3. Ebene

$$\delta_{\text{fin}} = \theta * a_{\text{oben}}^{\omega} = 14 * a_{\text{oben}}^{-0,81} \quad (10-10)$$

2. Ebene

$$\begin{aligned} \psi_{\text{fin}} &= \Gamma * \cos(\delta_{\text{fin}} * t_{\text{Steg}} + \varepsilon) + \zeta \\ &= 58 * \cos(\delta_{\text{fin}} * t_{\text{Steg}} + 154,5) + 59 \end{aligned} \quad (10-11)$$

1. Ebene

$$A_{\text{fin}} = \lambda * \psi_{\text{fin}} = \frac{a_{\text{oben}}}{t_{\text{Steg}}} * \psi_{\text{fin}} \quad (10-12)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{A}_{k,kS1} &= A_{\text{fin}} * \cos(b * \beta_3 + \Delta\beta) + d \\ &= A_{\text{fin}} * \cos(1,7 * \beta_3 + 175) + 2,0 \end{aligned} \quad (10-13)$$

$$\sigma_{\text{Kerb}}^N = \sigma_{\text{Nenn}}^N *$$

$$* \left\{ \frac{a_{\text{oben}}}{t_{\text{Steg}}} * [58 * \cos(14 * a_{\text{oben}}^{-0,81} * t_{\text{Steg}} + 154,5) + 59] * \cos(1,7 * \beta_3 + 175) + 2,0 \right\} \quad (10-14)$$

Die Winkel $\beta_3 = 90^\circ$ und $\beta_3 = 180^\circ$ sind in **Tabelle 10-17** bis **Tabelle 10-28** zusätzlich angeführt, um aufzuzeigen, dass über die Gültigkeitsgrenzen zwischen $\beta_3 = 100^\circ$ bis $\beta_3 = 155^\circ$ nicht extrapoliert werden darf. Bei 180° müsste der Kerbfaktor theoretisch den Wert 1,0 annehmen.

Das Vorzeichen der Nennspannung $\sigma_{\text{Nenn}}^{\text{N}}$ entspricht dem Vorzeichen der Kerbspannung $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N}}$.

Es gilt die Merkregel: positive Normalkraft nach der Definition in Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. führt zu einer positiven Normalspannung an der kritischen Stelle 1 und daher zu einer positiven effektiven Kerbspannung und umgekehrt.

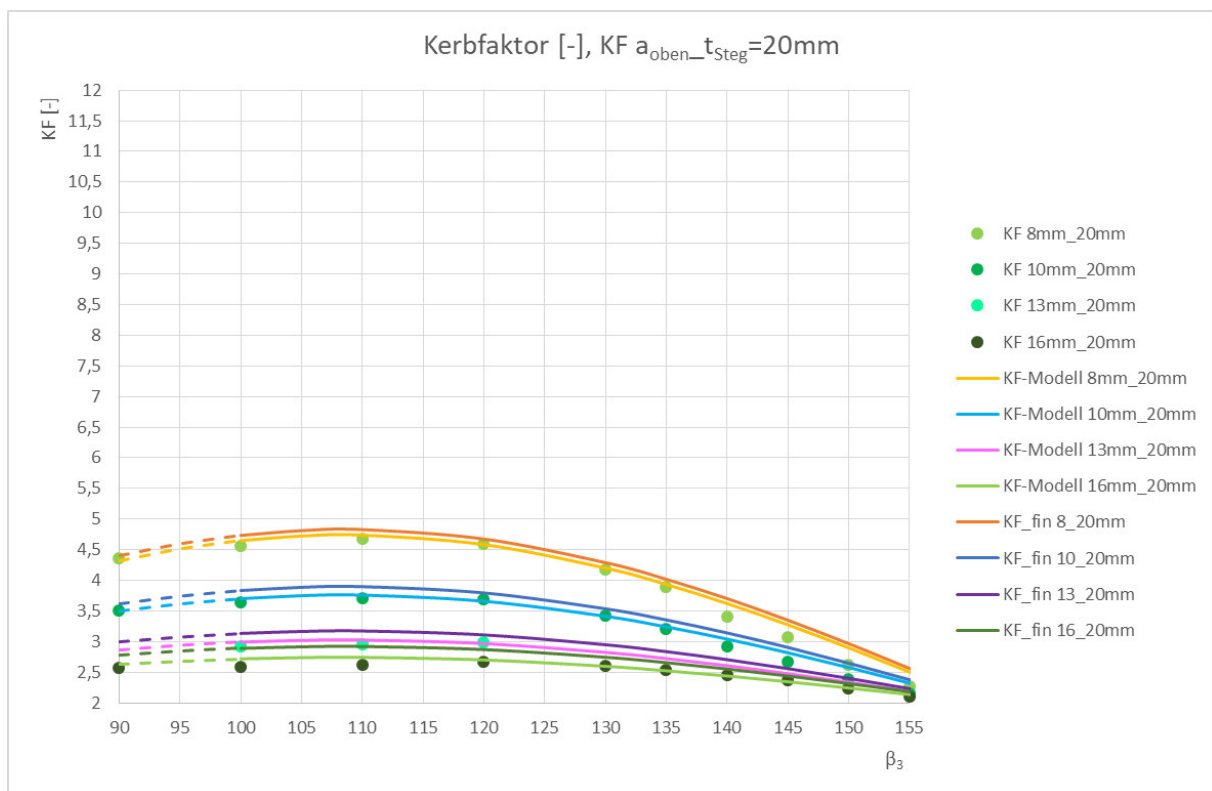


Abbildung 10-14: Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks1}^{\text{N}}$ (\triangleq KF_fin) im Vergleich mit KF-Modell (mit berechneten Eingangswerten) und den ausgelesenen Kerbfaktoren

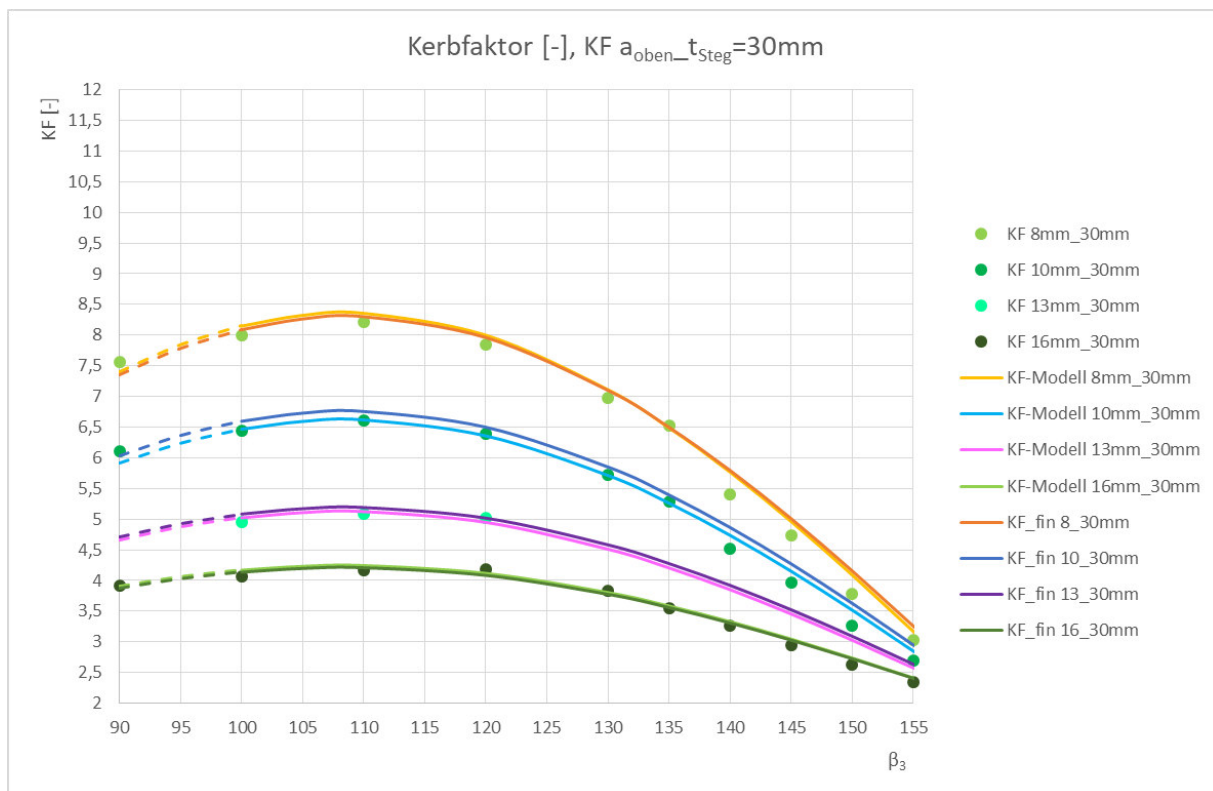


Abbildung 10-15: Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ksI}^N$ (\triangleq KF_fin) im Vergleich mit KF-Modell (mit berechneten Eingangswerten) und den ausgelesenen Kerbfaktoren

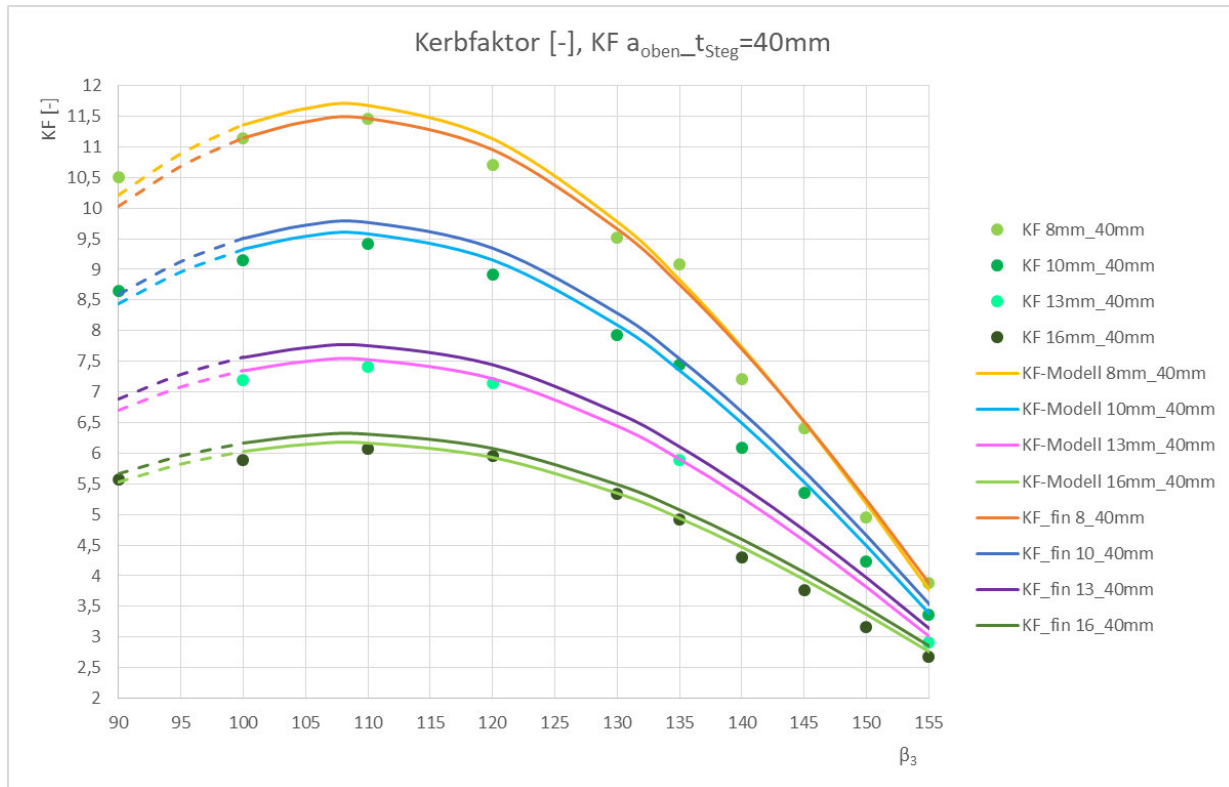


Abbildung 10-16: Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ksI}^N$ (\triangleq KF_fin) im Vergleich mit KF-Modell (mit berechneten Eingangswerten) und den ausgelesenen Kerbfaktoren

10.1.3 Kerbfunktion bei reiner Querkraftbelastung

In diesem Kapitel wird ein Zusammenhang zwischen den maximalen Schubspannungen im Regelbereich des Stegbleches $\tau_{\text{Nenn,max}}$ und den Kerbspannungen σ_{Kerb}^V am Übergang von der Stegblechoberfläche zur Schweißnahtoberfläche gesucht. Die einwirkende Querkraft ruft zum einen Schubspannungen im Stegblech, zum anderen effektive Kerbspannungen an der betrachteten kritischen Stelle hervor. Über die Querkraft als Bindeglied wird ein Zusammenhang zwischen Schubspannungen und Hauptnormalspannungen (effektive Kerbspannungen) hergestellt.

Diese Wechselbeziehung lässt sich darstellen, indem t_{Steg} aus dem Kerbfaktor bzw. der Kerbfunktion herausgehoben wird. Man erhält die modifizierte Kerbfunktion mit der Einheit [1/mm]

Die aus ABAQUS ausgelesenen Kerbspannungen (schwarze Schrift) in folgenden Tabellen resultieren aus einer Querkraftbelastung von -50 kN/m. In grüner Schrift sind die quadratisch interpolierten Zwischenwerte dargestellt. Bei Querkraftbelastung liegen die Spannungen bezüglich a_{oben} wieder nahe zusammen, es sind also nur die Maximalwerte von Interesse. Die Abweichungen der interpolierten Werte zur unsicheren Seite werden dadurch kompensiert, dass diese auf jeden Fall kleiner oder etwa gleich der rückgerechneten Kerbspannung sind.

Mit Hinweis auf die Momenten- und Normalkraftbelastung kann α als maßgebender Parameter eliminiert werden und es bleiben nur noch t_{Steg} und β_3 als Einflussgrößen übrig.

$t_{\text{steg}}=20\text{mm}$				
$\alpha=90^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	100	16,540	17,274	18,852
	110	13,413	14,316	16,111
	120	10,522	11,515	13,325
	130	7,868	8,871	10,494
	135	6,629	7,608	9,062
$\alpha=110^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	120	9,509	10,656	12,859
	130	7,283	8,376	10,243
	135	6,328	7,349	8,967
	140	5,477	6,398	7,713
	145	4,732	5,522	6,481
$\alpha=130^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	140	5,054	6,091	7,648
	145	4,559	5,407	6,474
	150	4,023	4,663	5,306
	155	3,446	3,860	4,145
Tabelleneinträge nach β_3 sortiert	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	100	16,540	17,274	18,852
	110	13,413	14,316	16,111
	120	9,509	10,656	12,859
	130	7,283	8,376	10,243
	135	6,629	7,608	9,062
	140	5,054	6,091	7,648
	145	4,732	5,522	6,481
	150	4,023	4,663	5,306
155	3,446	3,860	4,145	

Tabelle 10-34: σ_{Kerb}^V für $t_{\text{steg}} = 20\text{mm}$

$t_{\text{steg}}=30\text{mm}$				
$\alpha=90^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	100	12,631	12,619	13,343
	110	9,704	9,879	10,898
	120	7,060	7,397	8,628
	130	4,698	5,173	6,534
	135	3,623	4,158	5,553
$\alpha=110^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	120	6,394	6,738	8,108
	130	4,360	4,791	6,224
	135	3,534	3,998	5,398
	140	2,835	3,326	4,648
	145	2,263	2,774	3,976
$\alpha=130^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	140	2,556	2,992	4,453
	145	2,192	2,640	3,909
	150	1,868	2,309	3,333
		155	1,584	2,000	2,724
Tabelleneinträge nach β_3 sortiert	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	100	12,631	12,619	13,343
	110	9,704	9,879	10,898
	120	6,394	6,738	8,108
	130	4,360	4,791	6,224
	135	3,623	4,158	5,553
	140	2,556	2,992	4,453
	145	2,263	2,774	3,976
	150	1,868	2,309	3,333
	155	1,584	2,000	2,724

Tabelle 10-35: σ_{Kerb}^V für $t_{\text{steg}} = 30\text{mm}$

$t_{\text{steg}}=40\text{mm}$				
$\alpha=90^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	100	11,477	11,060	10,934
	110	8,652	8,415	8,597
	120	6,081	6,020	6,485
	130	3,764	3,874	4,597
	135	2,701	2,895	3,737
$\alpha=110^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	120	5,797	5,633	6,071
	130	3,739	3,709	4,348
	135	2,885	2,924	3,641
	140	2,147	2,258	3,036
	145	1,526	1,709	2,534
$\alpha=130^\circ$	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	140	2,217	2,121	2,822
	145	1,725	1,722	2,457
	150	1,298	1,387	2,115
	155	0,936	1,116	1,796
Tabelleneinträge nach β_3 sortiert	a_{oben} [mm]	8	10	16
	β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb,V}}$ [N/mm ²]		
	100	11,477	11,060	10,934
	110	8,652	8,415	8,597
	120	5,797	5,633	6,071
	130	3,739	3,709	4,348
	135	2,701	2,895	3,737
	140	2,217	2,121	2,822
	145	1,526	1,709	2,534
	150	1,298	1,387	2,115
	155	0,936	1,116	1,796

Tabelle 10-36: σ_{Kerb}^V für $t_{\text{steg}} = 40\text{mm}$

In **Abbildung 10-17**, **Abbildung 10-18** und **Abbildung 10-19** sind die Einträge der oben angeführten Tabellen visualisiert. Die pinke Kurve „Kerbbsp. ber.“ ist ein Vorgriff und stellt die rückgerechnete Kerbspannung mittels der fertigen Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks1}^V$ (10-16), (10-19) dar.

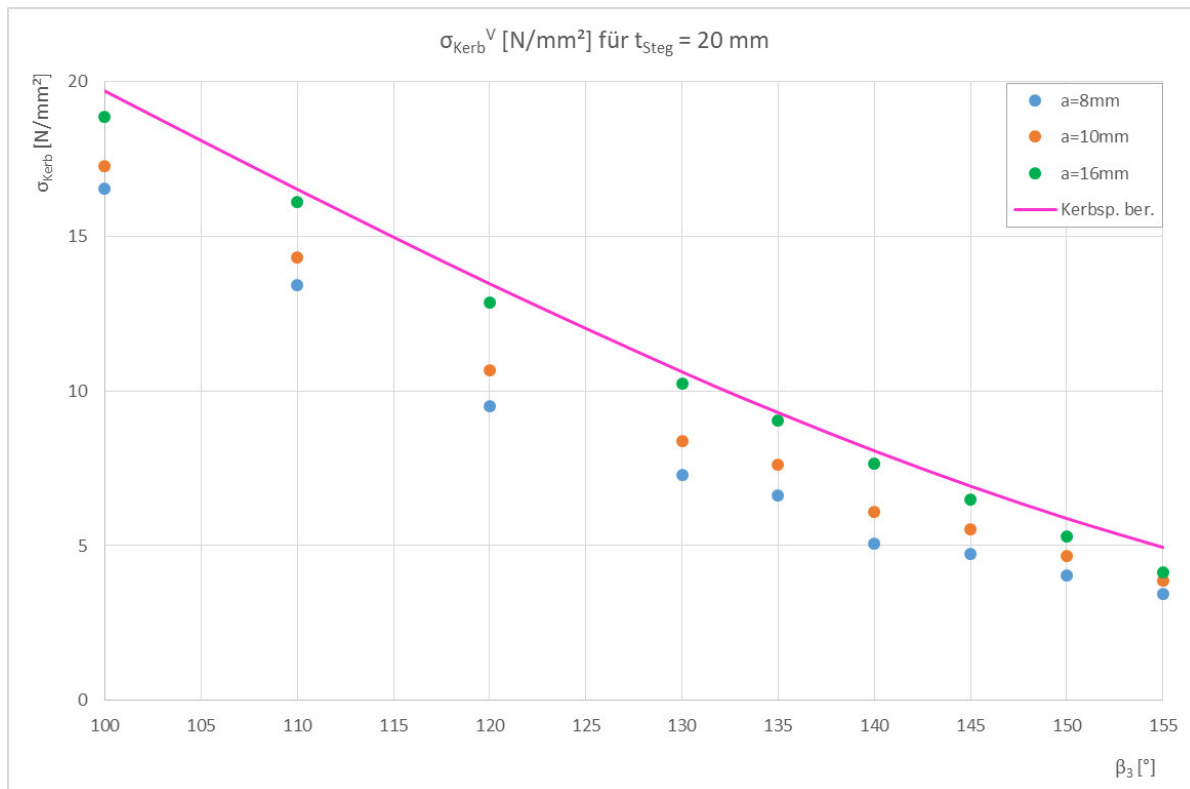


Abbildung 10-17: σ_{Kerb}^V für $t_{\text{Steg}} = 20$ mm

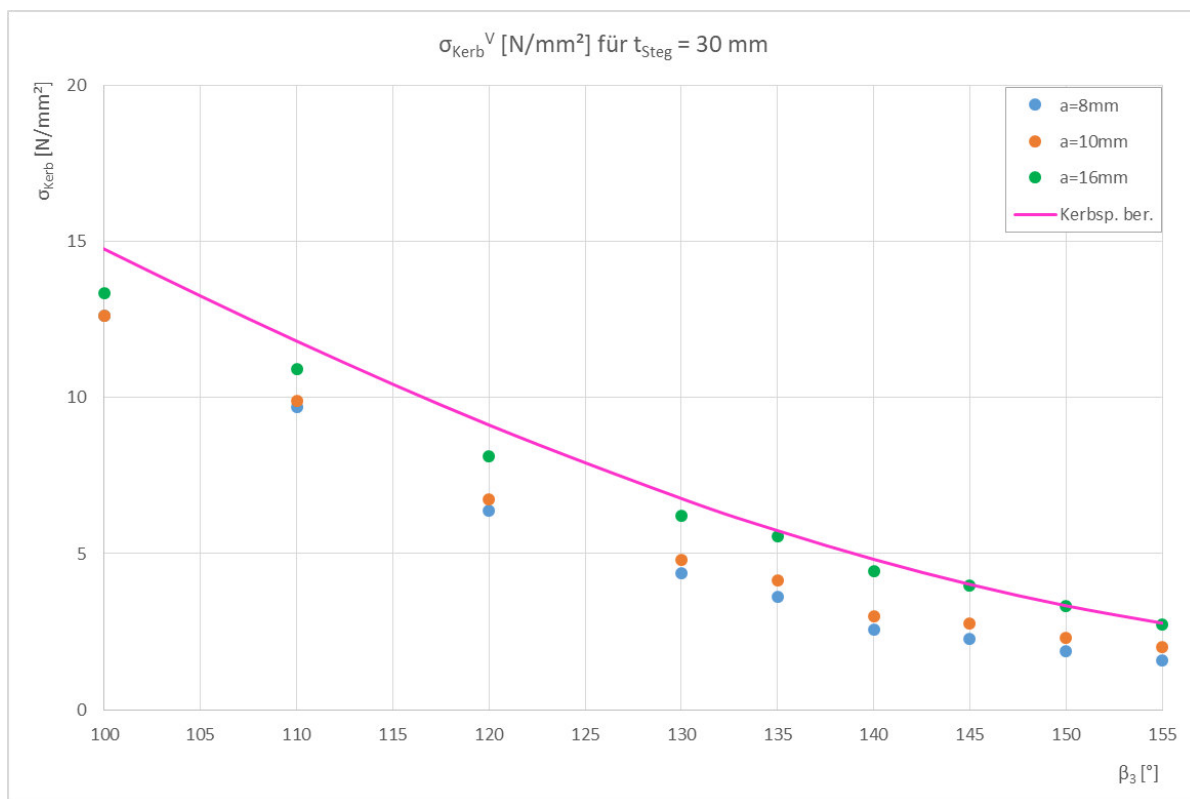


Abbildung 10-18: σ_{Kerb}^V für $t_{\text{Steg}} = 30$ mm

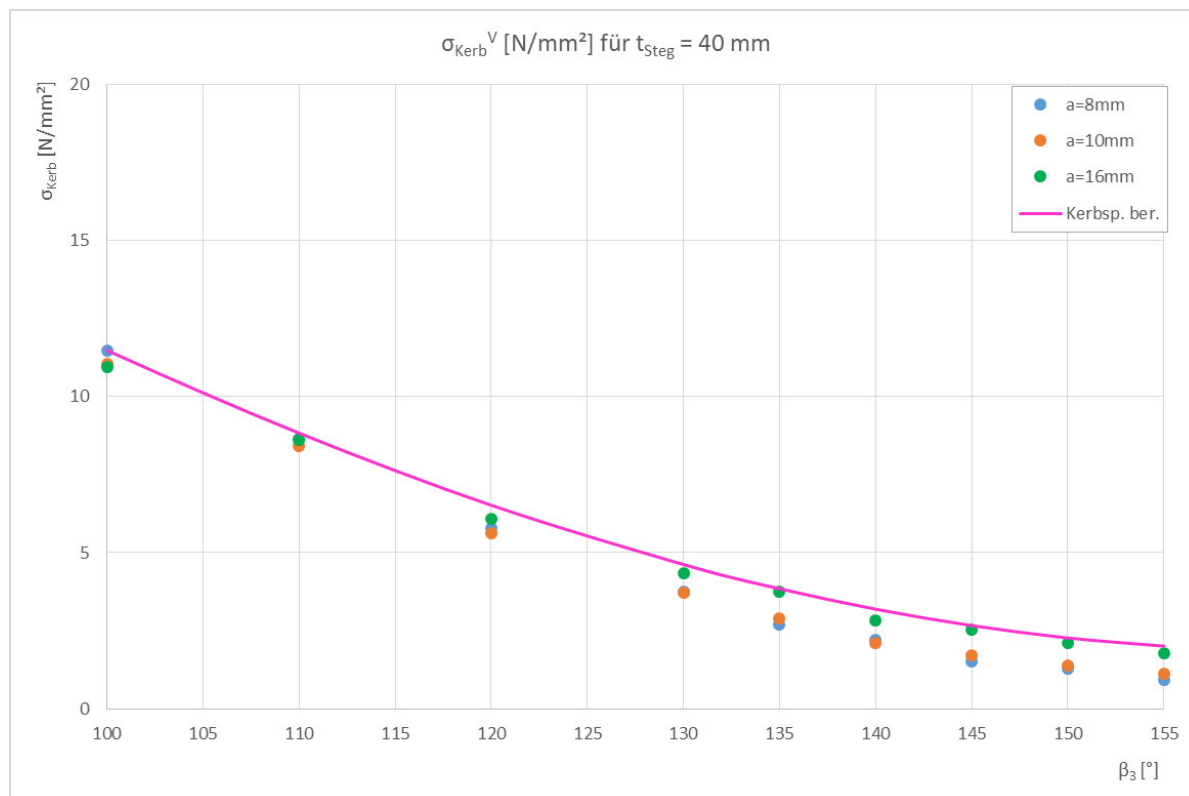


Abbildung 10-19: σ_{Kerb}^V für $t_{\text{Steg}} = 40$ mm

t_{Steg} [mm]	20	30	40
β_3 [°]	$\sigma_{\text{Kerb},V,\text{max}}$ bei $V = -50 \text{ kN/m}$ [N/mm ²]		
100	18,852	13,343	11,477
110	16,111	10,898	8,652
120	12,859	8,108	6,071
130	10,243	6,224	4,348
135	9,062	5,553	3,737
140	7,648	4,453	2,822
145	6,481	3,976	2,534
150	5,306	3,333	2,115
155	4,145	2,724	1,796
$\tau_{\text{Nenn},\text{max}}$ [N/mm ²]	3,75	2,5	1,875
t_{Steg} [mm]	20	30	40
β_3 [°]	Kerbfaktor (KF) [-]		
100	5,027	5,337	6,121
110	4,296	4,359	4,614
120	3,429	3,243	3,238
130	2,731	2,490	2,319
135	2,417	2,221	1,993
140	2,039	1,781	1,505
145	1,728	1,590	1,351
150	1,415	1,333	1,128
155	1,105	1,090	0,958
t_{Steg} [mm]	20	30	40
β_3 [°]	modifizierter Kerbfaktor (mod. KF) [1/mm]		
100	0,251	0,178	0,153
110	0,215	0,145	0,115
120	0,171	0,108	0,081
130	0,137	0,083	0,058
135	0,121	0,074	0,050
140	0,102	0,059	0,038
145	0,086	0,053	0,034
150	0,071	0,044	0,028
155	0,055	0,036	0,024

Tabelle 10-37: Umrechnen der Kerbspannungen auf die modifizierten Kerbfaktoren

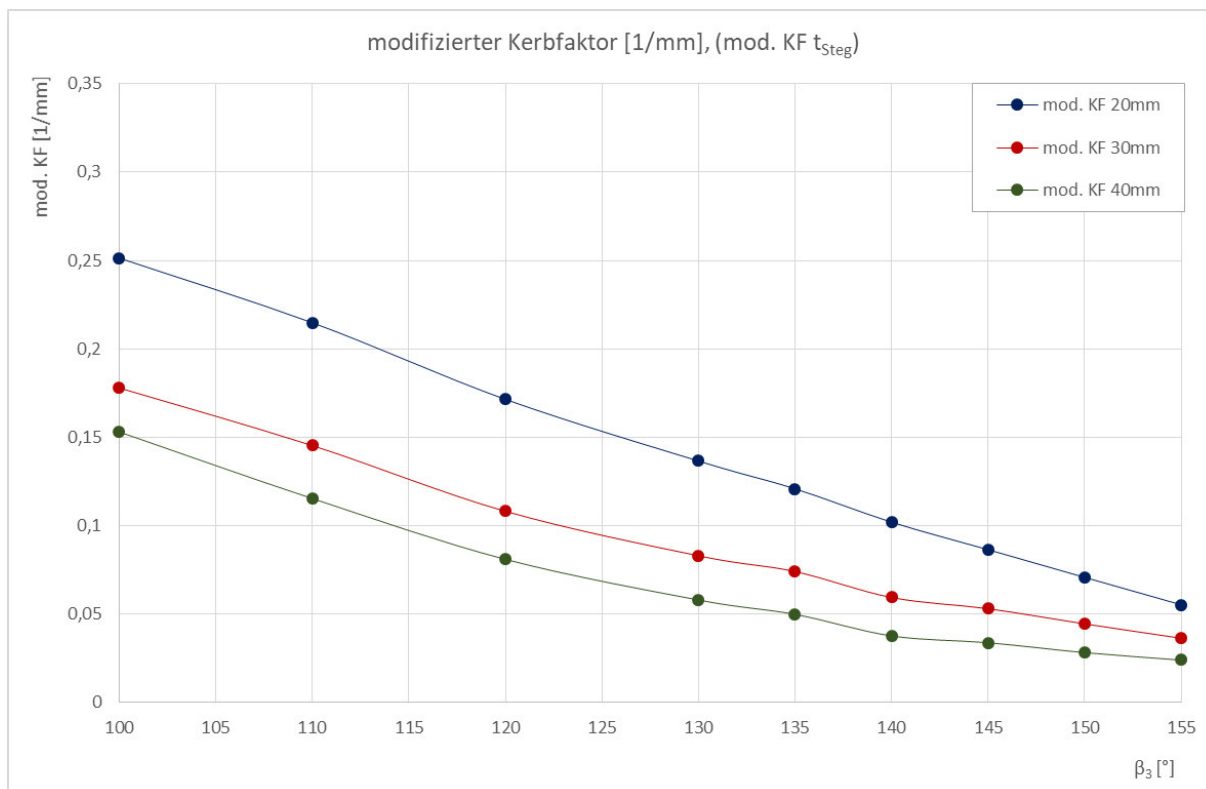


Abbildung 10-20: modifizierte Kerbfaktoren

In **Tabelle 10-37** wird der modifizierte Kerbfaktor (mod. KF) eingeführt.

$$\text{mod. KF} = \frac{\text{KF}}{t_{\text{Steg}}} \left[\frac{1}{\text{mm}} \right] \quad (10-15)$$

Nur mithilfe der modifizierten Kerbfaktoren ist es möglich, diese Punkte so in einem Diagramm (**Abbildung 10-20**) darzustellen, dass sie einzig durch die Variation von $\Delta\beta$ innerhalb des Gültigkeitsbereichs der Parameterstudie durch Kurven der Form:

$$\text{mod. } \mathcal{A}_{k,KS1}^V = \frac{\mathcal{A}_{k,KS1}^V}{t_{\text{Steg}}} = A * \cos(b * \beta_3 + \Delta\beta) + d \quad (10-16)$$

ausreichend genau angenähert werden können.

Zur Vereinfachung werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Werte A, b und d sind für alle Stegblechdicken t_{Steg} jeweils konstant. D.h. die einzige Änderung der Kurve ist eine Verschiebung entlang β_3 , beschrieben durch $\Delta\beta$
- $d = 1,1 * A$

aus der zweiten Annahme folgt:

$$\text{mod. } \mathcal{A}_{k,KS1}^V = A * [\cos(b * \beta_3 + \Delta\beta) + 1,1] \quad (10-17)$$

Zur Berechnung der Werte A, b und $\Delta\beta$ wird die Methode der kleinsten Quadrate herangezogen.

10.1.3.1 Berechnung der Eingangswerte

An dieser Stelle wird in den folgenden Tabellen zunächst nur auf die Eingangswerte, sowie auf die Spalten bis einschließlich „Abw.²“ eingegangen.

- Eintragen der modifizierten Kerbfaktoren aus **Tabelle 10-37** in **Tabelle 10-38** bis **Tabelle 10-40** (Spalte **mod. KF [1/mm]**).
- In Spalte **mod. KF-Modell [1/mm]** ist die Kosinus-Funktion (10-17) mit zu Anfang beliebig gewählten Zahlenwerten für $A_{ber.}$, $b_{ber.}$ und $\Delta\beta_{ber.}$ einprogrammiert. Die vorhin beschriebenen Vereinfachungen werden dabei berücksichtigt.
- In der Spalte **Abw.²** wird die Differenz **mod. KF** zu **mod. KF-Modell** gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen Σ **Abw.²** wird gebildet.
- Diese Summen aus **Tabelle 10-38** bis **Tabelle 10-40** werden aufsummiert $\Sigma(\Sigma$ **Abw.²).**
- Im Solver von Microsoft Excel wird das Ziel $\Sigma(\Sigma$ **Abw.²) soll minimal werden festgelegt, dabei sollen die Eingangswerte $A_{ber.}$, $b_{ber.}$ und $\Delta\beta_{ber.}$ variiert werden, bis das Ziel erreicht ist.**

Die Werte mit grauer Schrift in den folgenden Tabellen liegen außerhalb des Gültigkeitsbereichs der Parameterstudie.

Eingangswerte						
$A_{ber.}$	0,242	[1/mm]	berechnet			
$b_{ber.}$	0,987	[-]	berechnet			
$\Delta\beta_{ber.}$	-0,092	[rad]	berechnet			
$d_{ber.}$	0,266	[1/mm]	= $A_{ber.} * 1,1$			
Endwerte						
A	0,250	[1/mm]	gewählt			
b	0,98	[-]	gewählt			
$\Delta\beta_{fin}(t_{Steg})$	-5,162	[°]	Tabelle 10-41			
$\Delta\beta_{fin}(t_{Steg})$	-0,090	[rad]				
d	0,275	[1/mm]	= $A_{fin} * 1,1$			
t_{Steg} [mm]	20					
β_3 [°]	β_3 [rad]	mod. KF [1/mm]	mod. KF-Mode [1/mm]	Abw. ²	mod. KF _{fin} [1/mm]	
90	1,571	...	0,293	...	0,305	
100	1,745	0,251	0,251	3,5323E-08	0,263	
110	1,920	0,215	0,210	2,27651E-05	0,220	
120	2,094	0,171	0,171	7,95295E-07	0,180	
130	2,269	0,137	0,134	7,14745E-06	0,142	
135	2,356	0,121	0,117	1,48771E-05	0,124	
140	2,443	0,102	0,101	6,89659E-07	0,108	
145	2,531	0,086	0,087	1,53341E-08	0,092	
150	2,618	0,071	0,073	6,32083E-06	0,078	
155	2,705	0,055	0,061	3,77682E-05	0,066	
170	2,967	...	0,035	...	0,038	
180	3,142	...	0,026	...	0,028	
Σ Abw. ²				9,04143E-05		

Tabelle 10-38: Ermittlung der Funktionswerte von $\text{mod. } \mathcal{A}_{k,ks1}^V$ (\triangleq mod. KF_{fin}) für $t_{Steg} = 20$ mm

Eingangswerte					
$A_{ber.}$	0,242	[1/mm]	berechnet		
$b_{ber.}$	0,987	[-]	berechnet		
$\Delta\beta_{ber.}$	0,177	[rad]	berechnet		
$d_{ber.}$	0,266	[1/mm]	= $A_{ber.} * 1,1$		
Endwerte					
A	0,250	[1/mm]	gewählt		
b	0,98	[-]	gewählt		
$\Delta\beta_{fin}(t_{Steg})$	10,246	[°]	Tabelle 10-41		
$\Delta\beta_{fin}(t_{Steg})$	0,179	[rad]			
d	0,275	[1/mm]	= $A_{fin} * 1,1$		
t_{Steg} [mm]	30				
β_3 [°]	β_3 [rad]	mod. KF [1/mm]	mod. KF-Mode [1/mm]	Abw. ²	mod. KF _{fin} [1/mm]
90	1,571	...	0,228	...	0,238
100	1,745	0,178	0,188	9,23701E-05	0,197
110	1,920	0,145	0,149	1,74678E-05	0,157
120	2,094	0,108	0,115	4,61178E-05	0,122
130	2,269	0,083	0,085	3,20437E-06	0,090
135	2,356	0,074	0,072	5,58705E-06	0,077
140	2,443	0,059	0,060	4,12317E-07	0,064
145	2,531	0,053	0,050	9,81347E-06	0,054
150	2,618	0,044	0,041	9,56546E-06	0,044
155	2,705	0,036	0,034	3,39196E-06	0,037
170	2,967	...	0,024	...	0,025
180	3,142	...	0,026	...	0,027
Σ Abw. ²				0,00018793	

Tabelle 10-39: Ermittlung der Funktionswerte von $\text{mod. } \mathcal{A}_{k,ksi}^V$ ($\triangleq \text{mod. KF}_{fin}$) für $t_{Steg} = 30\text{mm}$

Eingangswerte							
$A_{ber.}$	0,242	[1/mm]	berechnet			-	-
$b_{ber.}$	0,987	[-]	berechnet			-	-
$\Delta\beta_{ber.}$	0,369	[rad]	berechnet			-	-
$d_{ber.}$	0,266	[1/mm]	$=A_{ber.} * 1,1$			-	-
Endwerte							
A	0,250	[1/mm]	gewählt			0,250	0,250
b	0,98	[-]	gewählt			0,98	0,98
$\Delta\beta_{fin}(t_{Steg})$	21,177	[°]	Tabelle 10-41			3,317	16,103
$\Delta\beta_{fin}(t_{Steg})$	0,370	[rad]				0,058	0,281
d	0,275	[1/mm]		$=A_{fin} * 1,1$			0,275	0,275
t_{Steg} [mm]	40					25	35
β_3 [°]	β_3 [rad]	mod. KF [1/mm]	mod. KF-Mode [1/mm]	Abw. ²	mod. KF _{fin} [1/mm]	mod. KF _{fin} [1/mm]	mod. KF _{fin} [1/mm]
90	1,571	...	0,183	...	0,192	0,268	0,213
100	1,745	0,153	0,146	5,63172E-05	0,153	0,226	0,173
110	1,920	0,115	0,111	1,58889E-05	0,118	0,185	0,136
120	2,094	0,081	0,082	7,23925E-07	0,087	0,147	0,102
130	2,269	0,058	0,058	9,26296E-08	0,062	0,112	0,074
135	2,356	0,050	0,048	3,79761E-06	0,051	0,096	0,062
140	2,443	0,038	0,040	4,31111E-06	0,043	0,082	0,052
145	2,531	0,034	0,033	3,38538E-07	0,036	0,069	0,043
150	2,618	0,028	0,028	5,3659E-08	0,030	0,058	0,036
155	2,705	0,024	0,025	2,16732E-06	0,027	0,048	0,030
170	2,967	...	0,027	...	0,027	0,029	0,025
180	3,142	...	0,037	...	0,037	0,025	0,031
Σ Abw. ²				8,36909E-05			
$\Sigma(\Sigma$ Abw. ²)				0,000362036			

Tabelle 10-40: Ermittlung der Funktionswerte von $\text{mod. } \mathcal{A}_{k,ksi}^V$ ($\triangleq \text{mod. KF}_{fin}$) für $t_{Steg} = 40\text{mm}$, $t_{Steg} = 25\text{mm}$, $t_{Steg} = 35\text{mm}$; berechnen von $\Sigma(\Sigma \text{ Abw.}^2)$

Zur Berechnung von $\Delta\beta$ wird der Ansatz:

$$\Delta\beta = \theta * \ln(t_{Steg}) + \omega \quad (10-18)$$

gewählt.

In **Tabelle 10-41** erfolgt die Auffindung der Eingangswerte $\theta_{ber.}$ und $\omega_{ber.}$ erneut nach der Methode der kleinsten Quadrate. Die Zahlenwerte für $\Delta\beta_{ber.}$ aus den Tabellen oberhalb werden zunächst vom Bogenmaß in Altgrad umgerechnet. Dann erst können die Spalten **$\Delta\beta$ -Modell** mit dem Ansatz aus **(10-18)** und **Abw.²** gebildet werden.

Eingangswerte		
$\theta_{\text{ber.}}$	38,068	berechnet
$\omega_{\text{ber.}}$	-119,313	berechnet
Endwerte		
θ_{fin}	38	gewählt
ω_{fin}	-119	gewählt

t_{steg} [mm]	$\Delta\beta_{\text{ber.}}$ [rad]	$\Delta\beta_{\text{ber.}}$ [°]	$\Delta\beta$ -Modell [°]	Abw. ²	$\Delta\beta_{\text{fin}}(t_{\text{steg}})$ [°]
20	-0,092	-5,272	-5,273	4,18653E-08	-5,162
25	...	...	3,222	...	3,317
30	0,177	10,163	10,163	4,78181E-07	10,246
35	...	...	16,031	...	16,103
40	0,369	21,114	21,114	5,25965E-08	21,177
Σ Abw. ²				5,72643E-07	

Tabelle 10-41: Ermittlung der Funktionswerte $\Delta\beta_{\text{fin}}$

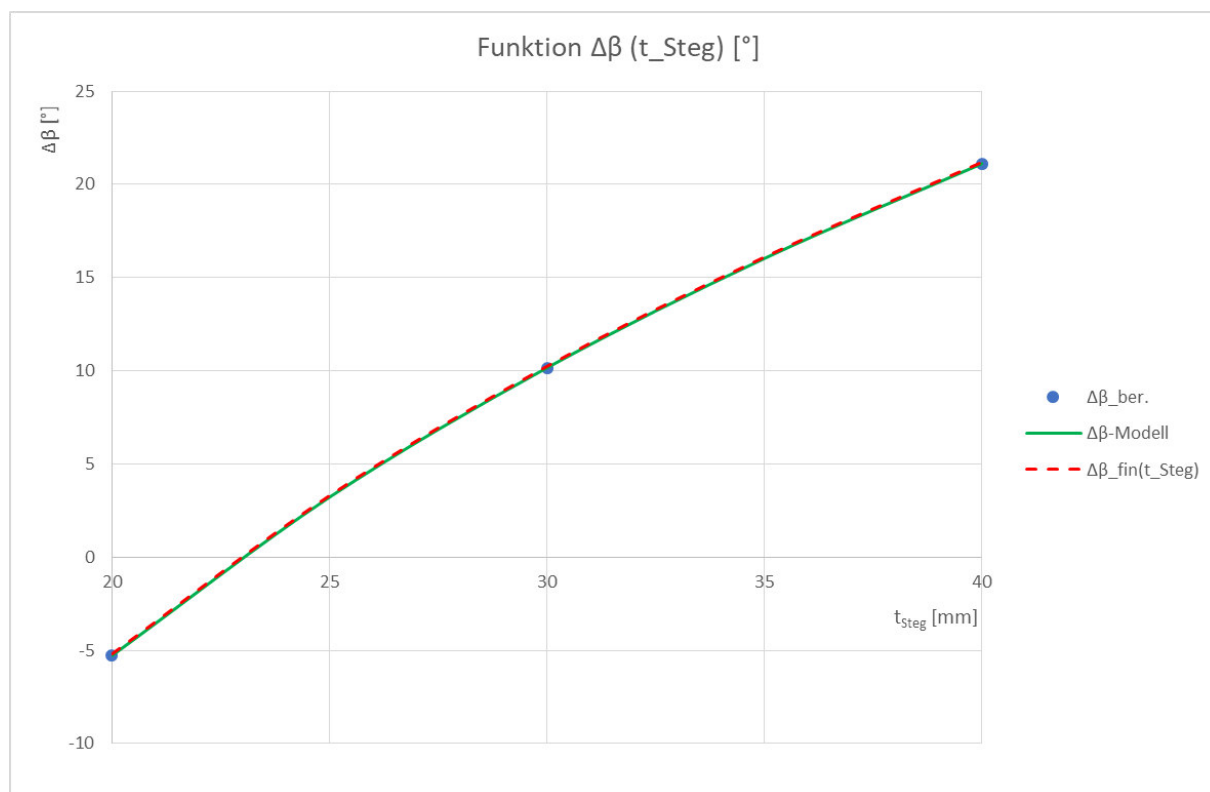


Abbildung 10-21

10.1.3.2 Wahl der Endwerte

- Wählen der Endwerte θ_{fin} und ω_{fin} .
- Es ergibt sich die Funktion $\Delta\beta_{\text{fin}}(t_{\text{steg}})$, deren Funktionswerte in der gleichnamigen Spalte in **Tabelle 10-41** zu finden sind.
- $\Delta\beta_{\text{fin}}(t_{\text{steg}})$ wird in die Endwerte in **Tabelle 10-38** bis **Tabelle 10-40** eingesetzt und für die weitere Excel-Rechnung wieder ins Bogenmaß transformiert.
- **A** und **b** werden für jede Stegblechdicke konstant gewählt, **d** ergibt sich aus **A**.

- Einsetzen der Endwerte in die Kerbfunktion **mod.** $\mathcal{A}_{k,ks1}^V$, es ergibt sich **mod.** \mathbf{KF}_{fin} (siehe **Tabelle 10-38** bis **Tabelle 10-40** und **Abbildung 10-22**). Die endgültigen Kerbfaktoren **mod.** \mathbf{KF}_{fin} sind also Funktionswerte der modifizierten Kerbfunktion (siehe **(10-15)** und **(10-16)**).

Die Kerbspannungen zufolge Querkraftbelastung sind nur von t_{steg} und von β_3 (in Altgrad) abhängig. Durch Multiplikation von **mod.** $\mathcal{A}_{k,ks1}^V$ mit der Stegblechdicke ergibt sich die endgültige Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks1}^V$. Wird diese wiederum mit der maximalen Schubspannung im Stegblech multipliziert, erhält man die Kerbspannung:

$$\begin{aligned} \sigma_{Kerb}^V &= \tau_{Nenn,max} * t_{Steg} * \left[A * \cos \left(b * \beta_3 + (\theta * \ln(t_{Steg}) + \omega) \right) + A * 1,1 \right] \\ \sigma_{Kerb}^V &= \tau_{Nenn,max} * \\ t_{Steg} * &\left[0,25 * \cos \left(0,98 * \beta_3 + (38 * \ln(t_{Steg}) - 119) \right) + 0,275 \right] \end{aligned} \quad (10-19)$$

Das Vorzeichen der Schubspannung $\tau_{Nenn,max}$ entspricht dem Vorzeichen der Kerbspannung σ_{Kerb}^V .

Die Schubspannung errechnet sich nach der Formel:

$$\tau_{Nenn,max} = - \frac{V * S}{I * t} \quad (10-20^{13})$$

Es gilt die Merkregel: positive Querkraftkraft nach der Definition in Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. führt zu einer negativen, maximalen Schubspannung im Stegblech an der kritischen Stelle 1 und daher zu einer negativen effektiven Kerbspannung und umgekehrt.

¹³ vgl. Fink, 2006, S.5.1/15

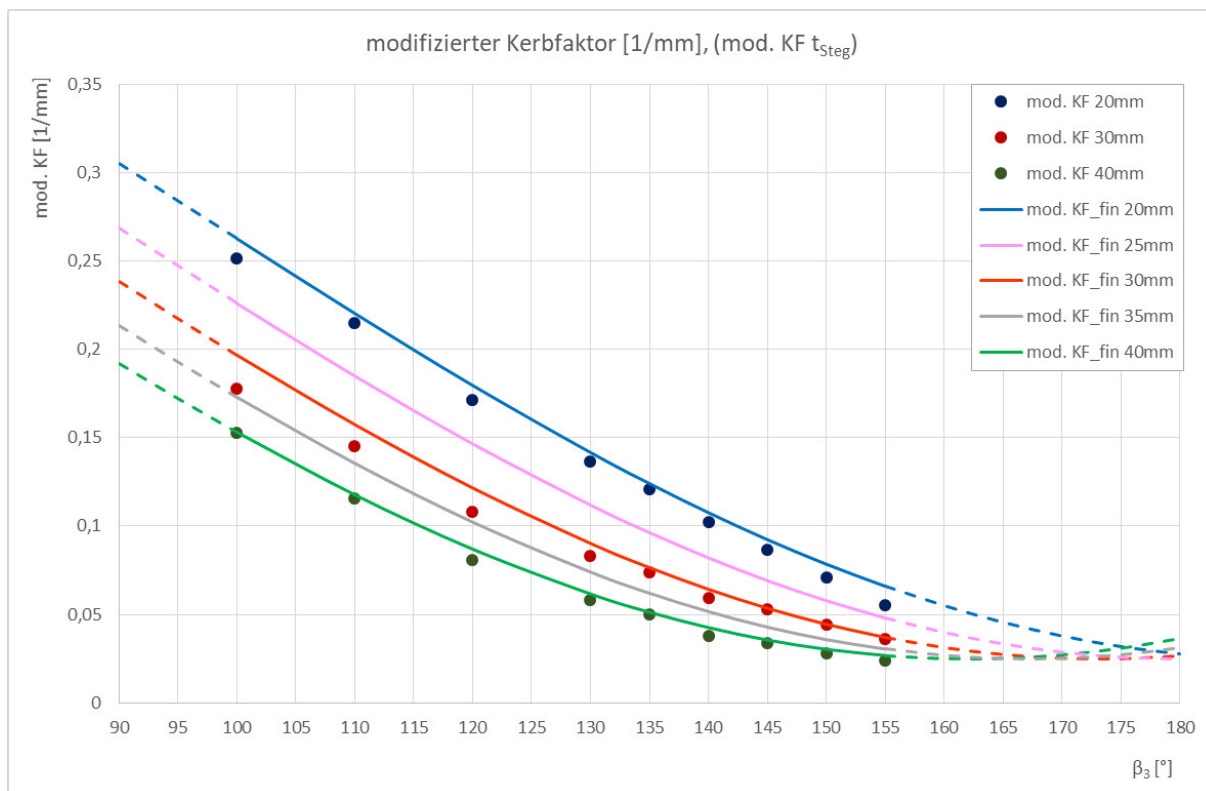


Abbildung 10-22: Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ksi}^V$ (\cong mod. KF_fin) im Vergleich mit den ausgelesenen modifizierten Kerbfaktoren

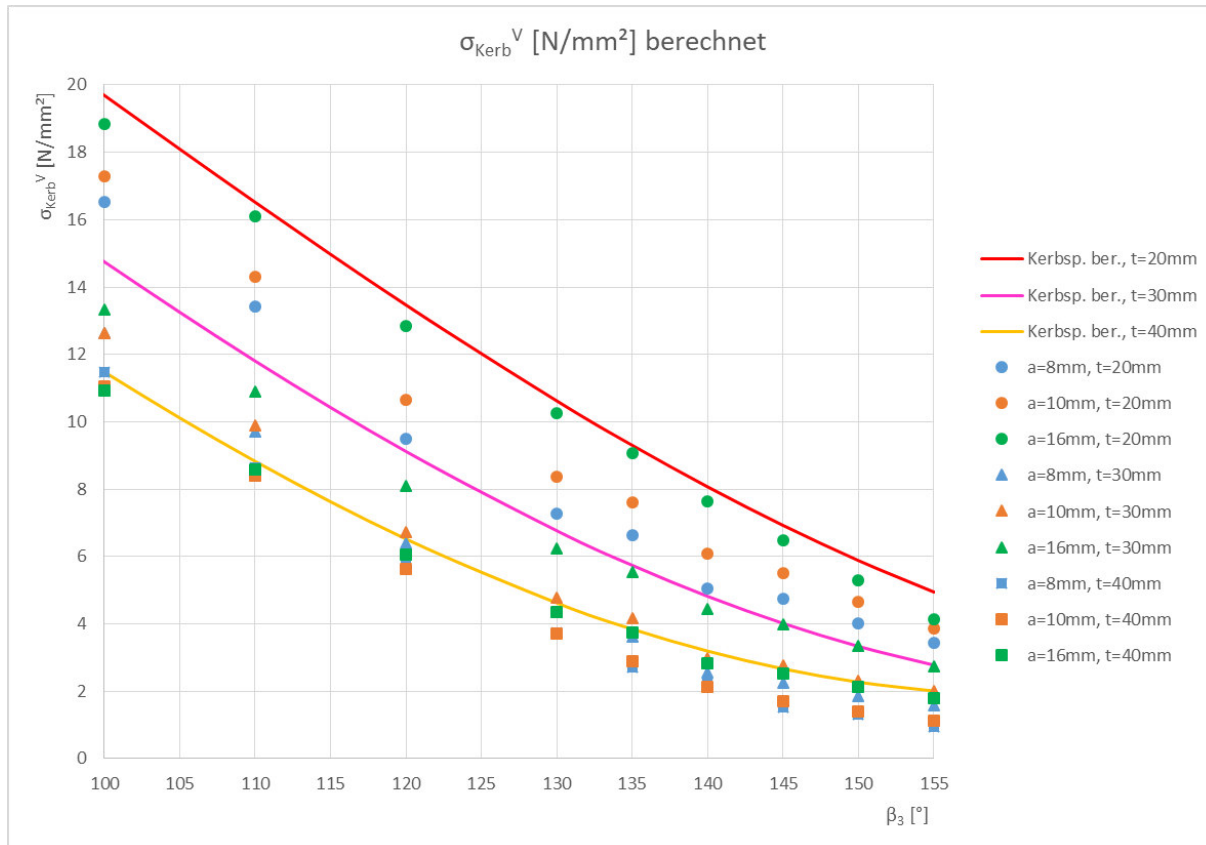


Abbildung 10-23: Berechnete Kerbspannung nach (10-19) im Vergleich mit den ausgelesenen Kerbspannungen

10.2 Kritische Stelle 2

10.2.1 Kerbfunktion bei reiner Normalkraftbelastung

In **Tabelle 10-42** bis **Tabelle 10-44** sind die Kerbspannungen $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N}}$ zufolge reiner Normalkraftbelastung bei einer Stegblechdicke von 30 mm eingetragen. Die Normalkraft bewegt sich dabei zwischen -300 und 300 kN/m (das entspricht $\sigma_{\text{Nenn}}^{\text{N}}$ zwischen -10 und 10 N/mm²). Da linear elastisches Materialverhalten vorliegt, wäre es zum Errechnen eines Kerbfaktors ausreichend, die Kerbspannung bei nur einem Normalkraftwert zu ermitteln. Im nachfolgenden **Kapitel 10.2.2** bei der Berechnung der Kerbfunktion zufolge Momentenbelastung werden jedoch die Kerbspannungen bei mehreren Normalkraftwerten im betrachteten Intervall benötigt, da die Kerbspannung $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}}$ (zufolge Moment) unter anderem von der Größe der Normalkraft abhängt.

Wie bereits in **Kapitel 9.1** beschrieben, gibt es an dem Loch mit dem Kerbradius von 1 mm, welches die Schweißnahtwurzel repräsentiert, zu einer bestimmten Schnittgröße immer zwei Spannungsspitzen, eine mit positivem und eine mit negativem Vorzeichen. Unabhängig der örtlichen Lage der Spannungsmaxima bzw. -minima im Modell werden diese in den Tabellen in eine Spalte „positiv“ oder „negativ“ einsortiert. In weiterer Folge wird immer nur die betragsmäßig größte Kerbspannung berücksichtigt.

An der kritischen Stelle 1 ist der Winkel β_3 von entscheidender Bedeutung. Dieser Einfluss ist bei der kritischen Stelle 2 nicht mehr festzustellen. In den nachfolgenden Tabellen ist dieser Umstand durch den Winkel β_1 (zwischen Schweißnahtoberfläche und Fahrbahnoberfläche) dargestellt (siehe **Kapitel 9.2**). Dafür ist der Stegblechneigungswinkel α zu berücksichtigen.

In diesem Kapitel sind lediglich die Kerbspannungen für $t_{\text{Steg}} = 30$ mm in den Tabellen vorzufinden. Ergänzend sind die $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N}}$ für $t_{\text{Steg}} = 20$ mm und 40 mm dem **0** zu entnehmen.

t _{steg} =30mm, α=90°								
a _{oben} =8mm	β ₁ [°]		135		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	131,491	-156,861	133,091	-160,613	129,087	-157,596
	-120	-4	52,596	-62,744	53,236	-64,245	51,635	-63,038
	-30	-1	13,149	-15,686	13,309	-16,061	12,909	-15,760
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	30	1	15,686	-13,149	16,061	-13,309	15,760	-12,909
	120	4	62,745	-52,596	64,245	-53,236	63,038	-51,635
	300	10	156,863	-131,490	160,613	-133,090	157,595	-129,088

a _{oben} =10mm	β ₁ [°]		135		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	118,180	-145,168	118,702	-147,749	115,231	-145,476
	-120	-4	47,272	-58,067	47,481	-59,100	46,092	-58,190
	-30	-1	11,818	-14,517	11,870	-14,775	11,523	-14,548
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	30	1	14,517	-11,818	14,775	-11,870	14,548	-11,523
	120	4	58,067	-47,272	59,100	-47,481	58,190	-46,093
	300	10	145,168	-118,180	147,750	-118,703	145,475	-115,233

a _{oben} =13mm	β ₁ [°]		135		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	...	...	104,479	-136,251	...	...
	-120	-4	...	...	41,792	-54,500	...	...
	-30	-1	...	...	10,448	-13,625	...	...
	0	0	...	...	0,000	0,000	...	...
	30	1	...	...	13,625	-10,448	...	...
	120	4	...	...	54,500	-41,792	...	...
	300	10	...	...	136,250	-104,480	...	...

a _{oben} =16mm	β ₁ [°]		135		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	96,665	-129,347	94,850	-129,977	91,858	-127,147
	-120	-4	38,666	-51,739	37,940	-51,991	36,743	-50,859
	-30	-1	9,667	-12,935	9,485	-12,998	9,186	-12,715
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	30	1	12,935	-9,667	12,908	-9,485	12,715	-9,186
	120	4	51,739	-38,666	51,631	-37,940	50,859	-36,743
	300	10	129,348	-96,665	129,078	-94,850	127,148	-91,858

Tabelle 10-42: σ_{Kerb}^N für t_{steg} = 30mm und α = 90°

t _{Steg} =30mm, α=110°								
a _{oben} =8mm	β ₁ [°]		145		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	116,473	-128,357	123,763	-135,486	125,258	-137,952
	-120	-4	46,589	-51,343	49,505	-54,194	50,103	-55,181
	-30	-1	11,647	-12,836	12,376	-13,549	12,526	-13,795
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	30	1	12,836	-11,647	13,549	-12,376	13,795	-12,526
	120	4	51,343	-46,589	54,195	-49,505	55,181	-50,103
	300	10	128,358	-116,473	135,488	-123,763	137,953	-125,258

a _{oben} =10mm	β ₁ [°]		145		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	105,122	-119,126	110,625	-124,742	111,730	-126,887
	-120	-4	42,049	-47,650	44,250	-49,897	44,692	-50,755
	-30	-1	10,512	-11,913	11,063	-12,474	11,173	-12,689
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	30	1	11,913	-10,512	12,474	-11,063	12,689	-11,173
	120	4	47,650	-42,049	49,897	-44,250	50,755	-44,692
	300	10	119,125	-105,123	124,743	-110,625	126,888	-111,730

a _{oben} =13mm	β ₁ [°]		145		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	...	...	...	...	98,438	-117,271
	-120	-4	...	...	...	...	39,375	-46,908
	-30	-1	...	...	...	...	9,844	-11,727
	0	0	...	...	...	...	0,000	0,000
	30	1	...	...	...	...	11,727	-9,844
	120	4	...	...	...	...	46,909	-39,375
	300	10	...	...	...	...	117,273	-98,438

a _{oben} =16mm	β ₁ [°]		145		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	87,745	-108,531	89,566	-111,011	89,500	-111,707
	-120	-4	35,098	-43,412	35,826	-44,404	35,800	-44,683
	-30	-1	8,775	-10,853	8,957	-11,101	8,950	-11,171
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	30	1	10,853	-8,775	11,101	-8,957	11,171	-8,950
	120	4	43,412	-35,098	44,405	-35,827	44,683	-35,800
	300	10	108,530	-87,745	111,013	-89,568	111,708	-89,500

Tabelle 10-43: σ_{Kerb}^N für t_{Steg} = 30mm und α = 110°

t _{Steg} =30mm, α=130°								
a _{oben} =8mm	β ₁ [°]		155		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	98,460	-93,686	102,000	-97,124	108,739	-102,700
	-120	-4	39,384	-37,474	40,800	-38,850	43,496	-41,080
	-30	-1	9,846	-9,369	10,200	-9,712	10,874	-10,270
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	30	1	9,369	-9,846	9,714	-10,200	10,270	-10,874
	120	4	37,474	-39,384	38,854	-40,800	41,080	-43,496
	300	10	93,685	-98,460	97,135	-102,000	102,700	-108,740

a _{oben} =10mm	β ₁ [°]		155		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	89,295	-88,211	91,661	-90,846	96,939	-95,343
	-120	-4	35,718	-35,284	36,664	-36,338	38,776	-38,137
	-30	-1	8,930	-8,821	9,166	-9,085	9,694	-9,534
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	30	1	8,821	-8,930	9,085	-9,166	9,534	-9,694
	120	4	35,284	-35,718	36,339	-36,665	38,137	-38,776
	300	10	88,210	-89,295	90,848	-91,663	95,343	-96,940

a _{oben} =13mm	β ₁ [°]		155		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	...	...	...	...	85,903	-90,230
	-120	-4	...	...	...	...	34,361	-36,092
	-30	-1	...	...	...	...	8,590	-9,023
	0	0	...	...	...	...	0,000	0,000
	30	1	...	...	...	...	9,023	-8,590
	120	4	...	...	...	...	36,092	-34,361
	300	10	...	...	...	...	90,230	-85,903

a _{oben} =16mm	β ₁ [°]		155		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	76,184	-85,053	76,922	-86,164	79,064	-88,071
	-120	-4	30,474	-34,021	30,769	-34,466	31,626	-35,228
	-30	-1	7,618	-8,505	7,692	-8,616	7,906	-8,807
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	30	1	8,505	-7,619	8,617	-7,692	8,807	-7,907
	120	4	34,021	-30,474	34,466	-30,769	35,228	-31,626
	300	10	85,053	-76,185	86,165	-76,923	88,070	-79,065

Tabelle 10-44: σ_{Kerb}^N für t_{Steg} = 30mm und α = 130°

In **Abbildung 10-24**, **Abbildung 10-25** und **Abbildung 10-26** sind die eingetragenen Kerbspannungen der oben angeführten Tabellen dargestellt. Die durchgezogenen Linien (σ_{Kerb.ber.}) sind ein Vorgriff und stellen die rückgerechneten Kerbspannungen mittels der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks2}^N$ (Index ks2→kritische Stelle 2). Siehe Formeln (10-21), (10-23) und (10-30).

In den Diagrammen kann man erkennen, dass zu jeder eingepprägten Normalkraft eine positive und eine negative Kerbspannung existieren.

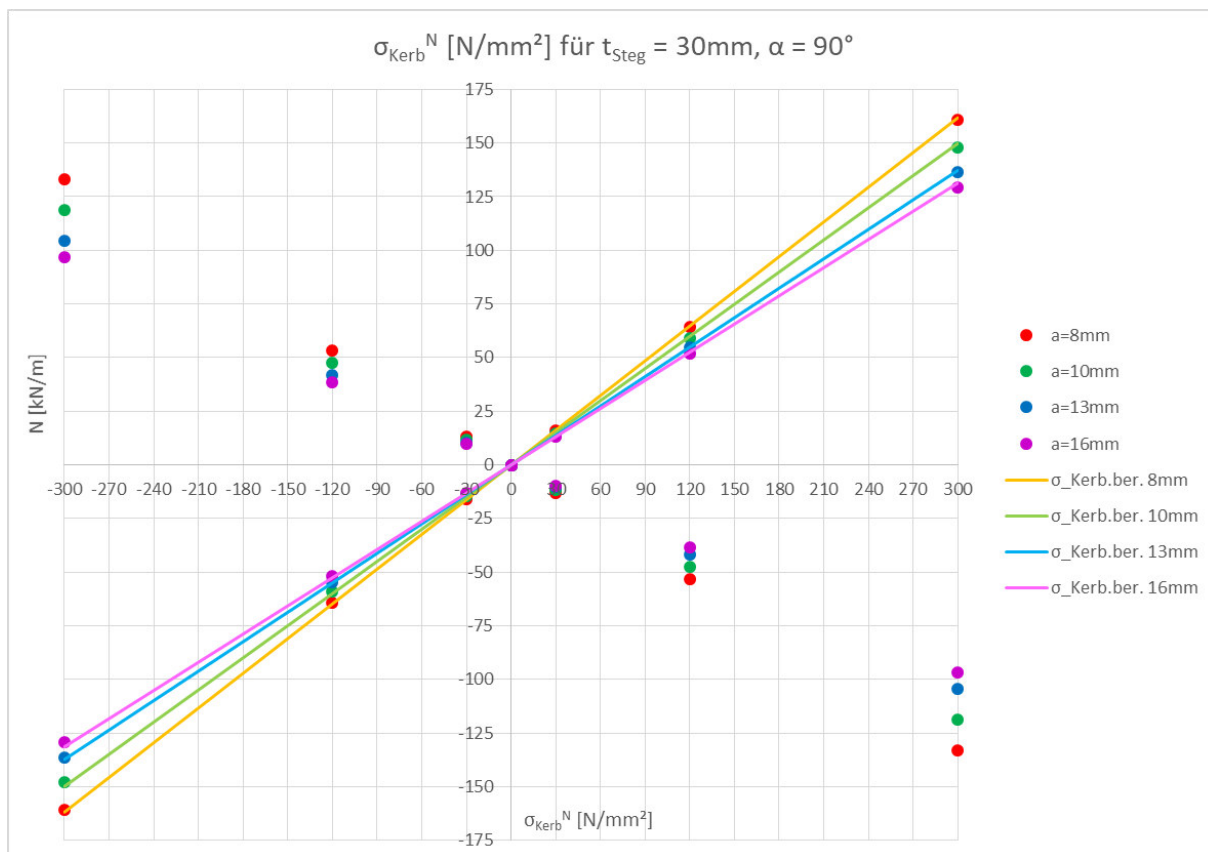


Abbildung 10-24: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}$ und $\alpha = 90^\circ$

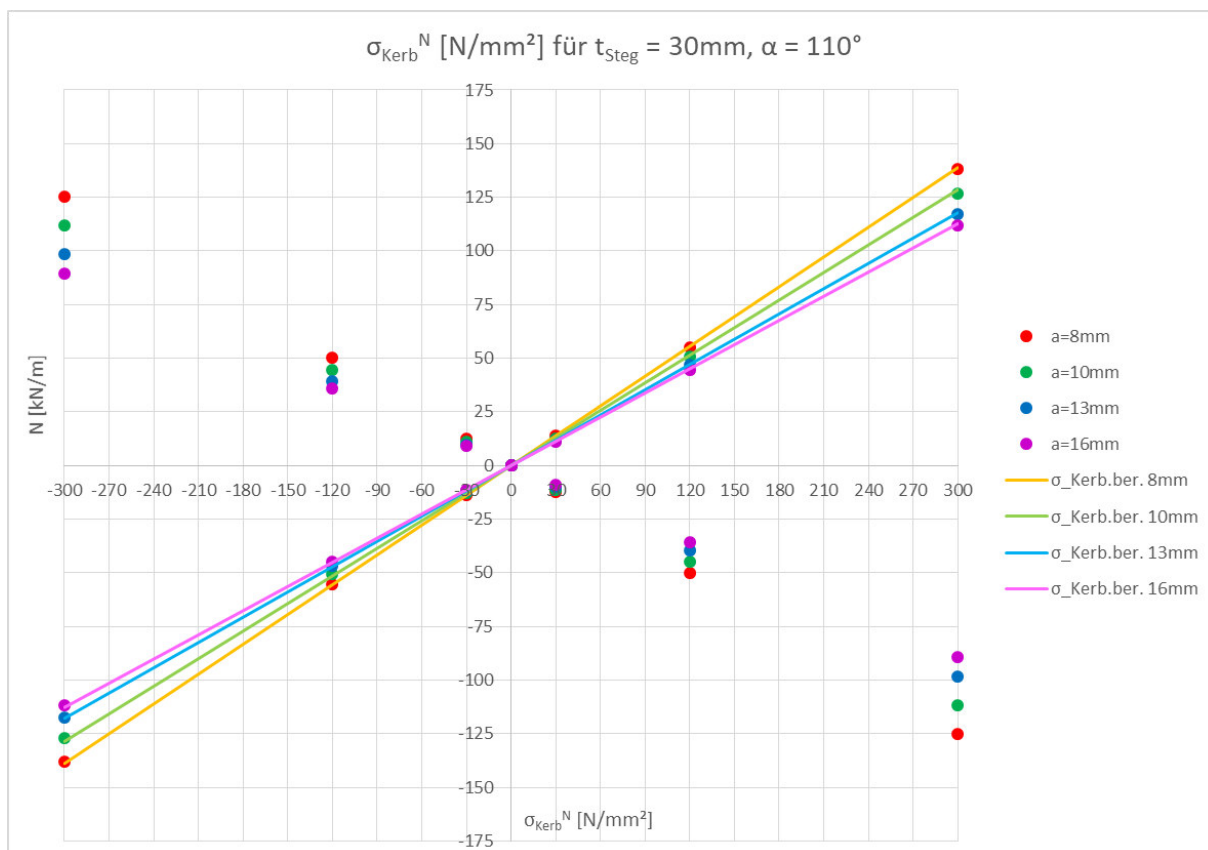


Abbildung 10-25: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}$ und $\alpha = 110^\circ$

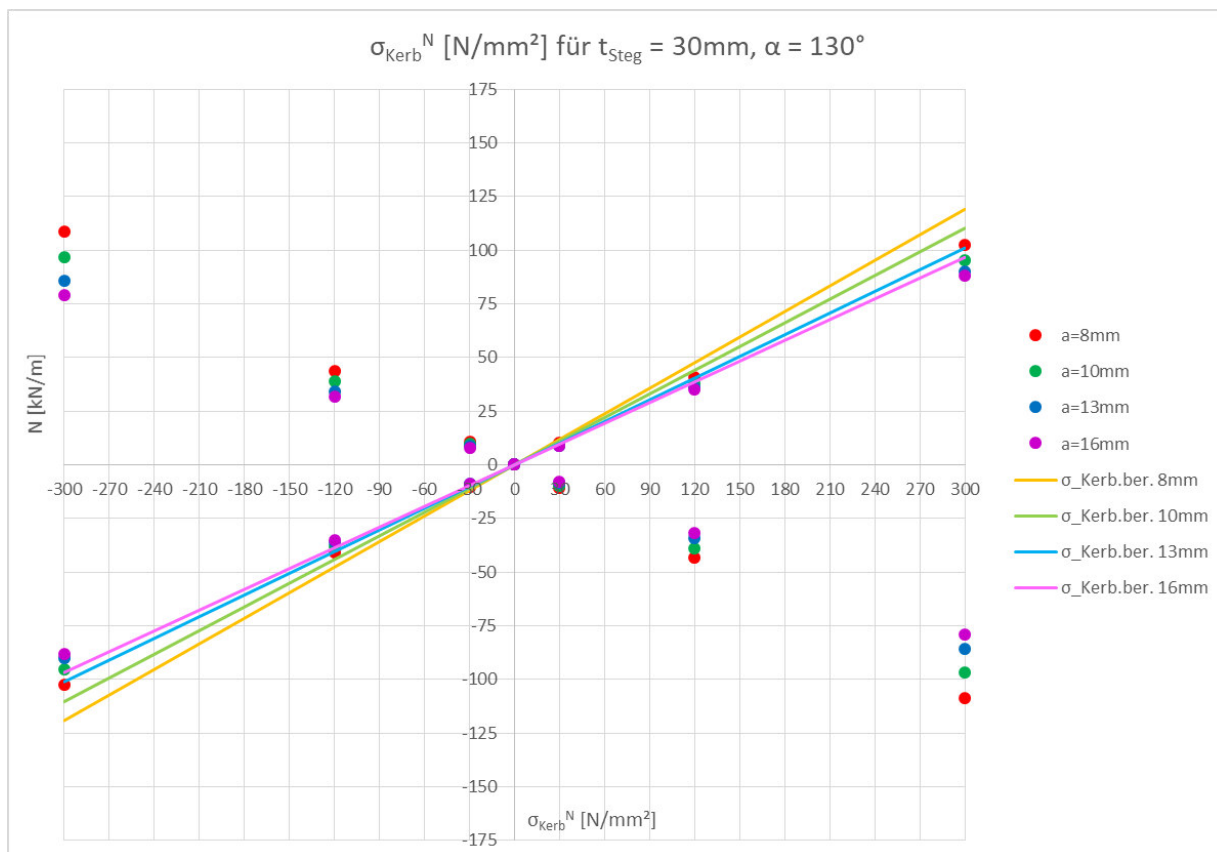


Abbildung 10-26: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}$ und $\alpha = 130^\circ$

In **Tabelle 10-45** bis **Tabelle 10-47** ist im oberen Tabellenblock jeweils der Kerbfaktor eingetragen. Der Einfluss von β_1 bzw. β_3 ist vernachlässigbar klein, der maßgebende Kerbfaktor errechnet sich aus dem Maximalwert der Kerbspannungen bezüglich β_1 (siehe blau hinterlegte Zellen in **Tabelle 10-42** bis **Tabelle 10-44**).

Üblicherweise bestimmt man den Kerbfaktor indem man σ_{Kerb} durch σ_{Nenn} dividiert. Bei genauerer Betrachtung des Verformungsmechanismus dieses Details erkennt man, dass die Kerbspannung zufolge Normalkraft an der Schweißnahtwurzel aus der Verschiebung des Stegblechs in dessen axialer Richtung resultiert. Daraus lässt sich schließen, dass nicht die Nennspannung σ_{Nenn}^N im Regelbereich als Ausgangswert zur Ermittlung von σ_{Kerb}^N heranzuziehen ist, sondern die Normalkraft.

Der Zahlenwert des bereits ermittelten dimensionslosen Kerbfaktors entspricht der Kerbspannung σ_{Kerb}^N bei einer bestimmten einwirkenden Normalkraft:

- $t_{\text{Steg}} = 20\text{ mm}$: $\text{KF} \triangleq \sigma_{\text{Kerb}}^N [\text{kN/cm}^2]$ bei $N = 200 [\text{kN/m}]$
- $t_{\text{Steg}} = 30\text{ mm}$: $\text{KF} \triangleq \sigma_{\text{Kerb}}^N [\text{kN/cm}^2]$ bei $N = 300 [\text{kN/m}]$
- $t_{\text{Steg}} = 40\text{ mm}$: $\text{KF} \triangleq \sigma_{\text{Kerb}}^N [\text{kN/cm}^2]$ bei $N = 400 [\text{kN/m}]$

Mit dieser Erkenntnis wird im unteren Tabellenblock von **Tabelle 10-45** bis **Tabelle 10-47** ein modifizierter Kerbfaktor (mod. KF) eingeführt, der sich auf die zugehörige Normalkraft bezieht.

$$\text{mod. KF} = \frac{\sigma_{\text{Kerb}}^N [\text{kN/cm}^2]}{N [\text{kN/m}]} * t_{\text{Steg}} [\text{mm}]^{\text{Exponent}} \quad (10-21)$$

$$\text{Exponent} = 0,00225 * \alpha[^\circ] + 1,7975 \quad (10-22)$$

Da der gewählte Exponent eine Geradenfunktion ist, welche von α abhängt, kann man dem modifizierten Kerbfaktor keine Einheit zuordnen.

Betrachtet man die mod. KF in **Tabelle 10-45** bis **Tabelle 10-47** bzw. vergleicht man **Abbildung 10-27** mit **Abbildung 10-28** so ist zu erkennen, dass die Abhängigkeit vom Steigungswinkel α mit der Exponentengleichung abgehandelt ist. Es müssen noch die Parameter a_{oben} und t_{Steg} behandelt werden.

$t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$			
$\alpha [^\circ]$	90	110	130
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	Kerbfaktor (KF) [-]		
	σ_{Kerb}^N bei $N=200 \text{ kN/m}$ [kN/cm^2]		
8	12,312	10,896	8,951
9	...	...	...
10	11,690	10,278	8,625
11	...	...	...
12	...	...	...
13	11,087	9,693	8,372
14	...	...	...
15	...	...	...
16	10,591	9,363	8,163
$\alpha [^\circ]$	90	110	130
Exponent	2	2,045	2,09
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	modifizierter Kerbfaktor (mod. KF)		
8	24,624	24,936	23,443
9	...	...	...
10	23,380	23,523	22,588
11	...	...	...
12	...	...	...
13	22,174	22,184	21,926
14	...	...	...
15	...	...	...
16	21,183	21,428	21,379

Tabelle 10-45: Umrechnen der Kerbspannungen auf die modifizierten Kerbfaktoren

$t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$				
α [°]	90	110	130	
a_{oben} [mm]	Kerbfaktor (KF) [-]			
	σ_{Kerb}^N bei $N=300 \text{ kN/m}$ [kN/cm ²]			
8	16,061	13,795	10,874	
9	...	...	...
10	14,775	12,689	9,694	
11	...	...	...
12	...	...	...
13	13,625	11,727	9,023	
14	...	...	...
15	...	...	...
16	12,935	11,171	8,807	
α [°]	90	110	130	
Exponent	2	2,045	2,09	max.
a_{oben} [mm]	modifizierter Kerbfaktor (mod. KF)			mod. KF
8	48,184	48,230	44,305	48,230
9	...	...	...	...
10	44,325	44,362	39,497	44,362
11	...	...	...	...
12	...	...	...	...
13	40,875	41,000	36,763	41,000
14	...	...	...	...
15	...	...	...	...
16	38,804	39,055	35,884	39,055

Tabelle 10-46: Umrechnen der Kerbspannungen auf die modifizierten Kerbfaktoren

$t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$			
α [°]	90	110	130
a_{oben} [mm]	Kerbfaktor (KF) [-]		
	σ_{Kerb}^N bei $N=400$ kN/m [kN/cm ²]		
8	20,429	17,221	15,190
9	...	...	...
10	18,619	15,644	13,578
11	...	...	...
12	...	...	...
13	16,943	14,253	11,982
14	...	...	...
15	...	...	...
16	15,915	13,429	10,922

α [°]	90	110	130	max. mod. KF
Exponent	2	2,045	2,09	
a_{oben} [mm]	modifizierter Kerbfaktor (mod. KF)			
8	81,716	81,324	84,684	84,684
9	...	...	...	...
10	74,477	73,874	75,696	75,696
11	...	...	...	...
12	...	...	...	...
13	67,773	67,304	66,801	67,773
14	...	...	...	...
15	...	...	...	...
16	63,661	63,416	60,890	63,661

Tabelle 10-47: Umrechnen der Kerbspannungen auf die modifizierten Kerbfaktoren

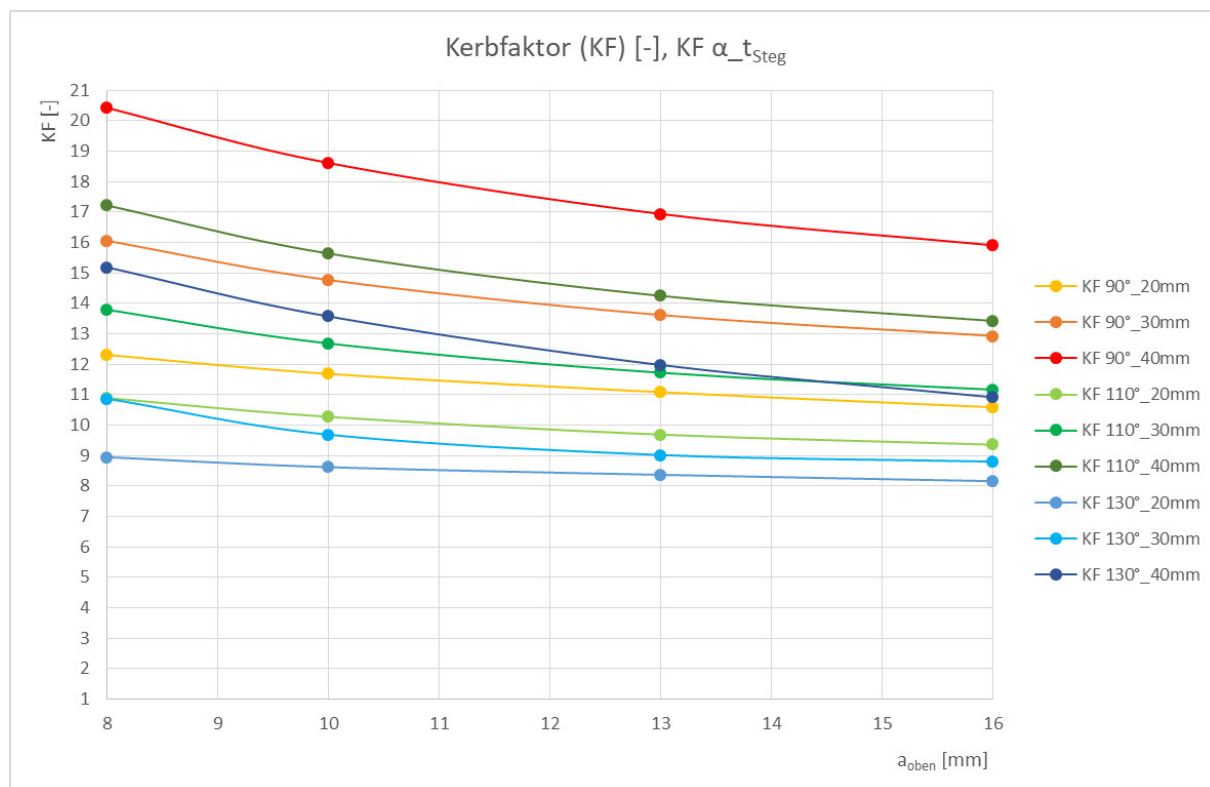


Abbildung 10-27: Kerbfaktor

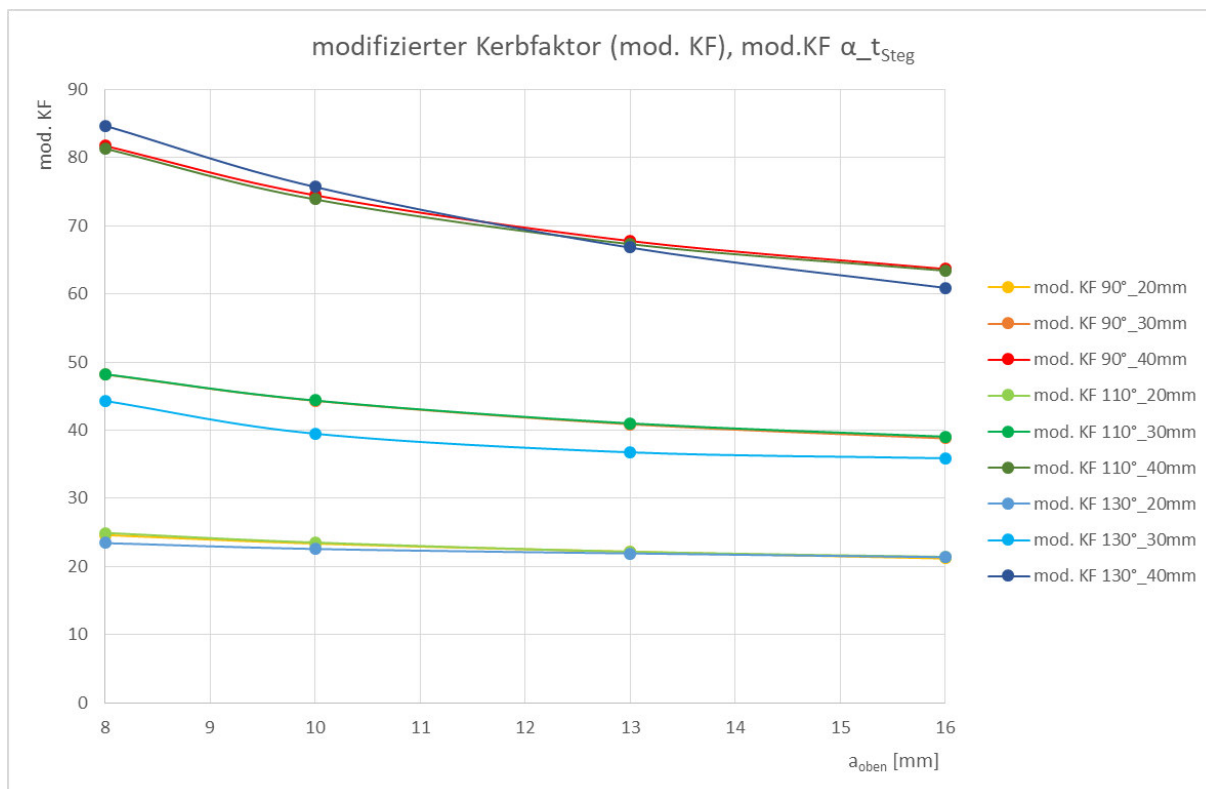


Abbildung 10-28: modifizierter Kerbfaktor, der Einfluss von a ist getilgt worden

Die modifizierten Kerbfaktoren können nun durch eine Kosinus-Funktion der Form:

$$\text{mod. } \mathcal{A}_{k,KS2}^N = A * \cos(b * a_{\text{oben}} + \Delta a) + d \quad (10-23)$$

angenähert werden.

Zur Berechnung der Werte A , b , Δa und d wird die Methode der kleinsten Quadrate herangezogen.

Vor der Berechnung werden folgende Annahmen getroffen bzw. Anfangsbedingungen eingeführt:

- Die Werte $b_{\text{ber.}}$ und $\Delta a_{\text{ber.}}$ sind für jede Stegblechdicke t_{Steg} als konstant anzunehmen. Die Kurve wird also nur durch Änderung der Krümmung und durch vertikale Verschiebung an die mod. KF angepasst.
- Die berechneten Werte A werden durch eine Potenzfunktion der Form:

$$A = \theta * t_{\text{Steg}}^{\omega} \quad (10-24)$$

wiedergegeben. $\omega_{\text{ber.}}$ soll dabei den Wert 2,7975 annehmen. Die Dezimalstellen dieses Zahlenwerts sind identisch mit denen des Ordinatenabschnitts der Gleichung des Exponenten (10-22). Dadurch ist an späterer Stelle (10-29) bzw. (10-30) eine schöne Vereinfachung möglich.

- Es wird angenommen, dass eine Korrelation zwischen den Werten für $A_{\text{ber.}}$ und $d_{\text{ber.}}$, also:

$$\psi_{\text{ber.}} = \frac{d_{\text{ber.}}}{A_{\text{ber.}}} \quad (10-25)$$

besteht, welcher sich durch eine Potenzfunktion der Form:

$$\psi = \delta^{\varepsilon} + \rho \quad (10-26)$$

ausdrücken lässt.

10.2.1.1 Berechnung der Eingangswerte

An dieser Stelle wird in den folgenden Tabellen zunächst nur auf die Eingangswerte sowie auf die Spalten bis einschließlich „**Abw.**“ eingegangen. Die Erklärung zu den Endwerten bzw. den Spalten mit dem Index „fin“ folgt im nächsten Unterpunkt.

Für die Excel-Berechnung muss das Schweißnahtmaß a_{oben} formal ins „Bogenmaß“ umgerechnet werden, d.h. $a_{\text{oben}} * (\pi/180)$.

- Eintragen der Maximalwerte der modifizierten Kerbfaktoren aus **Tabelle 10-45** bis **Tabelle 10-47** in **Tabelle 10-48** bis **Tabelle 10-50** (Spalte **max. mod. KF**)
- In Spalte **mod. KF-Modell** ist die Kosinus-Funktion (10-23) mit zu Anfang beliebig gewählten Zahlenwerten für $A_{\text{ber.}}$, $b_{\text{ber.}}$ und $\Delta a_{\text{ber.}}$ einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.**² wird die Differenz **max. mod. KF** zu **mod. KF-Modell** gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen wird gebildet $\Sigma \text{Abw.}^2$.

- Die noch beliebig gewählten Werte $A_{\text{ber.}}$ werden in **Tabelle 10-51** übertragen und verknüpft.
- Dort ist in der Spalte **A-Modell [-]** die Funktion (10-24) einprogrammiert. $\theta_{\text{ber.}}$ nimmt noch einen beliebigen Wert an, $\omega_{\text{ber.}}$ muss der oben angeführten Anfangsbedingung genügen und beträgt 2,7975.
- In der Spalte **Abw.**² wird die Differenz $A_{\text{ber.}}$ zu **A-Modell [-]** gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen wird gebildet $\Sigma \text{Abw.}^2$.

- In **Tabelle 10-52** werden die noch beliebigen Zahlenwerte für $d_{\text{ber.}}$ und $A_{\text{ber.}}$ eingetragen und ebenfalls verknüpft.
- Es wird deren Quotient $\psi_{\text{ber.}}$ gebildet.
- In der Spalte **ψ -Modell [-]** ist die Funktion (10-26) implementiert.
- In der Spalte **Abw.**² wird die Differenz $\psi_{\text{ber.}}$ zu **ψ -Modell [-]** gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen wird gebildet $\Sigma \text{Abw.}^2$.

Nun werden alle Summen der quadrierten Abweichungen aufsummiert $\Sigma(\Sigma \text{Abw.}^2)$. Mit dem Excel-Solver wird das Ziel $\Sigma(\Sigma \text{Abw.}^2)$ soll minimal werden definiert. Dabei werden die Eingangswerte in **Tabelle 10-48** bis **Tabelle 10-52** unter Einhaltung der anfangs definierten Annahmen und Anfangsbedingungen variiert, bis das Ziel erreicht ist.

Eingangswerte					
$A_{ber.}$	53,587	[-]	berechnet		
$b_{ber.}$	2,189	[-]	berechnet		
$\Delta a_{ber.}$	2,499	[mm/°]	berechnet		
$d_{ber.}$	75,258	[-]	berechnet		
Endwerte					
$A_{fin}(t_{Steg})$	53,646	[-]	Tabelle 10-51		
b	2,1	[-]	gewählt		
Δa	144	[mm]	gewählt		
Δa	2,513	[mm/°]			
d_{fin}	75,430	[-]	Tabelle 10-53		
t_{Steg} [mm]	20				
a_{oben} [mm]	a_{oben} [mm/°]	max. mod. KF	mod. KF-Modell	Abw. ²	mod. KF _{fin}
8	0,140	24,936	24,686	0,062346053	24,768
9	0,157	...	24,046	...	24,155
10	0,175	23,523	23,481	0,001769121	23,612
11	0,192	...	22,991	...	23,138
12	0,209	...	22,578	...	22,734
13	0,227	22,184	22,242	0,003297674	22,401
14	0,244	...	21,983	...	22,139
15	0,262	...	21,801	...	21,949
16	0,279	21,428	21,698	0,072930356	21,831
Σ Abw. ²				0,140343204	

Tabelle 10-48: Ermittlung der Funktionswerte von $\text{mod. } \mathcal{A}_{k,ks^2}^N$ ($\triangleq \text{mod. KF}_{fin}$) für $t_{Steg} = 20\text{mm}$

Eingangswerte					
$A_{ber.}$	166,465	[-]	berechnet		
$b_{ber.}$	2,189	[-]	berechnet		
$\Delta a_{ber.}$	2,499	[mm/°]	berechnet		
$d_{ber.}$	205,406	[-]	berechnet		
Endwerte					
$A_{fin}(t_{Steg})$	166,783	[-]	Tabelle 10-51		
b	2,1	[-]	gewählt		
Δa	144	[mm]	gewählt		
Δa	2,513	[mm/°]			
d_{fin}	206,047	[-]	Tabelle 10-53		
t_{Steg} [mm]	30				
a_{oben} [mm]	a_{oben} [mm/°]	max. mod. KF	mod. KF-Modell	Abw. ²	mod. KF _{fin}
8	0,140	48,230	48,306	0,00568714	48,541
9	0,157	...	46,318	...	46,637
10	0,175	44,362	44,562	0,040221082	44,947
11	0,192	...	43,042	...	43,473
12	0,209	...	41,758	...	42,218
13	0,227	41,000	40,712	0,082896162	41,183
14	0,244	...	39,908	...	40,369
15	0,262	...	39,344	...	39,778
16	0,279	39,055	39,023	0,000990753	39,410
Σ Abw. ²				0,129795136	

Tabelle 10-49: Ermittlung der Funktionswerte von $\text{mod. } \mathcal{A}_{k,ks^2}^N$ ($\triangleq \text{mod. KF}_{fin}$) für $t_{Steg} = 30\text{mm}$

Eingangswerte					
$A_{ber.}$	372,306	[-]	berechnet		
$b_{ber.}$	2,189	[-]	berechnet		
$\Delta a_{ber.}$	2,499	[mm/°]	berechnet		
$d_{ber.}$	435,848	[-]	berechnet		
Endwerte					
$A_{fin}(t_{Steg})$	372,965	[-]	Tabelle 10-51		
b	2,1	[-]	gewählt		
Δa	144	[mm]	gewählt		
Δa	2,513	[mm/°]			
d_{fin}	437,426	[-]	Tabelle 10-53		
t_{Steg} [mm]	40				
a_{oben} [mm]	a_{oben} [mm/°]	max. mod. KF	mod. KF-Modell	Abw. ²	mod. KF _{fin}
8	0,140	84,684	84,486	0,039218033	85,207
9	0,157	...	80,041	...	80,949
10	0,175	75,696	76,114	0,174761457	77,170
11	0,192	...	72,713	...	73,875
12	0,209	...	69,841	...	71,068
13	0,227	67,773	67,503	0,072733854	68,753
14	0,244	...	65,703	...	66,933
15	0,262	...	64,443	...	65,611
16	0,279	63,661	63,725	0,004145518	64,788
Σ Abw. ²				0,290858861	

Tabelle 10-50: Ermittlung der Funktionswerte von $\text{mod. } \mathcal{A}_{k,ks^2}^N$ ($\triangleq \text{mod. KF}_{fin}$) für $t_{Steg} = 40$ mm

Eingangswerte				
$\theta_{ber.}$	0,012	berechnet		
$\omega_{ber.}$	2,7975	ber./ gew.		
Endwerte				
θ_{fin}	0,0123	gewählt		
ω_{fin}	2,7975	gewählt		
t_{Steg} [mm]	$A_{ber.}$ [-]	A-Modell [-]	Abw. ²	$A_{fin}(t_{Steg})$ [-]
20	53,587	53,552	0,00122115	53,646
25	...	99,972	...	100,148
30	166,465	166,490	0,00065912	166,783
35	...	256,255	...	256,706
40	372,306	372,310	1,4992E-05	372,965
Σ Abw. ²			0,00189526	

Tabelle 10-51: Ermittlung der Funktionswerte $A_{fin}(t_{Steg})$

Eingangswerte		
$\delta_{ber.}$	82,100	berechnet
$\epsilon_{ber.}$	-1,858	berechnet
$\rho_{ber.}$	1,085	berechnet
Endwerte		
δ_{fin}	87	gewählt
ϵ_{fin}	-1,87	gewählt
ρ_{fin}	1,085	gewählt

t_{steg} [mm]	$A_{ber.}$ [-]	$d_{ber.}$ [-]	$\psi_{ber.} = \frac{d_{ber.}}{A_{ber.}}$ [-]	ψ -Modell [-]	Abw. ²	$\psi_{fin}(t_{steg})$ [-]
20	53,587	75,258	1,404	1,399	2,479E-05	1,406
25	...	...	...	1,293	...	1,297
30	166,465	205,406	1,234	1,233	5,4415E-07	1,235
35	...	...	...	1,196	...	1,198
40	372,306	435,848	1,171	1,172	1,6546E-06	1,173
Σ Abw. ²					2,6989E-05	
$\Sigma(\Sigma$ Abw. ²)					0,56291945	

Tabelle 10-52: Ermittlung der Funktionswerte $\psi_{fin}(t_{steg})$, sowie der Gesamtsumme $\Sigma(\Sigma$ Abw.²)

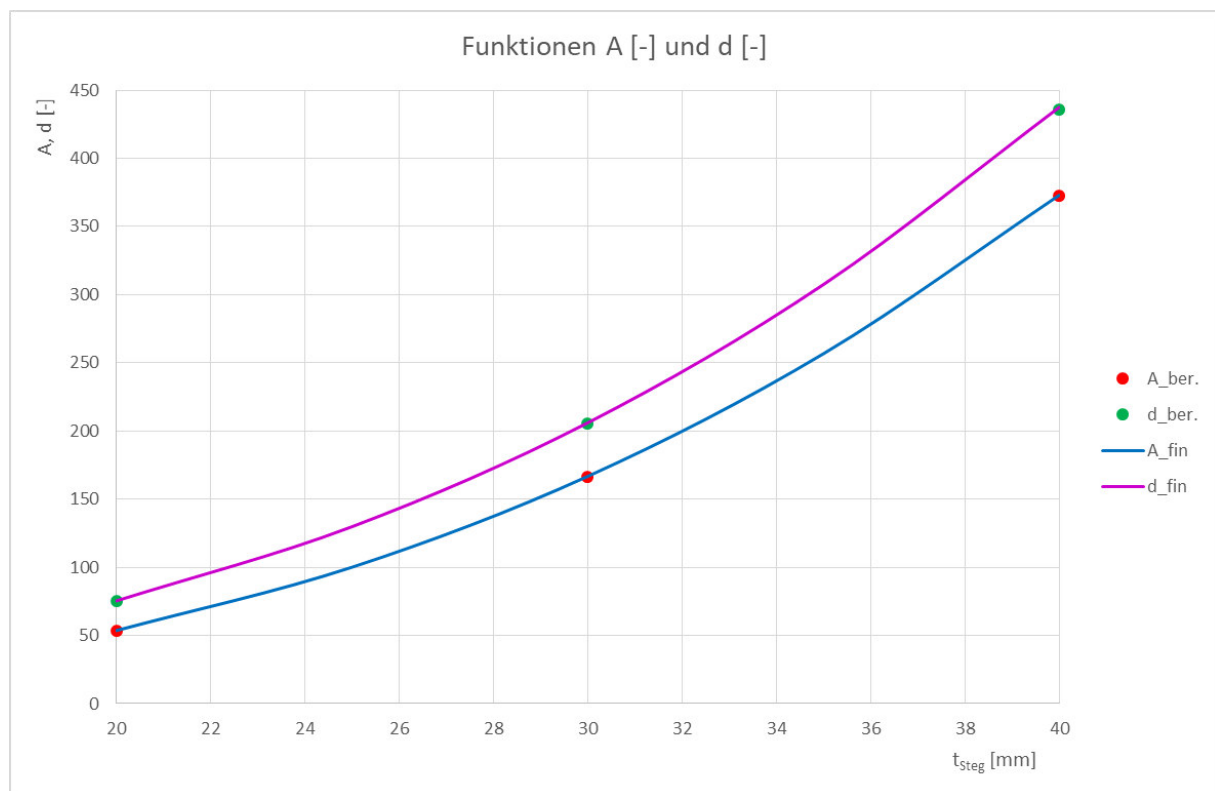


Abbildung 10-29: Darstellung der Funktionen $A(t_{steg})$ und $d(t_{steg})$

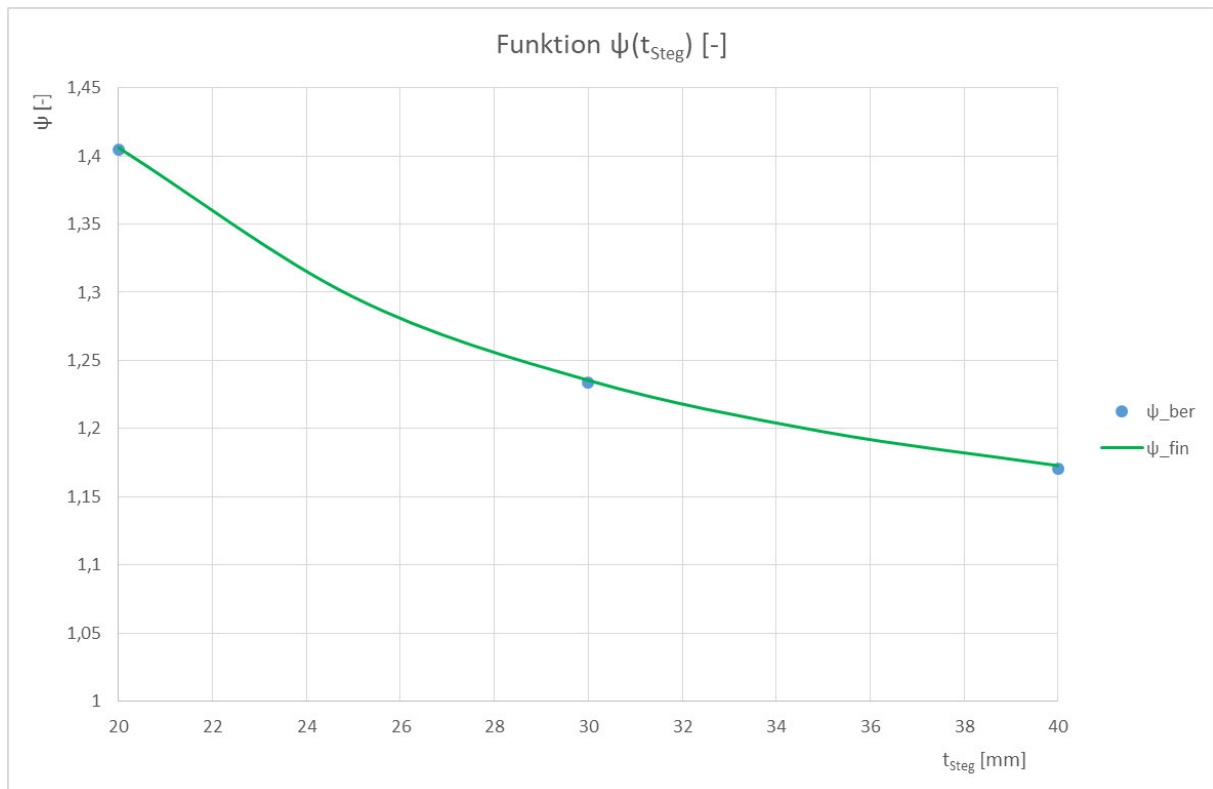


Abbildung 10-30: Darstellung der Funktion $\psi(t_{\text{Steg}})$

10.2.1.2 Wahl der Endwerte

- Wählen der Endwerte θ_{fin} und ω_{fin} .
- Es ergibt sich die Funktion $A_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$, **Tabelle 10-51**.
- Wählen der Endwerte δ_{fin} , ϵ_{fin} und ρ_{fin} .
- Es ergibt sich die Funktion $\psi_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$, **Tabelle 10-52**.
- Eintragen von $A_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$ und $\psi_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$ in **Tabelle 10-53**.
- Durch Multiplikation von A_{fin} mit ψ_{fin} erhält man $d_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$.
- Einsetzen der Endwerte in die modifizierte Kerbfunktion $\text{mod.}\mathcal{A}_{k,ks2}^N$, es ergibt sich **mod.KF_{fin}** (siehe **Tabelle 10-48 bis Tabelle 10-50** und **Abbildung 10-31**). Die modifizierten Kerbfaktoren **mod.KF_{fin}** sind also Funktionswerte der modifizierten Kerbfunktion $\text{mod.}\mathcal{A}_{k,ks2}^N$.

t _{Steg} [mm]	A _{fin} (t _{Steg}) [-]	ψ _{fin} (t _{Steg}) [-]	d _{fin} (t _{Steg}) [-]
20	53,646	1,406	75,430
25	100,148	1,297	129,845
30	166,783	1,235	206,047
35	256,706	1,198	307,469
40	372,965	1,173	437,426

Tabelle 10-53: Rückrechnen auf $d_{\text{fin}}(t_{\text{Steg}})$

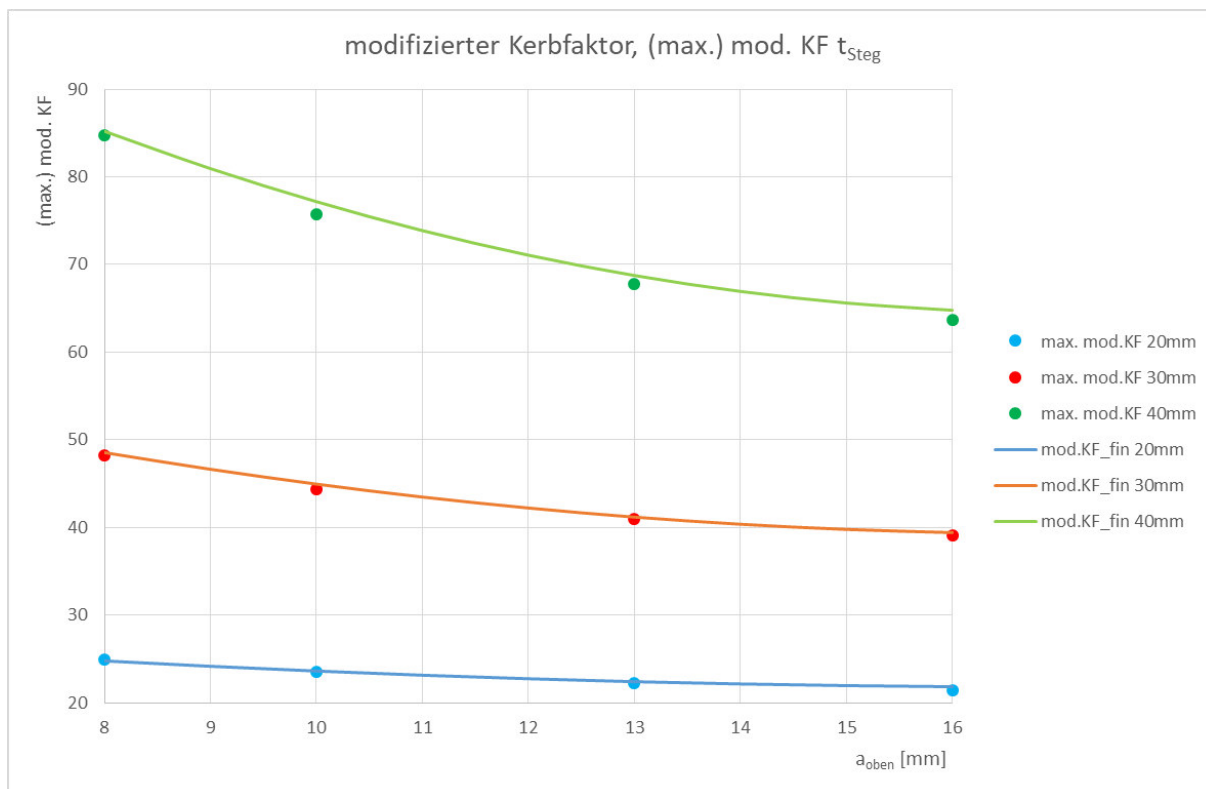


Abbildung 10-31: modifizierte Kerbfunktion mod. $\mathcal{A}_{k,ks2}^N$ (\triangleq mod. KF_{fin}) im Vergleich mit den maximalen modifizierten Kerbfaktoren aus Tabelle 10-45 bis Tabelle 10-47

Die Kerbspannungen zufolge Normalkraftbelastung sind von t_{Steg} , α (in Altgrad) und a_{oben} abhängig. Die modifizierten Kerbfaktoren (10-21) werden durch die Kosinus-Funktion (10-23) angenähert. Setzt man diese beiden Berechnungsformeln gleich und drückt d durch $d = \psi * A$ (10-25) aus, entsteht die Gleichung:

$$\frac{\sigma_{\text{Kerb}}^N}{N} t_{\text{Steg}}^{0,00225*\alpha+1,7975} = A * [\cos(b * a_{\text{oben}} + \Delta a) + \psi] \quad (10-27)$$

Nun sollen N , t_{Steg} und der zugehörige Exponent auf die rechte Seite gebracht werden. A ist durch (10-24) und ψ durch (10-25) zu ersetzen. Unter Berücksichtigung der gewählten Endwerte ergibt sich:

$$\sigma_{\text{Kerb}}^N = N * \frac{1}{t_{\text{Steg}}^{0,00225*\alpha+1,7975}} * 0,0123 * t_{\text{Steg}}^{2,7975} * [\cos(2,1 * a_{\text{oben}} + 144) + (87 * t_{\text{Steg}}^{-1,87} + 1,085)] \quad (10-28)$$

Durch weiteres Umformen erhält man zuerst:

$$\sigma_{\text{Kerb}}^N = N * 0,0123 * t_{\text{Steg}}^{-0,00225*\alpha-1,7975+2,7975} * \left[\cos(\dots) + \left(\frac{87}{t_{\text{Steg}}^{1,87}} + 1,085 \right) \right] \quad (10-29)$$

In der Formel des modifizierten Kerbfaktors (10-21) beträgt die Einheit von σ_{Kerb}^N [kN/cm²]. Um auf die in dieser Arbeit übliche Spannungseinheit [N/mm²] zu kommen, ist die gesamte

Gleichung mit dem Faktor 10 zu multiplizieren. Vergleiche dazu in (10-29) und (10-30) den Wert θ_{fin} (0,0123 \rightarrow 0,123).

Weitere Vereinfachung ergibt die endgültige Formel:

$$\sigma_{Kerb}^N [N/mm^2] = N[kN/m] * 0,123 * t_{Steg}^{1-0,00225*\alpha} * \left[\cos(2,1 * a_{oben} + 144) + \left(\frac{87}{t_{Steg}^{1,87}} + 1,085 \right) \right] \quad (10-30)$$

10.2.2 Kerbfunktion bei reiner Momentenbelastung

Zum Auffinden dieser Kerbfunktion ist eine große Anzahl an Modellen nötig. Alle erstellten Modelle sind in **Tabelle 10-54** aufgelistet. Jede Zelle steht für eine Berechnungstabelle (z.B. **Tabelle 10-55**), wobei der Tabelleneintrag das einwirkende Moment [kNm/m] beschreibt. Die blau hinterlegten Zellen zeigen die, in diesem Kapitel angeführten, Tabellen dieser Art. Die restlichen Berechnungstabellen sind dem **Anhang B**, Kapitel **B.1** bis **B.3** zu entnehmen.

Zusätzlich sind in **Tabelle 10-59** bis **Tabelle 10-61** alle Kerbfaktoren für $t_{Steg} = 30mm$ zusammengefasst.

Vor dem Auswerten der ermittelten Kerbspannungen aus den FE-Modellen ist angenommen worden, dass sich die Abhängigkeit des Momenten-Kerbfaktors von der einwirkenden Normalkraft durch Nennspannung zufolge N (σ_{Nenn}^N) ausdrücken lässt. Daher ist die Normalkraft bei den Modellen mit:

- $t_{Steg} = 20mm \rightarrow -200 \text{ kN/m} \leq N \leq 200 \text{ kN/m}$
- $t_{Steg} = 30mm \rightarrow -300 \text{ kN/m} \leq N \leq 300 \text{ kN/m}$
- $t_{Steg} = 40mm \rightarrow -400 \text{ kN/m} \leq N \leq 400 \text{ kN/m}$

eingepägt worden. Diese Intervalle entsprechen für jede angegebene Stegblechdicke einer Nennspannung zwischen $-10 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{Nenn}^N \leq 10 \text{ kN/m}$. Im Zuge der Auswertung hat sich herausgestellt, dass sich die Abhängigkeit des Momenten-Kerbfaktors von der Normalkraft als absolute Größe günstiger erweist als von der Normalspannung.

		$t_{Steg}=20mm$			$t_{Steg}=30mm$			$t_{Steg}=40mm$		
$a_{oben}=8mm$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=110^\circ$	$\alpha=130^\circ$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=110^\circ$	$\alpha=130^\circ$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=110^\circ$	$\alpha=130^\circ$	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	
$a_{oben}=10mm$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=110^\circ$	$\alpha=130^\circ$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=110^\circ$	$\alpha=130^\circ$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=110^\circ$	$\alpha=130^\circ$	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	
$a_{oben}=16mm$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=110^\circ$	$\alpha=130^\circ$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=110^\circ$	$\alpha=130^\circ$	$\alpha=90^\circ$	$\alpha=110^\circ$	$\alpha=130^\circ$	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	

KF in Tabelle 10-59 bis Tabelle 10-61
Tabelle 10-55

Tabelle 10-54:Auflistung allen nötigen FE-Modelle, Tabelleneinträge \rightarrow M [kNm/m]

Tabelle 10-55 bis Tabelle 10-58 zeigen die Kerbspannungen bzw. Kerbfaktoren für die Parameter $\alpha = 110^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 30 \text{ mm}$ und $a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}$. Jede dieser Tabellen bezieht sich auf eine einwirkende Normalkraft zwischen -300 und 300 kN/m , das eingeprägte Moment ändert sich aber je Tabelle und beträgt $1, -3, 10$ und -20 kNm/m . Diese Momentenwerte haben sich als zweckmäßig erwiesen.

Der Erklärung der weiteren Vorgehensweise bezieht sich auf eine dieser Tabellen, ist aber für alle Tabellen dieser Art gültig:

- Erstellen von FE-Modellen mit $-300 \text{ kN/m} \leq N \leq 300 \text{ kN/m}$ und $M = 1, -3, 10$ und -20 kNm/m (Einprägen der Schnittgrößen, vgl. **Kapitel 5.1.3**). Es sind je drei Modelle mit $\beta_1 = 145^\circ, 160^\circ$ und 170° zu betrachten.
- Eintragen von der daraus berechneten Kerbspannung $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ in den ersten Tabellenblock in die vorgesehene Spalte „positiv“ oder „negativ“. Dargestellt anhand eines Beispiels in **Abbildung 10-33**.
- Im zweiten Tabellenblock wird die Differenz der eben berechneten Kerbspannung (aus M und N) zur Kerbspannung aus reiner Normalkraftbelastung (siehe **Tabelle 10-43**, zweiter Tabellenblock für $a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}$; **Abbildung 10-34**) errechnet:

$$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M = \sigma_{\text{Kerb}}^{N-M} - \sigma_{\text{Kerb}}^N \quad (10-31)$$

$$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M = \sigma_{\text{Kerb}}^N - \sigma_{\text{Kerb}}^{N-M} \quad (10-32)$$

(10-31) für die Spalte „positiv“ und (10-32) für die Spalte „negativ“.

Abbildung 10-32 zeigt im oberen Teil die genaue Lage der Spannungsspitzen zufolge Normalkraft. Im unteren Teil sieht man, dass sich bei Überlagerung mit dem Moment die Lage dieser Kerbspannungsmaxima und –minima ändert. Daran ist zu erkennen, dass σ_{Kerb}^M von der Größe von N abhängig ist. Vergleicht man in der Abbildung σ_{Kerb}^N mit $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$, so kann man feststellen, dass die Lage der Spannungsspitzen mit gleichem Vorzeichen immer in unmittelbarer Nähe zueinander sind. Somit wird die Einteilung in die Spalten „positiv“ und „negativ“, sowie die Berechnung von $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ durch Subtraktion als zulässig erachtet.

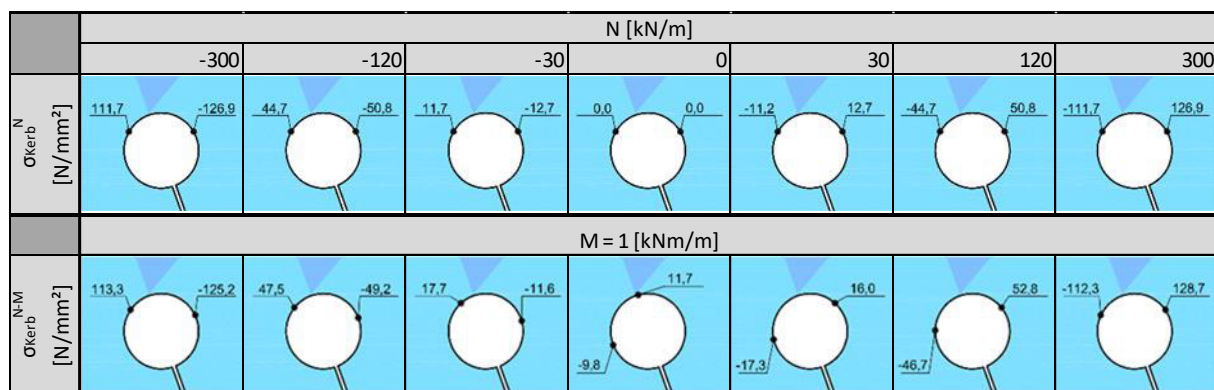


Abbildung 10-32: oben: σ_{Kerb}^N aus Tabelle 10-43 für $a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}$ und $\beta_1 = 170^\circ$

unten: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ aus Tabelle 10-55 für $a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}$ und $\beta_1 = 170^\circ$

- Für jeden Normalkraftwert gibt es also zwei Differenzbeträge $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ (aus „positiv“ und „negativ“). Für die Ermittlung des Kerbfaktors ist nur der größere dieser beiden Werte von Bedeutung. Als weitere Vereinfachung werden die $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ aus negativen Normalkräften an der Ordinate gespiegelt und es wird wiederum der Maximalwert aus

den positiven und den ursprünglich negativen zugehörigen Normalkraftwerten ermittelt. Es ergeben sich die Differenzbeträge $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ im dritten Tabellenblock.

Mit diesen Vereinfachungen wird angenommen, dass sich bei jeder beliebigen Schnittgrößenkombination von N und M mindestens eine der beiden Spannungsspitzen betragsmäßig erhöht und von Bedeutung ist. Ob sich nun die Spitze mit positivem oder negativem Vorzeichen vergrößert, geht daraus nicht hervor. Das ist für diese Zwecke aber auch bedeutungslos. Betrachtung der Kerbspannungen in **Abbildung 10-32** untermauert diese (auf der sicheren Seite liegende) Feststellung.

- Dividiert man $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ durch den Betrag der Nennspannung $|\sigma_{\text{Nenn}}|$ bei $M = 1 \text{ kNm/m}$, erhält man den Kerbfaktor (vierter Tabellenblock).
- Da die Spannungsspitzen aus σ_{Kerb}^N und $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ sich nicht an derselben Stelle in der Kerbe befinden, so stellt $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ nicht die absolute Spannungsspitze zufolge Momentenbelastung dar (außer bei $N = 0 \text{ kN/m}$). Mit steigender Normalkraft wird der Differenzbetrag $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ einen immer kleiner werdenden Anteil der absoluten Spannungsspitze, bis ein unterer Grenzwert erreicht ist.

Aus diesem Grund kann es ab einer gewissen Normalkraftgröße vorkommen, dass der Kerbfaktor den Wert 1,0 unterschreitet!

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	102,889	-114,335	111,048	-121,997	113,254	-125,186
-120	-4	41,240	-43,017	45,974	-47,259	47,515	-49,195
-30	-1	14,294	-8,043	16,656	-10,369	17,747	-11,598
0	0	10,850	-10,872	11,126	-10,102	11,654	-9,786
30	1	18,092	-18,679	16,631	-17,748	15,952	-17,273
120	4	52,819	-47,251	53,015	-47,161	52,810	-46,740
300	10	124,190	-109,113	127,730	-112,191	128,677	-112,328

$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	-2,233	-4,791	0,423	-2,745	1,524	-1,701
-120	-4	-0,809	-4,633	1,724	-2,638	2,823	-1,560
-30	-1	3,782	-3,870	5,594	-2,105	6,574	-1,091
0	0	10,850	10,872	11,126	10,102	11,654	9,786
30	1	6,180	8,167	4,157	6,686	3,263	6,100
120	4	5,169	5,202	3,118	2,911	2,055	2,048
300	10	5,065	3,991	2,988	1,566	1,789	0,598

$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
0	0	10,872	11,126	11,654
30	1	8,167	6,686	6,574
120	4	5,202	3,118	2,823
300	10	5,065	2,988	1,789
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		6,67		

$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]	KF [-]	KF [-]
0	0	1,631	1,669	1,748
30	1	1,225	1,003	0,986
120	4	0,780	0,468	0,423
300	10	0,760	0,448	0,268

Tabelle 10-55: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$, Kerbfaktor für $\alpha=110^\circ$, $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$, $a_{\text{oben}}=10\text{mm}$ bei $M=1\text{kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$								
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170		
N [kN/m] - M=-3 [kNm/m]	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	121,731	-134,813	120,733	-134,179	119,110	-133,257
	-120	-4	64,831	-65,248	61,868	-61,193	60,375	-59,045
	-30	-1	39,889	-36,307	37,316	-34,021	36,217	-34,155
	0	0	32,615	-32,548	30,306	-33,377	29,359	-34,961
	30	1	25,995	-33,220	24,050	-36,778	23,247	-39,207
	120	4	35,318	-49,994	43,129	-58,293	47,133	-61,842
300	10	105,401	-104,021	116,942	-116,980	122,344	-121,414	

$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170		
M=-3 [kNm/m]	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	16,609	15,687	10,108	9,437	7,380	6,370
	-120	-4	22,782	17,598	17,618	11,296	15,683	8,290
	-30	-1	29,377	24,394	26,254	21,547	25,044	21,466
	0	0	32,615	32,548	30,306	33,377	29,359	34,961
	30	1	14,083	22,708	11,576	25,716	10,558	28,034
	120	4	-12,332	7,945	-6,768	14,043	-3,622	17,150
300	10	-13,724	-1,102	-7,801	6,355	-4,544	9,684	

$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170			
M=-3 [kNm/m]	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		
	0	0	32,615			33,377			34,961
	30	1	29,377			26,254			28,034
	120	4	22,782			17,618			17,150
300	10	16,609			10,108			9,684	
		$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]			20,00				

$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170			
M=-3 [kNm/m]	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]		
	0	0	1,631			1,669			1,748
	30	1	1,469			1,313			1,402
	120	4	1,139			0,881			0,858
300	10	0,830			0,505			0,484	

Tabelle 10-56: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$, Kerbfaktor für $\alpha=110^\circ$, $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$, $a_{\text{oben}}=10\text{mm}$ bei $M=3\text{kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$								
N [kN/m] - M=10 [kNm/m]	$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	142,938	-80,427	166,561	-103,685	177,465	-115,983	
-120	-4	112,569	-82,493	125,987	-76,286	134,432	-73,797	
-30	-1	107,761	-101,831	113,654	-94,540	119,788	-91,449	
0	0	108,500	-108,720	111,260	-101,020	116,540	-97,860	
30	1	110,590	-115,822	110,262	-107,745	114,228	-104,433	
120	4	125,383	-138,031	115,944	-129,355	115,347	-125,578	
300	10	180,919	-186,791	166,305	-177,481	159,521	-172,730	

M=10 [kNm/m]	$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	37,816	-38,699	55,936	-21,057	65,735	-10,904	
-120	-4	70,520	34,843	81,737	26,389	89,740	23,042	
-30	-1	97,249	89,918	102,592	82,066	108,615	78,760	
0	0	108,500	108,720	111,260	101,020	116,540	97,860	
30	1	98,678	105,310	97,788	96,683	101,539	93,260	
120	4	77,733	95,982	66,047	85,105	64,592	80,886	
300	10	61,794	81,669	41,563	66,856	32,634	61,000	

M=10 [kNm/m]	$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	
0	0	108,720			111,260			116,540
30	1	105,310			102,592			108,615
120	4	95,982			85,105			89,740
300	10	81,669			66,856			65,735
		$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]			66,67			

M=10 [kNm/m]	$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
0	0	1,631			1,669			1,748
30	1	1,580			1,539			1,629
120	4	1,440			1,277			1,346
300	10	1,225			1,003			0,986

Tabelle 10-57: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$, Kerbfaktor für $\alpha=110^\circ$, $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$, $a_{\text{oben}}=10\text{mm}$ bei $M=10\text{kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
N [kN/m] - M=-20 [kNm/m]	$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	291,658	-265,786	273,618	-242,506	265,723	-237,806
-120	-4	246,189	-228,232	229,536	-221,005	222,292	-226,370
-30	-1	224,540	-218,690	208,725	-221,227	202,236	-230,415
0	0	217,433	-216,987	202,040	-222,513	195,727	-233,073
30	1	210,486	-215,835	195,467	-224,770	189,215	-236,042
120	4	190,427	-216,632	176,498	-233,859	170,602	-247,843
300	10	153,044	-232,100	141,377	-263,291	136,724	-281,387

M=-20 [kNm/m]	$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	186,536	146,660	162,993	117,764	153,993	110,919
-120	-4	204,140	180,582	185,286	171,108	177,600	175,615
-30	-1	214,028	206,777	197,663	208,753	191,063	217,726
0	0	217,433	216,987	202,040	222,513	195,727	233,073
30	1	198,574	205,323	182,993	213,708	176,526	224,869
120	4	142,777	174,583	126,601	189,609	119,847	203,151
300	10	33,919	126,978	16,635	152,666	9,836	169,657

M=-20 [kNm/m]	$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
			$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		
0	0	217,433	222,513	233,073	
30	1	214,028	213,708	224,869	
120	4	204,140	189,609	203,151	
300	10	186,536	162,993	169,657	
			133,33		

M=-20 [kNm/m]	$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]	KF [-]	KF [-]
0	0	1,631	1,669	1,748	
30	1	1,605	1,603	1,687	
120	4	1,531	1,422	1,524	
300	10	1,399	1,222	1,272	

Tabelle 10-58: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$, Kerbfaktor für $\alpha=110^\circ$, $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$, $a_{\text{oben}}=10\text{mm}$ bei $M=-20\text{kNm/m}$

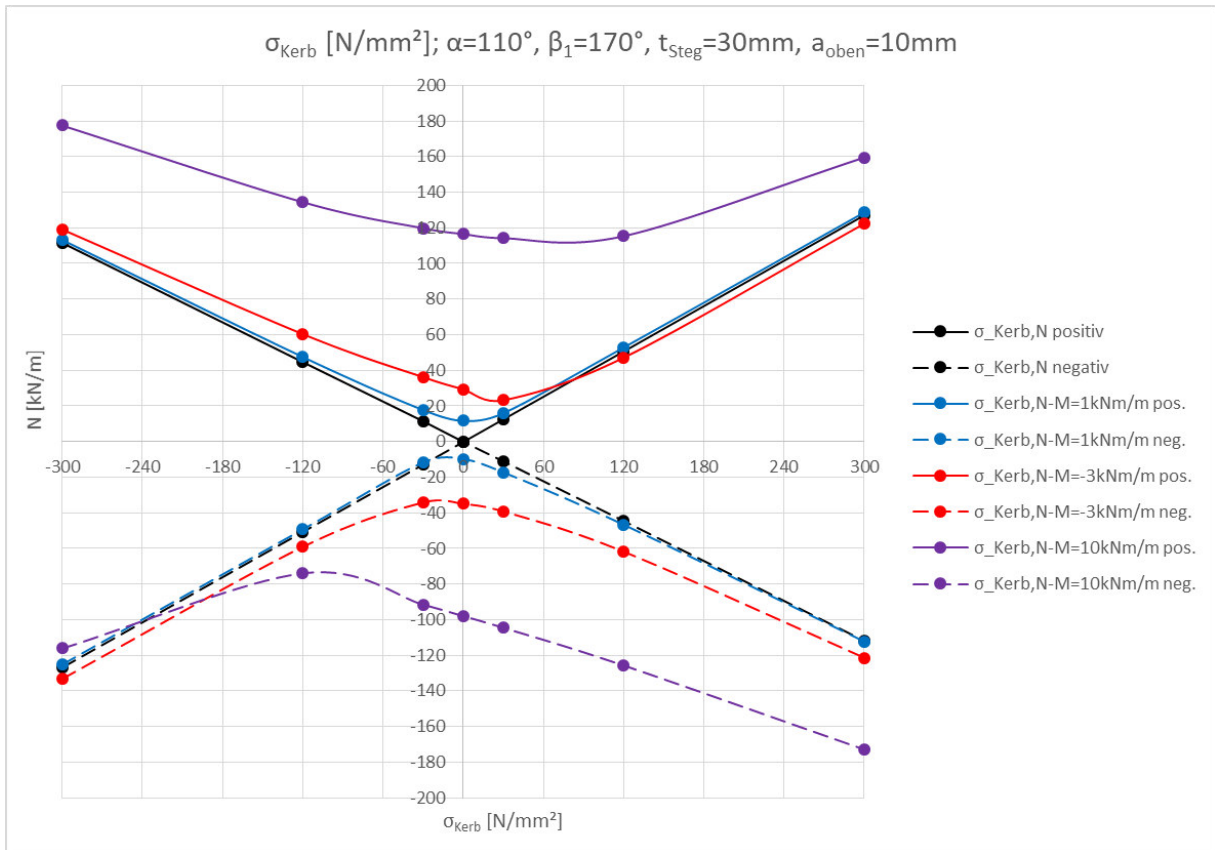


Abbildung 10-33: σ_{Kerb}^N (Tabelle 10-43), $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ aus erstem Tabellenblock (Tabelle 10-55 bis Tabelle 10-57)

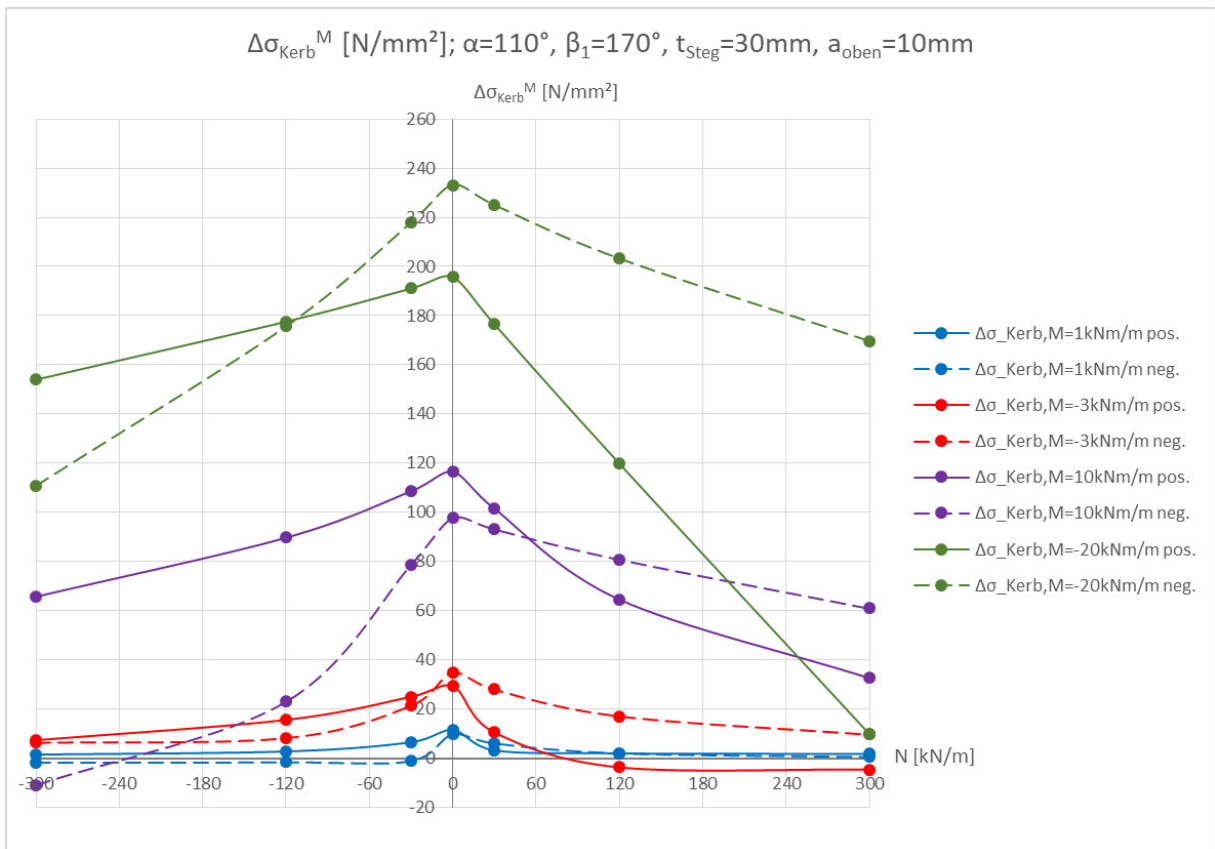


Abbildung 10-34: $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$, aus zweitem Tabellenblock (Tabelle 10-55 bis Tabelle 10-58)

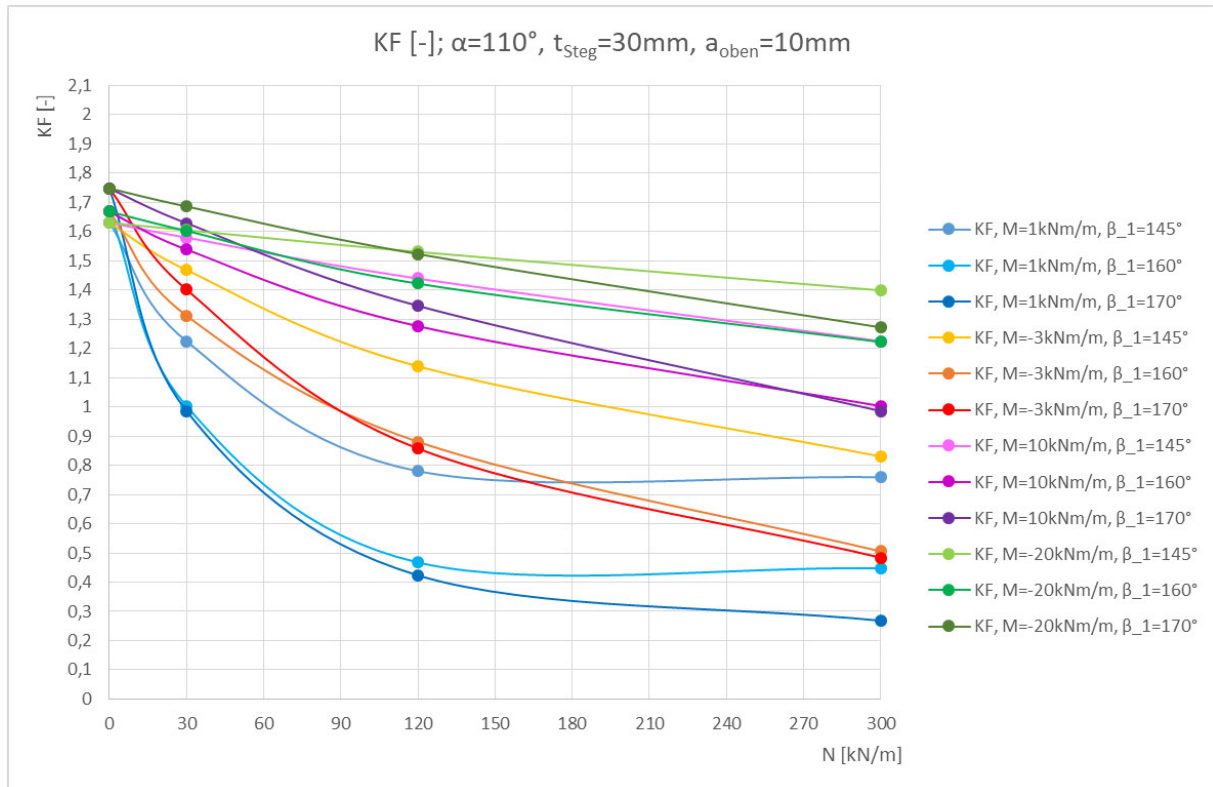


Abbildung 10-35: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock (Tabelle 10-55 bis Tabelle 10-58) für alle β_1

In vielen der untersuchten Fälle liegen die Kerbfaktoren bezüglich β_1 (bzw. β_3) nahe beisammen. Ist dies nicht der Fall und die KF unterscheiden sich in einem höheren Ausmaß, so ist kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Werten für β_1 [$^\circ$] und dem jeweiligen Kerbfaktor festzustellen. Daher werden die drei Kerbfaktoren pro Normalkraftwert (KF für $\beta_1=\beta_3$, $\beta_1=160^\circ$, $\beta_1=170^\circ$) auf den jeweils maximalen gesetzt (siehe **Tabelle 10-59** bis **Tabelle 10-61** und zugehörige Abbildungen).

Mit dieser Vereinfachung wird aus den anfangs sehr großen Datensätzen die Essenz herausgelöst und eine Auswertung ist nun möglich.

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,857	1,857	1,857	1,857
	30	1	1,077	1,483	1,728	1,790
	120	4	0,533	0,957	1,421	1,615
300	10	0,435	0,586	1,077	1,340	
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,954	1,954	1,954	1,954
	30	1	1,237	1,505	1,803	1,876
	120	4	0,820	1,148	1,457	1,666
300	10	0,781	0,861	1,237	1,413	
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	2,089	2,089	2,089	2,089
	30	1	1,620	1,807	1,969	2,027
	120	4	1,469	1,575	1,777	1,880
300	10	1,423	1,482	1,620	1,739	

Tabelle 10-59: Zusammenfassung der Kerbfaktoren für $\alpha=90^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$, eine Abhängigkeit von β_1 ist nicht mehr vorhanden

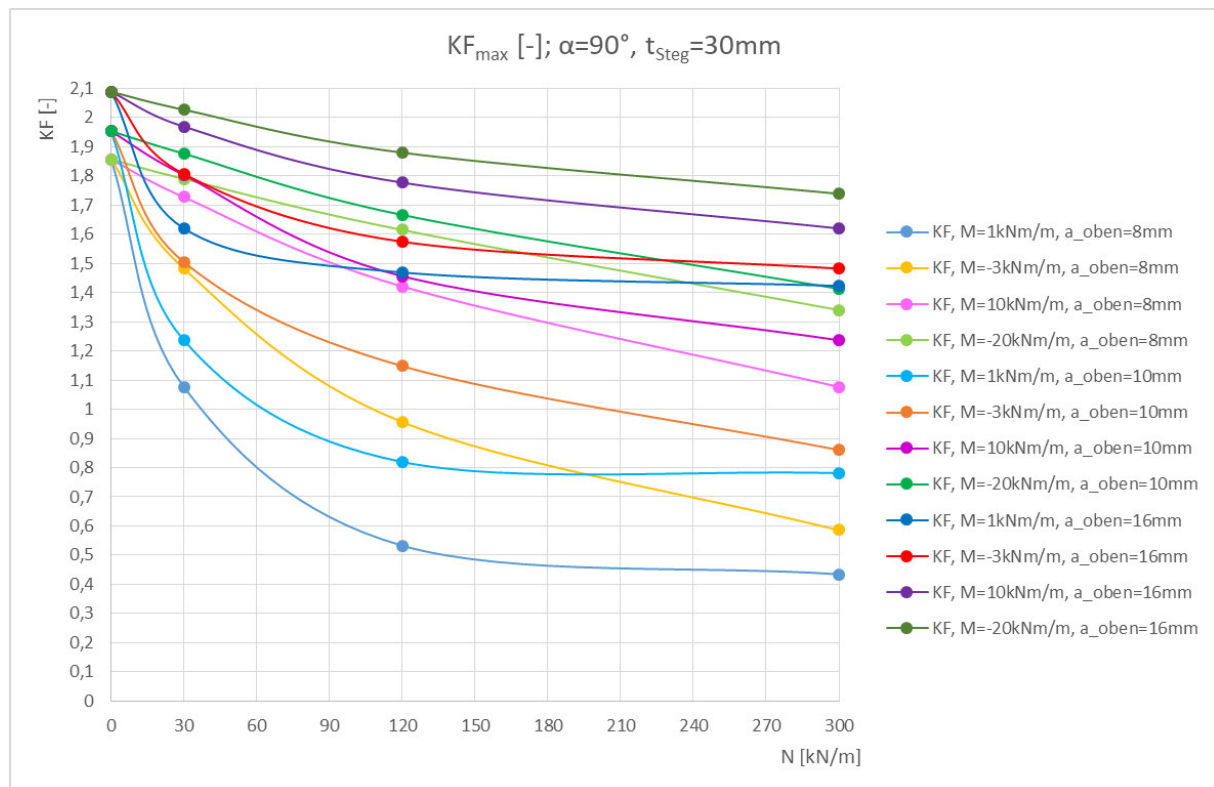


Abbildung 10-36: grafische Darstellung der Tabelle 10-59

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,667	1,667	1,667	1,667
	30	1	1,096	1,402	1,576	1,620
	120	4	0,678	1,001	1,361	1,495
300	10	0,540	0,728	1,096	1,303	
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,748	1,748	1,748	1,748
	30	1	1,225	1,469	1,629	1,687
	120	4	0,780	1,139	1,440	1,531
300	10	0,760	0,830	1,225	1,399	
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,882	1,882	1,882	1,882
	30	1	1,533	1,691	1,803	1,834
	120	4	1,403	1,495	1,668	1,750
300	10	1,370	1,411	1,533	1,634	

Tabelle 10-60: Zusammenfassung der Kerbfaktoren für $\alpha=110^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$, eine Abhängigkeit von β_1 ist nicht mehr vorhanden

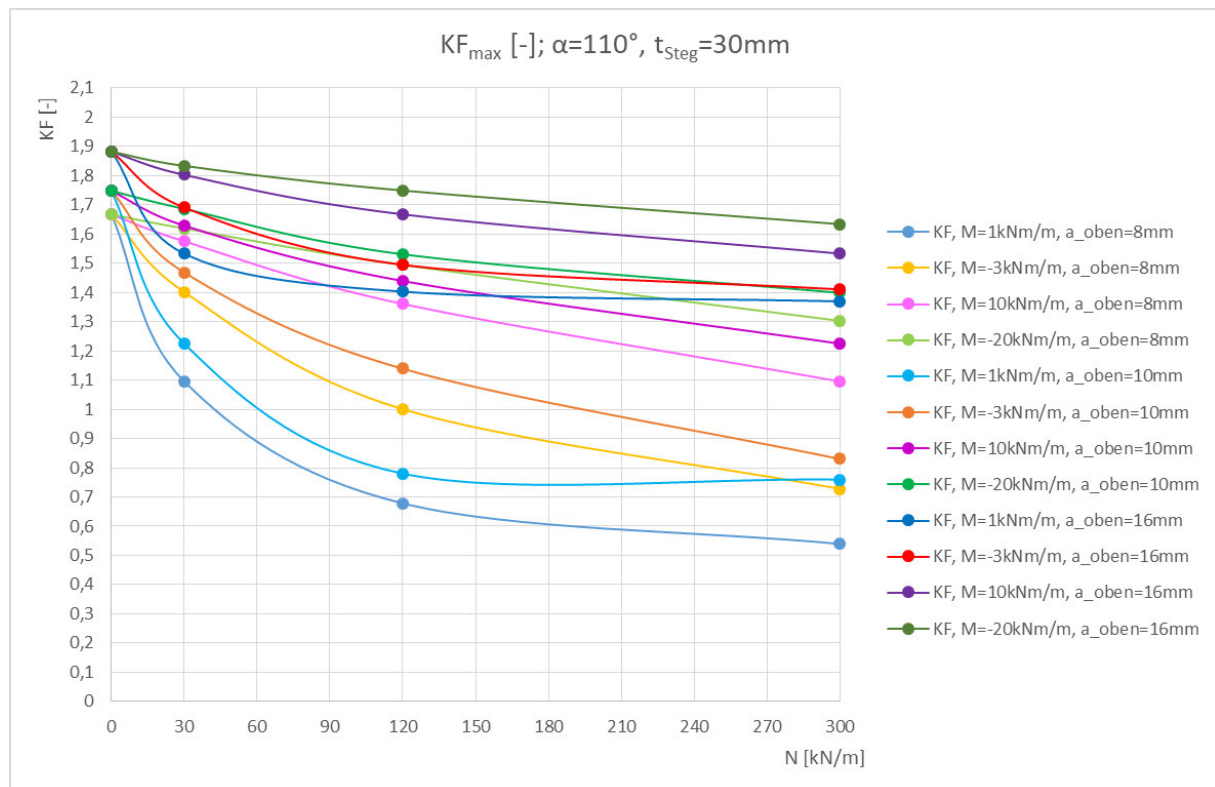


Abbildung 10-37: grafische Darstellung der Tabelle 10-60

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,599	1,599	1,599	1,599
	30	1	1,147	1,394	1,528	1,562
	120	4	0,790	1,069	1,360	1,466
300	10	0,649	0,830	1,147	1,317	
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,678	1,678	1,678	1,678
	30	1	1,232	1,463	1,580	1,628
	120	4	0,863	1,141	1,436	1,518
300	10	0,831	0,872	1,232	1,398	
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,802	1,802	1,802	1,802
	30	1	1,530	1,657	1,740	1,768
	120	4	1,409	1,498	1,637	1,700
300	10	1,372	1,420	1,530	1,613	

Tabelle 10-61: Zusammenfassung der Kerbfaktoren für $\alpha=130^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$, eine Abhängigkeit von β_1 ist nicht mehr vorhanden

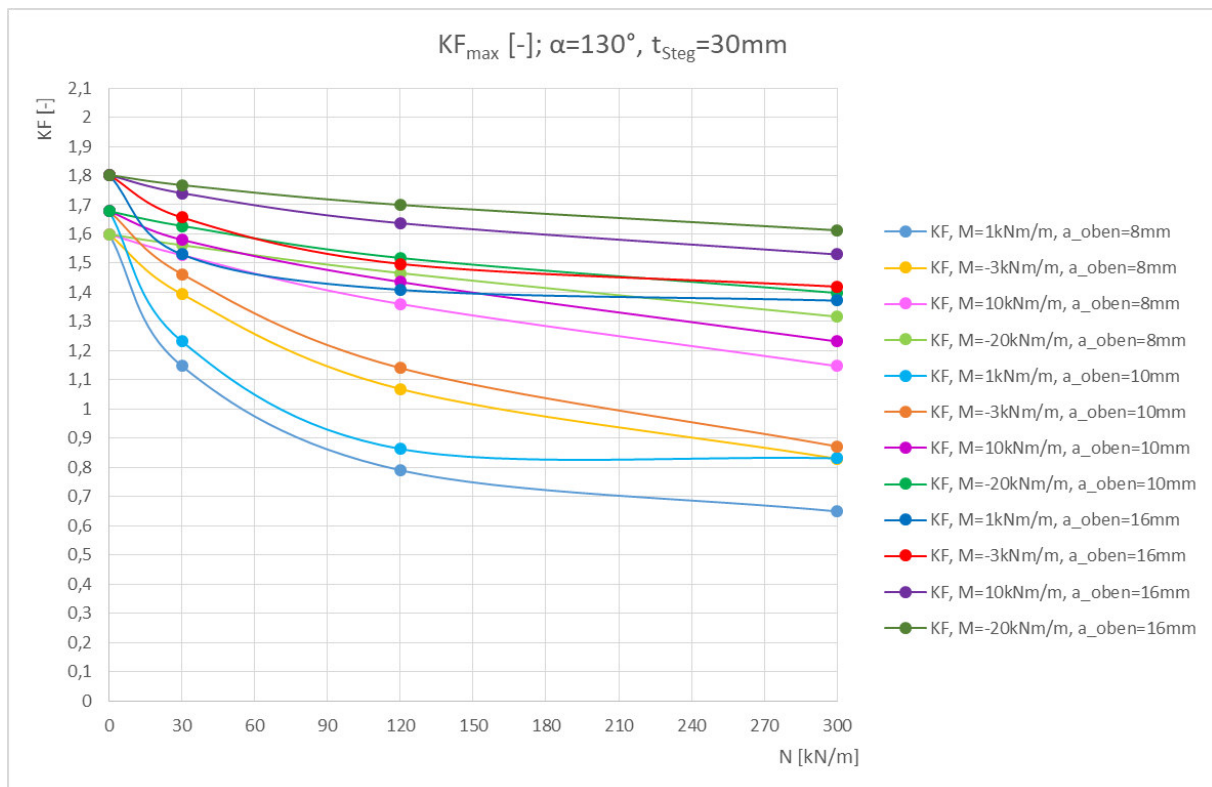


Abbildung 10-38: grafische Darstellung der Tabelle 10-61

Die Kerbfaktoren werden durch eine Kerbfunktion der Form:

$$\mathcal{A}_{k,KS2}^M = KF_0 * KF_N(N) \quad (10-33)$$

approximiert.

Betrachtet man in **Abbildung 10-36** bis **Abbildung 10-38** die Kerbfaktoren bei 1 kNm/m (blaue Datenreihen), so ist festzustellen, dass bei reiner Momentenbelastung die KF für a_{oben} sich nicht stark unterscheiden. Mit anwachsender Normalkraft entfernen sich diese aber immer weiter voneinander.

Bei KF_0 (Kerbfaktor bei $N = 0$ kN/m) wird der Einfluss von a_{oben} vernachlässigt, indem zur weiteren Berechnung nur der Maximalwert für 8, 10, 16 mm herangezogen wird. Für $N > 0$ kN/m gilt diese Vereinfachung nicht mehr, d.h. bei der Kerbfunktion (10-33) haben alle Kurven für unterschiedliche Schweißnahtmaße a_{oben} einen gemeinsamen Schnittpunkt bei KF_0 .

KF_0 ist also von der Stegblechdicke t_{Steg} und vom Stegneigungswinkel α abhängig. $KF_N(N)$ hängt zusätzlich noch vom Schweißnahtmaß a_{oben} und von der Größe der Normalkraft N ab.

10.2.2.1 KF_0

In **Tabelle 10-62** sind im oberen Tabellenblock alle KF_0 aus den untersuchten FE-Modellen, einschließlich der eben beschriebenen Vereinfachung, eingetragen. Im unteren Block wird der modifizierte Kerbfaktor eingeführt:

$$\text{mod. } KF_0[\text{mm}] = KF_0[-] * t_{Steg}[\text{mm}] \quad (10-34)$$

t_{Steg} [mm]	20	30	40
α [°]	KF_0 [-]		
90	2,249	2,089	1,905
110	2,092	1,882	1,850
130	2,048	1,802	1,789
t_{Steg} [mm]	20	30	40
α [°]	mod. KF_0 [mm]		
90	44,980	62,663	76,185
110	41,844	56,471	74,016
130	40,952	54,072	71,566

vgl. Tabelle 10-59 bis Tabelle 10-61

Tabelle 10-62: KF_0 [-], mod. KF_0 [mm]

Die mod. KF_0 werden mit einer Potenzfunktion der Form:

$$\text{mod. } KF_0 = \theta * \alpha^\omega \quad (10-35)$$

angenähert.

Der Wert θ wird dabei durch die Geradengleichung:

$$\theta = k * t_{Steg} + d \quad (10-36)$$

approximiert.

Vor der Berechnung wird ω für alle t_{Steg} konstant angenommen.

Berechnung der Eingangswerte

An dieser Stelle wird in den folgenden Tabellen zunächst nur auf die Eingangswerte sowie auf die Spalten bis einschließlich „Abw.²“ eingegangen.

- Eintragen der **mod.KF₀** aus **Tabelle 10-62** in **Tabelle 10-63** bis **Tabelle 10-65** (Spalte **mod. KF₀**)
- In Spalte **mod. KF₀-Modell** ist die Potenzfunktion (10-35) mit zu Anfang beliebig gewählten Zahlenwerten für **θ_{ber.}** und **ω_{ber.}** einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.** wird die Differenz **mod. KF₀** zu **mod. KF₀-Modell** gebildet und in der Spalte **Abw.²** wird diese Differenz quadriert.
- Ist die Differenz **mod. KF₀** zu **mod. KF₀-Modell** > 0, so nimmt der Gewichtungsfaktor (Spalte **Gew.-Faktor**) den Wert 10 an. Ansonsten den Wert 1. Damit werden die Kurven zur sicheren Seite hin verlagert (für genaue Erklärung vgl. **Kapitel 10.1.2.1**)
- Die Summe der gewichteten, quadrierten Abweichungen wird gebildet **Σ gew. Abw.²**.
- Diese Summen aus **Tabelle 10-63** bis **Tabelle 10-65** werden aufsummiert **Σ(Σ gew. Abw.²)**.
- Mit dem Excel-Solver wird das Ziel **Σ(Σ gew. Abw.²)** soll minimal werden definiert. Dabei werden die Eingangswerte in **Tabelle 10-63** bis **Tabelle 10-65** unter Berücksichtigung der Annahme variiert, bis das Ziel erreicht ist.
- Übertragen der **θ_{ber.}** aus **Tabelle 10-63** bis **Tabelle 10-65** nach **Tabelle 10-66**.
- In Spalte **θ-Modell** ist die Geradengleichung (10-36) mit zu Anfang beliebig gewählten Zahlenwerten für **k_{ber.}** und **d_{ber.}** einprogrammiert.
- Bilden der Summe der quadrierten Abweichungen **Σ Abw.²**.
- Berechnen der Eingangswerte mit dem Solver nach der Methode der kleinsten Quadrate.

Eingangswerte							
θ _{ber.}	147,413	[mm/°]	berechnet				
ω _{ber.}	-0,264	[-]	berechnet				
Endwerte							
θ _{fin}	148,600	[mm/°]	Tabelle 10-66				
ω _{fin}	-0,264	[-]	gewählt				
t _{Steg} [mm]	20						
α	mod. KF ₀ [mm]	mod. KF ₀ - Modell	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	mod. KF _{0,fin} [mm]
90	44,980	45,018	-0,0376	0,0014	1	0,0014	45,300
110	41,844	42,698	-0,8541	0,7295	1	0,7295	42,963
130	40,952	40,859	0,0938	0,0088	10	0,0880	41,109
						Σ gew. Abw. ²	0,8189

Tabelle 10-63: Ermittlung der Funktionswerte von mod. KF_{0,fin} für t_{Steg} = 20mm

Eingangswerte							
$\theta_{ber.}$	203,697	[mm/°]	berechnet				
$\omega_{ber.}$	-0,264	[-]	berechnet				
Endwerte							
θ_{fin}	203,400	[mm/°]	Tabelle 10-66				
ω_{fin}	-0,264	[-]	gewählt				
t_{Steg} [mm]	30						
α	mod. KF_0 [mm]	mod. KF_0 - Modell	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	mod. $KF_{0,fin}$ [mm]
90	62,663	62,206	0,4566	0,2085	10	2,0851	62,006
110	56,471	59,001	-2,5303	6,4024	1	6,4024	58,806
130	54,072	56,459	-2,3870	5,6976	1	5,6976	56,269
Σ gew. Abw. ²						14,1852	

Tabelle 10-64: Ermittlung der Funktionswerte von mod. $KF_{0,fin}$ für $t_{Steg} = 30$ mm

Eingangswerte							
$\theta_{ber.}$	257,093	[mm/°]	berechnet				
$\omega_{ber.}$	-0,264	[-]	berechnet				
Endwerte							
θ_{fin}	258,200	[mm/°]	Tabelle 10-66				
ω_{fin}	-0,264	[-]	gewählt				
t_{Steg} [mm]	40						
α	mod. KF_0 [mm]	mod. KF_0 - Modell	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	mod. $KF_{0,fin}$ [mm]
90	76,185	78,512	-2,3272	5,4160	1	5,4160	78,711
110	74,016	74,467	-0,4509	0,2033	1	0,2033	74,650
130	71,566	71,259	0,3075	0,0945	10	0,9454	71,429
Σ gew. Abw. ²						6,5646	
$\Sigma(\Sigma$ gew. Abw. ²)						21,5687	

Tabelle 10-65: Ermittlung der Funktionswerte von mod. $KF_{0,fin}$ für $t_{Steg} = 40$ mm, Berechnung von $\Sigma(\Sigma$ gew. Abw.²)

Eingangswerte				
$k_{ber.}$	5,484	berechnet		
$d_{ber.}$	38,215	berechnet		
Endwerte				
k_{fin}	5,48	gewählt		
d_{fin}	39	gewählt		
t_{Steg} [mm]	$\theta_{ber.}$ [mm/°]	θ -Modell	Abw. ²	$\theta_{fin}(t_{Steg})$ [mm/°]
20	147,413	147,895	0,2321	148,600
30	203,697	202,735	0,9268	203,400
40	257,093	257,574	0,2315	258,200
Σ Abw. ²			1,3904	

Tabelle 10-66: Ermittlung der Funktionswerte $\theta_{fin}(t_{Steg})$

Wahl der Endwerte

- Wählen der Endwerte k_{fin} und d_{fin} .
- Es ergibt sich die Funktion $\theta_{fin}(t_{steg})$, Tabelle 10-66.
- Wählen der Endwerte ω_{fin} und Übertragen der Funktionswerten $\theta_{fin}(t_{steg})$ in die vorhergehenden Tabellen.
- Es ergeben sich die Funktionswerte zu **mod. $KF_{0,fin}$** , Tabelle 10-63 bis Tabelle 10-65
- Division von **mod. $KF_{0,fin}$** durch zugehörige t_{steg} , man erhält **$KF_{0,fin}$** , Tabelle 10-67.

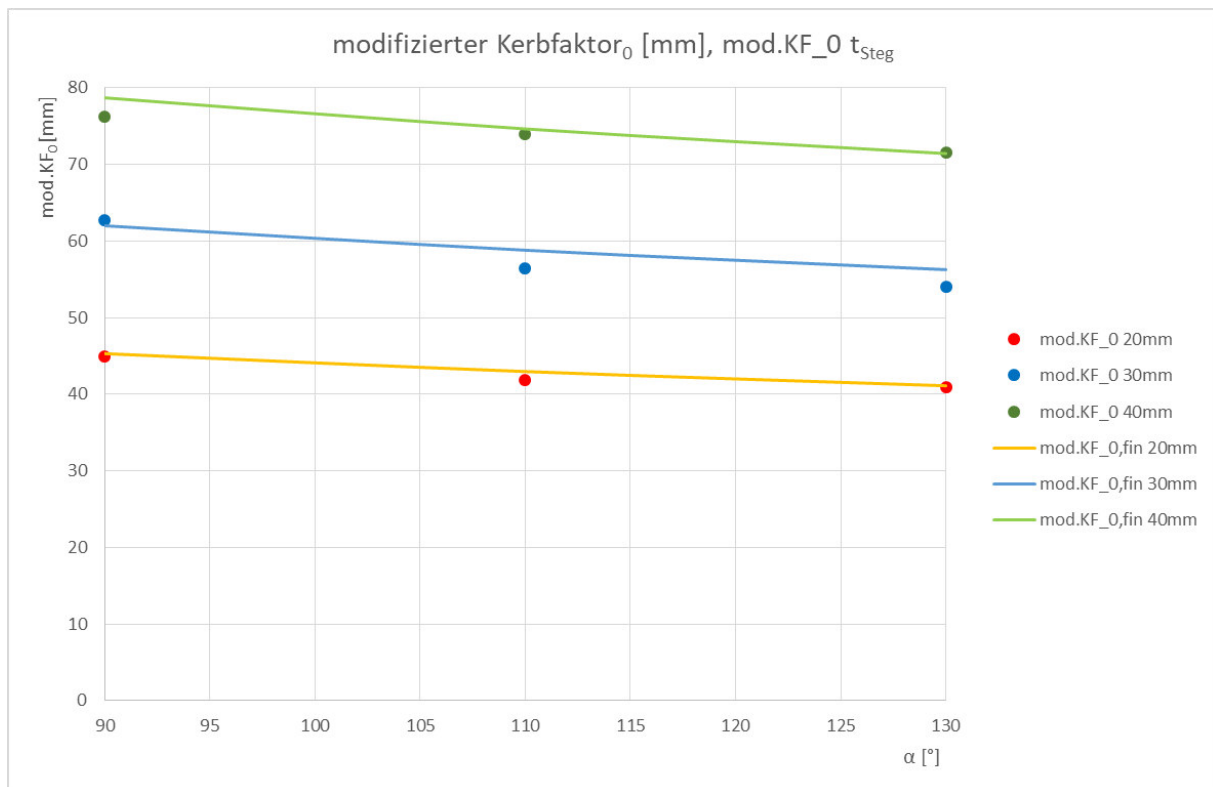


Abbildung 10-39: Darstellung der modifizierten Kerbfaktoren bei $N = 0$ kN/m

t_{steg} [mm]	20	30	40
α [°]	mod. $KF_{0,fin}$ [mm]		
90	45,300	62,006	78,711
110	42,963	58,806	74,650
130	41,109	56,269	71,429
t_{steg} [mm] <th>20</th> <th>30</th> <th>40</th>	20	30	40
α [°]	$KF_{0,fin}$ [-]		
90	2,265	2,067	1,968
110	2,148	1,960	1,866
130	2,055	1,876	1,786

Tabelle 10-67: Rückrechnen von mod. $KF_{0,fin}$ auf $KF_{0,fin}$ durch Umformen von Formel (10-34)

Die Formel (10-36) ist in (10-35) einzusetzen. Gleichsetzen von (10-34) und (10-35), sowie Umformen nach KF_0 und ergibt:

$$KF_0 = \frac{(k * t_{\text{Steg}} + d) * \alpha^\omega}{t_{\text{Steg}}} \quad (10-37)$$

Durch Einsetzen der gewählten Endwerte, Herausheben von t_{Steg} aus der Klammer und kürzen, sowie α über den negativen Exponenten in den Nenner bringen erhält man die endgültige Berechnungsformel für KF_0 :

$$KF_0 = \left(5,48 + \frac{39}{t_{\text{Steg}}} \right) * \frac{1}{\alpha^{0,264}} \quad (10-38)$$

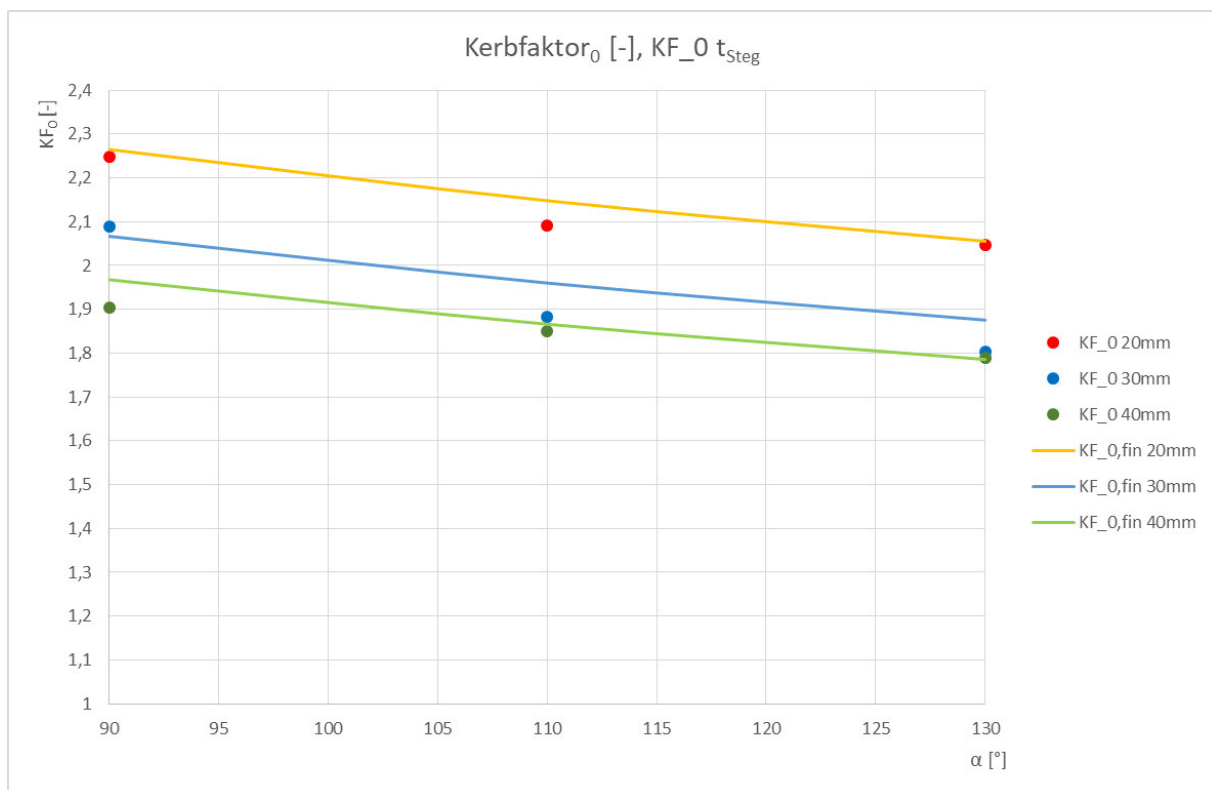


Abbildung 10-40: Vergleich der Kerbfaktoren aus Tabelle 10-62 mit den rückgerechneten Kerbfaktoren aus Tabelle 10-67 bei reiner Momentenbelastung ($N = 0$ kN/m)

10.2.2.2 $KF_N(N)$

Die Berechnungsschritte in diesem Kapitel werden für $t_{\text{Steg}} = 30$ mm gezeigt. Die Ermittlung von $KF_N(N)$ für $t_{\text{Steg}} = 20$ mm und 40 mm verläuft nach demselben Schema (siehe **Anhang B, Kapitel B.4**)

$$KF_N(N) = \frac{KF_{\text{max}}}{KF_0} \quad (10-39)$$

Da Formel (10-38) KF_0 annähert, aber nicht exakt wiedergibt, erhält man bei der Anwendung von (10-39) bei $N = 0$ kN/m nur Werte in der nahen Umgebung von 1,0. Trotzdem wird für die weitere Berechnung $KF_N(N)$ an dieser Stelle mit genau 1,0 als obere Schranke gewählt (siehe **Tabelle 10-68 bis Tabelle 10-70**).

Bei genauerer Betrachtung dieser Tabellen fällt auf, dass $KF_N(N)$ bei $N = 30$ kN/m und $M = 1$ kNm/m sowie bei $N = 300$ kN/m und $M = 10$ kNm/m genau denselben Zahlenwert annimmt.

Nach kurzer Überlegung wird klar, dass durch die Multiplikation von M und N mit demselben Faktor (in diesem Fall Faktor 10) aufgrund des linear-elastischen Materialverhaltens auch $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ um diesen Faktor skaliert wird. Folglich gilt dieser Zusammenhang auch für $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$. Mit der Division durch die zugehörige Nennspannung ergibt sich für diese Fälle derselbe Kerbfaktor KF bzw. $KF_N(N)$.

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,898	0,898	0,898	0,898	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	30	0,521	0,717	0,836	0,866	...
	120	0,258	0,463	0,688	0,781	...
300	0,210	0,283	0,521	0,648	...	
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,945	0,945	0,945	0,945	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	30	0,598	0,728	0,872	0,908	...
	120	0,397	0,556	0,705	0,806	...
300	0,378	0,416	0,598	0,684	...	
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	1,011	1,011	1,011	1,011	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	30	0,784	0,874	0,953	0,981	...
	120	0,711	0,762	0,860	0,910	...
300	0,688	0,717	0,784	0,841	...	

Tabelle 10-68: $KF_N(N)$ für $\alpha=90^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,850	0,850	0,850	0,850	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	30	0,559	0,715	0,804	0,826	...
	120	0,346	0,511	0,694	0,763	...
300	0,275	0,371	0,559	0,665	...	
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,892	0,892	0,892	0,892	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	30	0,625	0,749	0,831	0,860	...
	120	0,398	0,581	0,734	0,781	...
300	0,388	0,424	0,625	0,714	...	
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,960	0,960	0,960	0,960	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	30	0,782	0,863	0,920	0,935	...
	120	0,716	0,763	0,851	0,893	...
300	0,699	0,720	0,782	0,834	...	

Tabelle 10-69: $KF_N(N)$ für $\alpha=110^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,853	0,853	0,853	0,853	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	30	0,612	0,743	0,815	0,833	...
	120	0,421	0,570	0,725	0,782	...
300	0,346	0,443	0,612	0,702	...	
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,895	0,895	0,895	0,895	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	30	0,657	0,780	0,843	0,868	...
	120	0,460	0,608	0,766	0,809	...
300	0,443	0,465	0,657	0,745	...	
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,961	0,961	0,961	0,961	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	30	0,816	0,883	0,928	0,943	...
	120	0,751	0,799	0,873	0,906	...
300	0,731	0,757	0,816	0,860	...	

Tabelle 10-70: $KF_N(N)$ für $\alpha=130^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$

In dem folgenden Exkurs geht man gedanklich zwei Schritte zurück auf die Ebene von $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ und betrachtet ein Beispiel. Natürlich können bereits hier die Kerbspannungen auf die jeweils maximale bezüglich β_1 reduziert werden (Spalte rechts außen in **Tabelle 10-71**)

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$						
M=1 [kNm/m]	β_1 [°]		145	160	170	-
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
	0	0	10,872	11,126	11,654	11,654
	30	1	8,167	6,686	6,574	8,167
	120	4	5,202	3,118	2,823	5,202
	300	10	5,065	2,988	1,789	5,065
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		6,67				
M=-3 [kNm/m]	β_1 [°]		145	160	170	-
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
	0	0	32,615	33,377	34,961	34,961
	30	1	29,377	26,254	28,034	29,377
	120	4	22,782	17,618	17,150	22,782
	300	10	16,609	10,108	9,684	16,609
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		20,00				
M=10 [kNm/m]	β_1 [°]		145	160	170	-
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
	0	0	108,720	111,260	116,540	116,540
	30	1	105,310	102,592	108,615	108,615
	120	4	95,982	85,105	89,740	95,982
	300	10	81,669	66,856	65,735	81,669
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		66,67				

Tabelle 10-71: $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$

Zeichnet man die Kurven $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ ($M = 1, -3, 10$ kNm/m) aus **Tabelle 10-71** in ein Diagramm (**Abbildung 10-41**) ein, so ist offensichtlich, dass diese zueinander affin sind.

Mit dem Strahlensatz lässt sich jeder bekannte Punkt auf einer dieser Kurven auf eine andere projizieren. Z.B. Projektionslinie 3:

$$\frac{81,669}{300} = \frac{8,167}{30} = \frac{24,501}{90} \quad \left| \frac{\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M [\text{N/mm}^2]}{N [\text{kN/m}]} \right.$$

Damit ist klar, dass zum Finden der Kerbfunktion für jede Konfiguration der Parameter α, t_{Steg} und a_{oben} nur ein Momentenwert (z.B. $M = 1$ kNm/m) herangezogen werden muss.

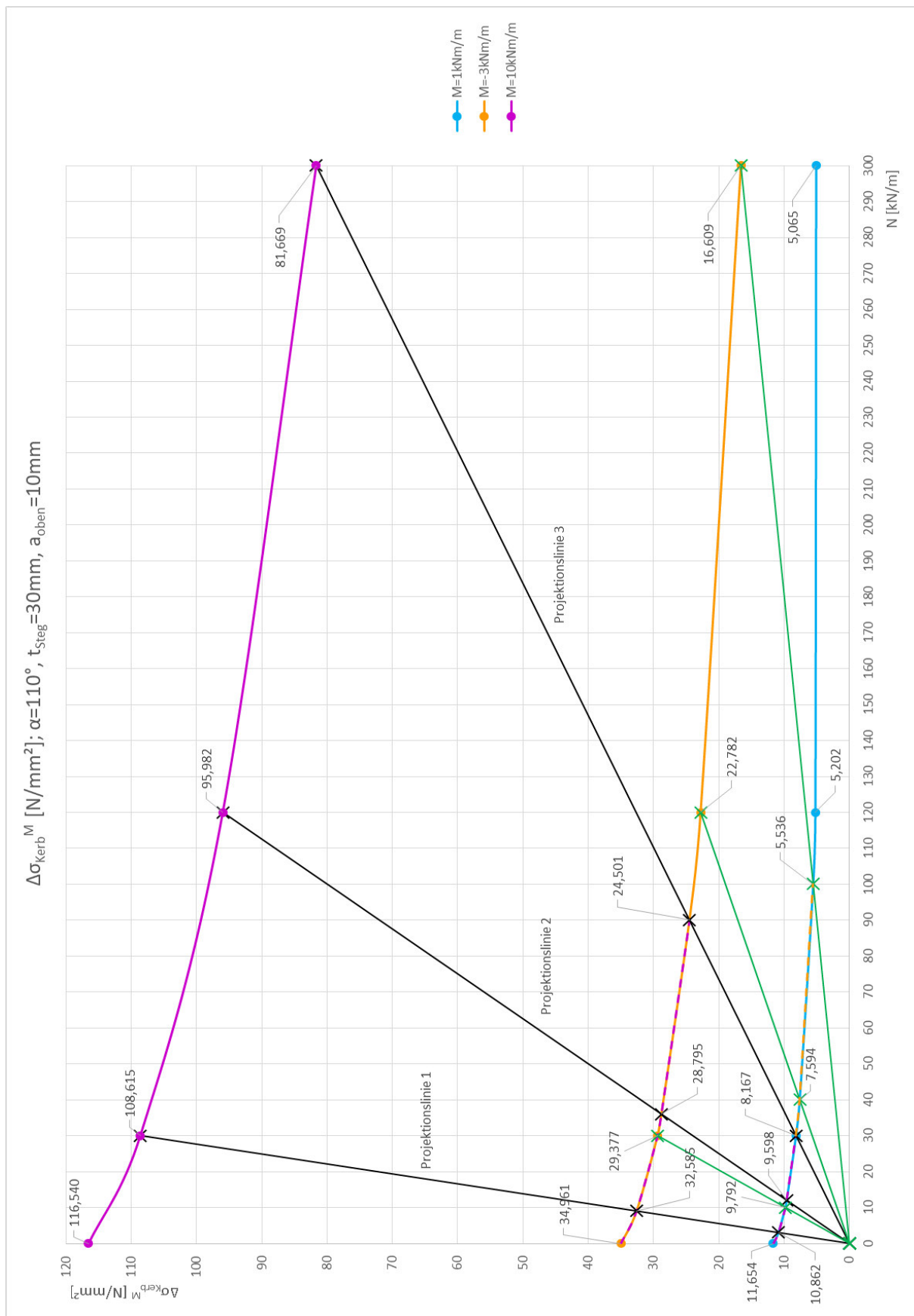


Abbildung 10-41: grafische Darstellung der Tabelle 10-71, jeder Punkt auf einer Kurve lässt sich mit dem Strahlensatz auf eine andere Kurve projizieren

Nun geht es wieder zurück zu $KF_N(N)$. Mit der eben neu gewonnenen Erkenntnis ist es ausreichend, die $KF_N(N)$ für $M = 1$ kNm/m darzustellen. Das Projizieren auf andere Momentenwerte wird an späterer Stelle beschrieben. Die errechneten KF bzw. $KF_N(N)$ für $M = -3, 10, -20$ kNm/m dienen nur noch zur Kontrolle der Ergebnisse.

Eine Exponentialfunktion soll die $KF_N(N)$ aus **Tabelle 10-68** bis **Tabelle 10-70** annähern. Funktionen der Form c^N schneiden die Ordinate bei 1,0 und nähern sich asymptotisch an die Abszisse an sofern die Basis $c < 1,0$ ist. Der Wert 1,0 als obere Grenze würde bereits passen, jedoch nähern sich die $KF_N(N)$ nicht an Null an. Stattdessen gibt es eine untere Schranke $\lambda > 0$, um welche die Exponentialfunktion nach oben verschoben werden muss. Damit bei $N = 0$ kN/m die Funktion wieder den Wert 1,0 annimmt, ist im Exponenten N mit ΔN zu addieren, also um ΔN horizontal zu verschieben. Die Funktion hat somit die Form:

$$KF_N(N) = c^{N+\Delta N} + \lambda \quad | \quad 1 \text{ [kNm/m]} \quad (10-40)$$

Berechnung der Eingangswerte

Vorerst wird in den folgenden Tabellen zunächst nur auf die Eingangswerte sowie auf die Spalten bis einschließlich „**Abw.**“ eingegangen.

1. Ebene ($KF_N(N)$)

Vorab wird angenommen, dass die Basis c für alle α und a_{oben} konstant sein soll.

- Eintragen der $KF_N(N)$ aus **Tabelle 10-68** bis **Tabelle 10-70** ($M = 1$ kNm/m) in **Tabelle 10-72** bis **Tabelle 10-80** (Spalte $KF_N(N)$).
- In Spalte **$KF_N(N)$ -Modell** ist die Exponentialfunktion (10-40) mit zu Anfang beliebig gewählten Zahlenwerten für $c_{ber.}$, $\Delta N_{ber.}$ und $\lambda_{ber.}$ einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.²** wird die Differenz $KF_N(N)$ zu **$KF_N(N)$ -Modell** gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen wird gebildet Σ **Abw.²**.
- Diese Summen aus **Tabelle 10-72** bis **Tabelle 10-80** werden aufsummiert $\Sigma(\Sigma$ **Abw.²).**
- Mit dem Excel-Solver wird das Ziel $\Sigma(\Sigma$ **Abw.²) soll minimal werden definiert. Dabei werden die Eingangswerte in **Tabelle 10-72** bis **Tabelle 10-80** unter Berücksichtigung der Annahme variiert, bis das Ziel erreicht ist.**

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,968	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	7,769	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,228	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	13,346	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,287	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,002	4,6271E-06	1,000
30	0,521	0,516	2,4894E-05	0,620
120	0,258	0,243	0,00022401	0,321
300	0,210	0,228	0,00031763	0,287
Σ Abw. ²			0,00057116	

Tabelle 10-72: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 90^\circ, t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}, a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,968	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	14,588	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,378	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	21,673	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,422	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,996	1,2293E-05	1,000
30	0,598	0,608	9,5626E-05	0,693
120	0,397	0,390	4,3728E-05	0,450
300	0,378	0,378	1,1583E-07	0,423
Σ Abw. ²			0,00015176	

Tabelle 10-73: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 90^\circ, t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}, a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,968	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	36,269	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,691	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	50,331	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,720	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,993	4,7475E-05	1,000
30	0,784	0,803	0,00037221	0,851
120	0,711	0,696	0,00021031	0,734
300	0,688	0,691	4,4479E-06	0,721
Σ Abw. ²			0,00063445	

Tabelle 10-74: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 90^\circ, t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}, a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,968	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	10,964	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,303	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	15,382	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,323	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,999	2,9418E-07	1,000
30	0,559	0,562	8,9615E-06	0,640
120	0,346	0,316	0,00089942	0,355
300	0,275	0,303	0,00075894	0,323
Σ Abw. ²			0,00166762	

Tabelle 10-75: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 110^\circ, t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}, a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,968	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	14,827	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,389	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	24,637	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,464	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,003	7,3726E-06	1,000
30	0,625	0,617	5,5502E-05	0,715
120	0,398	0,401	8,8978E-06	0,490
300	0,388	0,389	3,0686E-06	0,464
Σ Abw. ²			7,4841E-05	

Tabelle 10-76: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 110^\circ, t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}, a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,968	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	37,084	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,697	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	55,261	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,753	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,991	7,6138E-05	1,000
30	0,782	0,806	0,00058441	0,869
120	0,716	0,702	0,00018165	0,765
300	0,699	0,697	3,8478E-06	0,753
Σ Abw. ²			0,00084605	

Tabelle 10-77: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 110^\circ, t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}, a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,968	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	14,347	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,378	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	21,640	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,422	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,001	1,5763E-06	1,000
30	0,612	0,610	3,0611E-06	0,692
120	0,421	0,390	0,00098627	0,450
300	0,346	0,378	0,00101761	0,422
Σ Abw. ²			0,00200852	

Tabelle 10-78: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 130^\circ, t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}, a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,968	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	17,925	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,447	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	33,355	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,570	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,001	1,5842E-06	1,000
30	0,657	0,653	1,0626E-05	0,771
120	0,460	0,458	5,329E-06	0,591
300	0,443	0,447	1,8562E-05	0,570
Σ Abw. ²			3,6101E-05	

Tabelle 10-79: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 130^\circ, t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}, a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,968	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	40,776	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,734	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	68,575	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,824	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,995	2,9039E-05	1,000
30	0,816	0,831	0,00022917	0,906
120	0,751	0,739	0,00015072	0,832
300	0,731	0,734	6,4328E-06	0,824
$\Sigma \text{ Abw.}^2$			0,00041536	
$\Sigma(\Sigma \text{ Abw.}^2)$			0,00640586	

Tabelle 10-80: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$
für $\alpha = 130^\circ, t_{\text{Steg}} = 30\text{mm}, a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$; Berechnung von $\Sigma(\Sigma \text{ Abw.}^2)$

2. Ebene (λ)

In Anbetracht der unteren Grenzwerte der Kerbfaktoren, gut erkennbar bei $M = 1 \text{ kNm/m}$ (vgl. dazu **Abbildung 10-36** bis **Abbildung 10-38** und die Abbildungen im **Anhang B**, in den **Kapiteln B.1, B.2** und **B.3**), könnte man vermuten, dass λ neben a_{oben} von der Nennspannung im Stegblech abhängt. Dieser Gedanke stimmt nur bedingt, da ein berechnetes λ (bezüglich a_{oben}) für jeden beliebigen Momentenwert gelten soll. Bei großem M schmiegt sich die Kurve $KF_N(N)$ erst bei sehr großer N an λ an. Bei kleinem M schon bei geringer Normalkraft.

Genau genommen hängt λ von t_{Steg} ab. Es hat sich aber als günstig erwiesen, die berechneten Werte λ in einem Diagramm so einzutragen, dass diese nicht nach t_{Steg} sondern nach $|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ bei $M = 1 \text{ kNm/m}$ aufgereiht sind. D.h. die Skala der Abszisse ist nur eine andere. Durch einfaches Umformen kann die Abhängigkeit von t_{Steg} aber gezeigt werden (**10-43**).

λ wird durch eine rationale Funktion abgebildet:

$$\lambda = -\frac{\mu}{|\sigma_{\text{Nenn}}^M| + \mu} + 1 \quad (10-41)$$

Umformen ergibt:

$$\lambda = \frac{1}{1 + \frac{\mu}{|\sigma_{\text{Nenn}}^M|}} \quad (10-42)$$

$$\lambda = \frac{1}{1 + \frac{\mu * t_{\text{Steg}}^2}{6000}} \quad (10-43)$$

In **Tabelle 10-81**, **Tabelle 10-85** und **Tabelle 10-89** sind alle berechneten λ -Werte nach α aufgeteilt. Jeweils in der ganz rechten Spalte ist der Nennspannungsbetrag bei $M = 1 \text{ kNm/m}$ eingetragen.

Nach $|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ geordnet werden diese Daten in **Tabelle 10-82** bis **Tabelle 10-84**, **Tabelle 10-86** bis **Tabelle 10-88** und **Tabelle 10-90** bis **Tabelle 10-92** ausgewertet.

- Eintragen von $\lambda_{\text{ber.}}$ aus **Tabelle 10-81**, **Tabelle 10-85** und **Tabelle 10-89** in die zugehörigen Berechnungstabellen (Spalte $\lambda_{\text{ber.}}$).
- In Spalte **λ -Modell** ist die rationale Funktion (10-42) mit zu Anfang beliebig gewähltem Zahlenwert für $\mu_{\text{ber.}}$ einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.²** wird die Differenz $\lambda_{\text{ber.}}$ zu **λ -Modell** gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen wird gebildet **Σ Abw.²**.
- Mit dem Excel-Solver wird in jeder Berechnungstabelle das Ziel **Σ Abw.²** soll minimal werden definiert. Dabei wird $\mu_{\text{ber.}}$ variiert, bis das Ziel erreicht ist.

$\alpha=90^\circ, M=1\text{kNm/m}$				
a_{oben} [mm]	8	10	16	$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ bei $M=1\text{kNm/m}$
t_{Steg} [mm]	$\lambda_{\text{ber.}}$ [-]			
20	0,486	0,596	0,663	15,000
30	0,228	0,378	0,691	6,667
40	0,222	0,351	0,648	3,750

vgl. Tabelle 10-72 bis Tabelle 10-74

Tabelle 10-81: $\lambda_{\text{ber.}}$ aus 1. Ebene, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$				
Eingangswert				
$\mu_{\text{ber.}}$	17,061	berechnet		
Endwert				
μ_{fin}	14,343	Tabelle 10-98		
a_{oben} [mm]	8			
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]	$\lambda_{\text{ber.}}$ [-]	λ -Modell [-]	Abw. ²	λ_{fin} [-]
0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000
3,750	0,222	0,180	0,0017	0,207
6,667	0,228	0,281	0,0028	0,317
11,250	...	0,397	...	0,440
15,000	0,486	0,468	0,0003	0,511
20,000	...	0,540	...	0,582
45,000	...	0,725	...	0,758
Σ Abw. ²			0,0049	

**Tabelle 10-82: Ermittlung der Funktionswerte von λ_{fin} für $\alpha = 90^\circ$;
 $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$ und $a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$**

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$				
Eingangswert				
$\mu_{\text{ber.}}$	9,388	berechnet		
Endwert				
μ_{fin}	8,303	Tabelle 10-98		
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	10			
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]	$\lambda_{\text{ber.}} [-]$	$\lambda\text{-Modell} [-]$	Abw ²	$\lambda_{\text{fin}} [-]$
0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000
3,750	0,351	0,285	0,0043	0,311
6,667	0,378	0,415	0,0014	0,445
11,250	...	0,545	...	0,575
15,000	0,596	0,615	0,0004	0,644
20,000	...	0,681	...	0,707
45,000	...	0,827	...	0,844
$\Sigma \text{Abw.}^2$			0,0061	

Tabelle 10-83: Ermittlung der Funktionswerte von λ_{fin} für $\alpha = 90^\circ$;
 $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$ und $a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$				
Eingangswert				
$\mu_{\text{ber.}}$	3,016	berechnet		
Endwert				
μ_{fin}	2,625	Tabelle 10-98		
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	16			
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]	$\lambda_{\text{ber.}} [-]$	$\lambda\text{-Modell} [-]$	Abw ²	$\lambda_{\text{fin}} [-]$
0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000
3,750	0,648	0,554	0,0088	0,588
6,667	0,691	0,689	0,0000	0,717
11,250	...	0,789	...	0,811
15,000	0,663	0,833	0,0286	0,851
20,000	...	0,869	...	0,884
45,000	...	0,937	...	0,945
$\Sigma \text{Abw.}^2$			0,0374	

Tabelle 10-84: Ermittlung der Funktionswerte von λ_{fin} für $\alpha = 90^\circ$;
 $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$ und $a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$

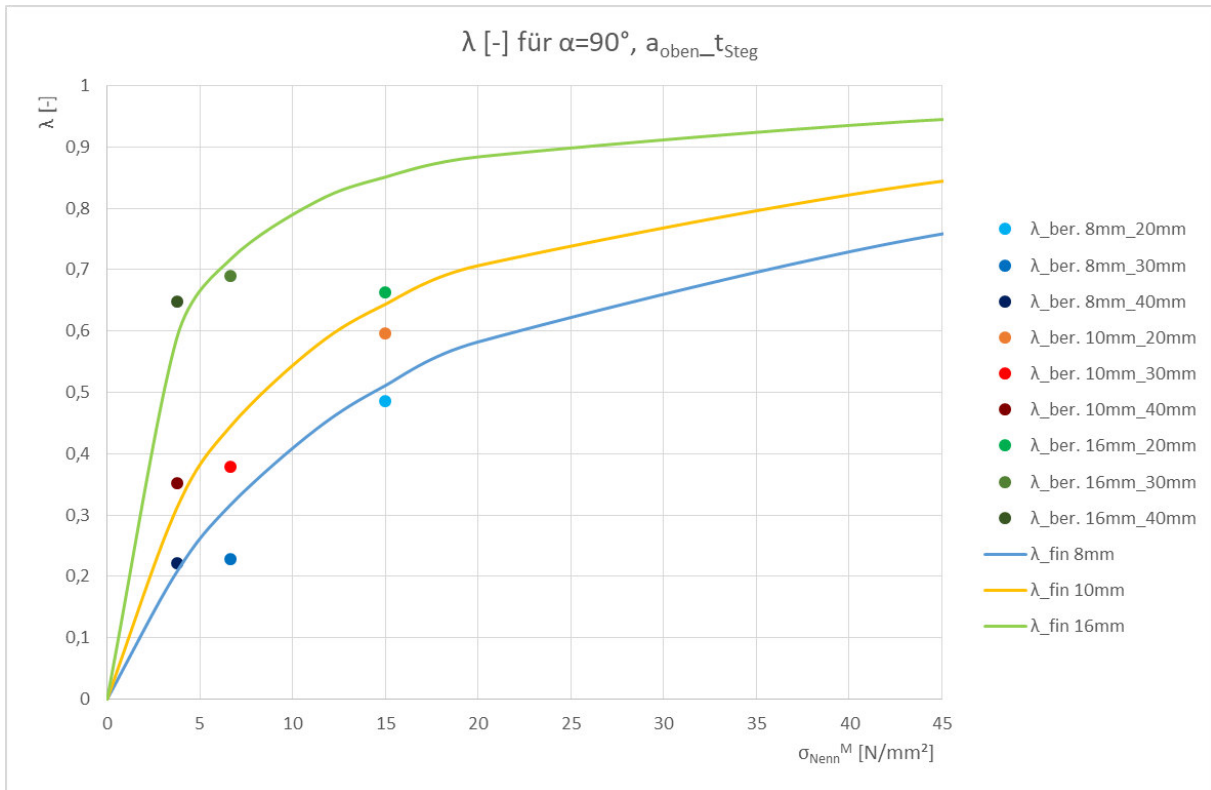


Abbildung 10-42: grafische Darstellung von λ für $\alpha = 90^\circ$

$\alpha=110^\circ, M=1\text{kNm/m}$				
a_{oben} [mm]	8	10	16	$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ bei
t_{Steg} [mm]	$\lambda_{\text{ber.}} [-]$			$M=1\text{kNm/m}$
20	0,523	0,634	0,673	15,000
30	0,303	0,389	0,697	6,667
40	0,220	0,302	0,626	3,750

vgl. Tabelle 10-75 bis Tabelle 10-77

Tabelle 10-85: $\lambda_{\text{ber.}}$ aus 1. Ebene, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$				
Eingangswert				
$\mu_{\text{ber.}}$	14,148	berechnet		
Endwert				
μ_{fin}	12,137	Tabelle 10-98		
a_{oben} [mm]	8			
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]	$\lambda_{\text{ber.}} [-]$	λ -Modell [-]	Abw ²	$\lambda_{\text{fin}} [-]$
0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000
3,750	0,220	0,210	0,0001	0,236
6,667	0,303	0,320	0,0003	0,355
11,250	...	0,443	...	0,481
15,000	0,523	0,515	0,0001	0,553
20,000	...	0,586	...	0,622
45,000	...	0,761	...	0,788
$\Sigma \text{ Abw.}^2$			0,0005	

Tabelle 10-86: Ermittlung der Funktionswerte von λ_{fin} für $\alpha = 110^\circ$; $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$ und $a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$				
Eingangswert				
$\mu_{\text{ber.}}$	9,292	berechnet		
Endwert				
μ_{fin}	7,025	Tabelle 10-98		
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	10			
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]	$\lambda_{\text{ber.}} [-]$	$\lambda\text{-Modell} [-]$	Abw ²	$\lambda_{\text{fin}} [-]$
0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000
3,750	0,302	0,288	0,0002	0,348
6,667	0,389	0,418	0,0008	0,487
11,250	...	0,548	...	0,616
15,000	0,634	0,617	0,0003	0,681
20,000	...	0,683	...	0,740
45,000	...	0,829	...	0,865
$\Sigma \text{Abw.}^2$			0,0013	

Tabelle 10-87: Ermittlung der Funktionswerte von λ_{fin} für $\alpha = 110^\circ$;
 $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$ und $a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$				
Eingangswert				
$\mu_{\text{ber.}}$	3,090	berechnet		
Endwert				
μ_{fin}	2,221	Tabelle 10-98		
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	16			
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]	$\lambda_{\text{ber.}} [-]$	$\lambda\text{-Modell} [-]$	Abw ²	$\lambda_{\text{fin}} [-]$
0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000
3,750	0,626	0,548	0,0060	0,628
6,667	0,697	0,683	0,0002	0,750
11,250	...	0,785	...	0,835
15,000	0,673	0,829	0,0244	0,871
20,000	...	0,866	...	0,900
45,000	...	0,936	...	0,953
$\Sigma \text{Abw.}^2$			0,0306	

Tabelle 10-88: Ermittlung der Funktionswerte von λ_{fin} für $\alpha = 110^\circ$;
 $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$ und $a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$

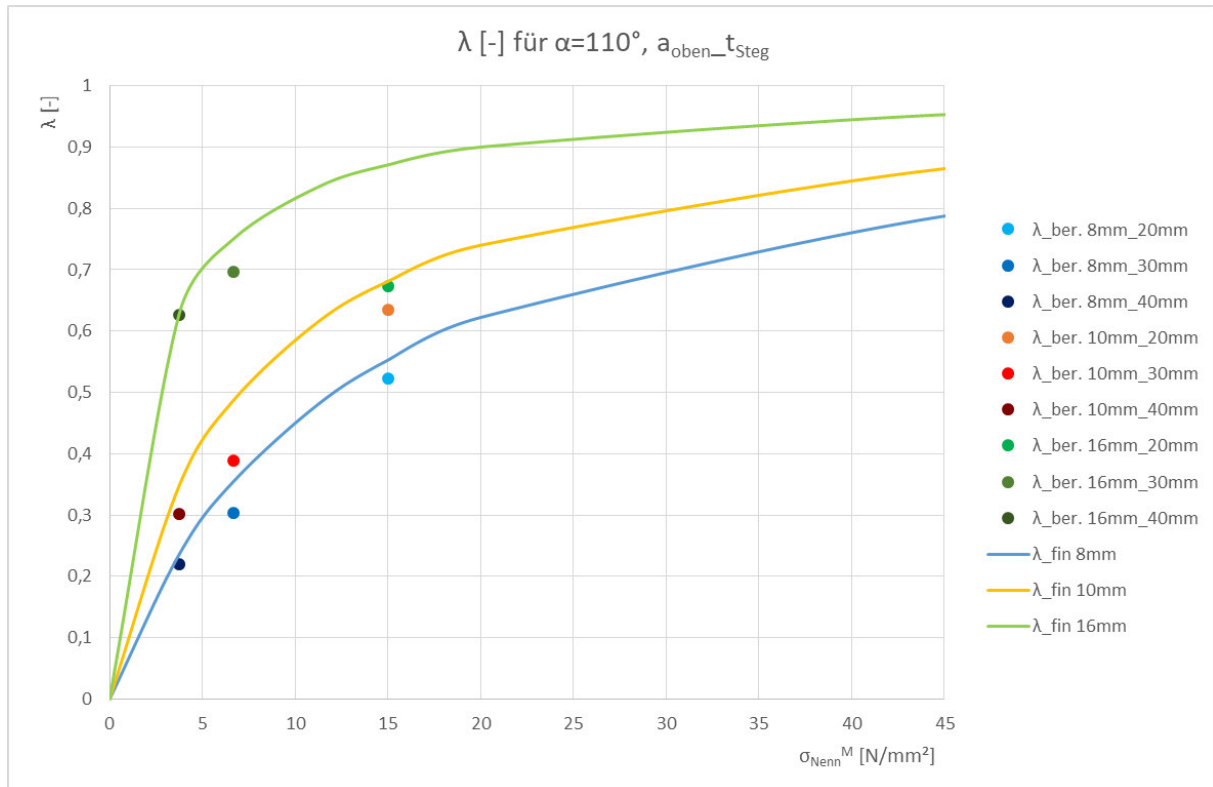


Abbildung 10-43: grafische Darstellung von von λ für $\alpha = 110^\circ$

$\alpha=130^\circ, M=1\text{kNm/m}$					
a_{oben} [mm]	8	10	16	| σ_{Nenn}^M | bei	
t_{Steg} [mm]	$\lambda_{\text{ber.}}$ [-]			M=1kNm/m	
20	0,640	0,735	0,713	15,000	
30	0,378	0,447	0,734	6,667	
40	0,308	0,219	0,602	3,750	

vgl. Tabelle 10-78 bis Tabelle 10-80

Tabelle 10-89: $\lambda_{\text{ber.}}$ aus 1. Ebene, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$				
Eingangswert				
$\mu_{\text{ber.}}$	9,303	berechnet		
Endwert				
μ_{fin}	7,968	Tabelle 10-98		
a_{oben} [mm]	8			
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]	$\lambda_{\text{ber.}}$ [-]	λ -Modell [-]	Abw ²	λ_{fin} [-]
0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000
3,750	0,308	0,287	0,0004	0,320
6,667	0,378	0,417	0,0016	0,456
11,250	...	0,547	...	0,585
15,000	0,640	0,617	0,0005	0,653
20,000	...	0,683	...	0,715
45,000	...	0,829	...	0,850
$\Sigma \text{ Abw.}^2$			0,0025	

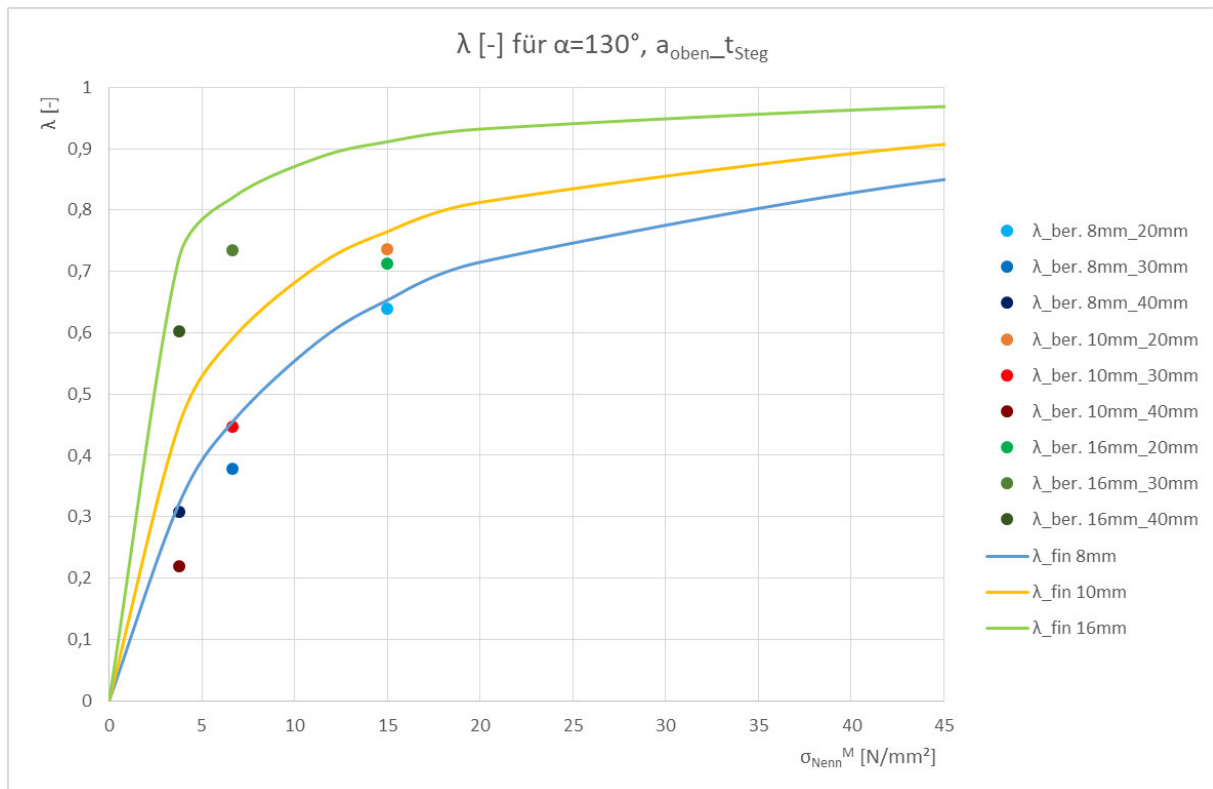
Tabelle 10-90: Ermittlung der Funktionswerte von λ_{fin} für $\alpha = 130^\circ$; $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$ und $a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$				
Eingangswert				
$\mu_{\text{ber.}}$	8,219	berechnet		
Endwert				
μ_{fin}	4,613	Tabelle 10-98		
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	10			
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]	$\lambda_{\text{ber.}} [-]$	$\lambda\text{-Modell} [-]$	Abw ²	$\lambda_{\text{fin}} [-]$
0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000
3,750	0,219	0,313	0,0089	0,448
6,667	0,447	0,448	0,0000	0,591
11,250	...	0,578	...	0,709
15,000	0,735	0,646	0,0080	0,765
20,000	...	0,709	...	0,813
45,000	...	0,846	...	0,907
$\Sigma \text{Abw.}^2$			0,0169	

**Tabelle 10-91: Ermittlung der Funktionswerte von λ_{fin} für $\alpha = 130^\circ$;
 $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$ und $a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$**

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$				
Eingangswert				
$\mu_{\text{ber.}}$	2,896	berechnet		
Endwert				
μ_{fin}	1,458	Tabelle 10-98		
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	16			
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]	$\lambda_{\text{ber.}} [-]$	$\lambda\text{-Modell} [-]$	Abw ²	$\lambda_{\text{fin}} [-]$
0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000
3,750	0,602	0,564	0,0014	0,720
6,667	0,734	0,697	0,0013	0,821
11,250	...	0,795	...	0,885
15,000	0,713	0,838	0,0156	0,911
20,000	...	0,874	...	0,932
45,000	...	0,940	...	0,969
$\Sigma \text{Abw.}^2$			0,0184	

**Tabelle 10-92: Ermittlung der Funktionswerte von λ_{fin} für $\alpha = 130^\circ$;
 $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}, 30\text{mm}, 40\text{mm}$ und $a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$**

Abbildung 10-44: grafische Darstellung von λ für $\alpha = 130^\circ$

3. Ebene (μ)

Zunächst müssen die Werte $\mu_{ber.}$ der 2. Ebene auf ein modifiziertes μ (mod. μ [1/mm]) umgerechnet werden:

$$\text{mod. } \mu = \frac{\mu}{a_{oben}} \text{ [1/mm]} \quad (10-44)$$

α [°]	90	110	130
a_{oben} [mm]	$\mu_{ber.}$ [-]		
8	17,061	14,148	9,303
10	9,388	9,292	8,219
16	3,016	3,090	2,896
α [°]	90	110	130
a_{oben} [mm]	mod. μ [1/mm]		
8	2,133	1,768	1,163
10	0,939	0,929	0,822
16	0,189	0,193	0,181

Tabelle 10-93: Umrechnen von $\mu_{ber.}$ auf mod. μ

Die Werte mod. μ werden mit einer Potenzfunktion der Form:

$$\text{mod. } \mu = \delta * a_{oben}^\epsilon \quad (10-45)$$

angenähert.

ϵ soll dabei für alle Stegblechneigungswinkel α konstant sein.

- Eintragen der Werte **mod. μ** aus **Tabelle 10-93** ($M = 1 \text{ kNm/m}$) in **Tabelle 10-94** bis **Tabelle 10-96** (Spalte **mod. μ**).
- In Spalte **mod. μ -Modell** ist die Potenzfunktion (10-45) mit zu Anfang beliebig gewählten Zahlenwerten für $\delta_{\text{ber.}}$, und $\epsilon_{\text{ber.}}$ einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.** wird die Differenz **mod. μ** zu **mod. μ -Modell** gebildet und in der Spalte **Abw.²** wird diese Differenz quadriert.
- Ist die Differenz **mod. μ** zu **mod. μ -Modell** < 0 , so nimmt der Gewichtungsfaktor (Spalte **Gew.-Faktor**) den Wert 10 an. Ansonsten den Wert 1. Damit werden die Kurven zur sicheren Seite hin verlagert (für genaue Erklärung vgl. **Kapitel 10.1.2.1**). In diesem Fall ist es günstiger, wenn die Modellfunktion bzw. die fertige Funktion **mod. μ_{fin}** kleinere Werte als die berechneten liefert, da μ in der Berechnungsformel für λ im Nenner steht.
- Die Summe der gewichteten, quadrierten Abweichungen wird gebildet $\Sigma \text{ gew. Abw.}^2$.
- Diese Summen aus **Tabelle 10-94** bis **Tabelle 10-96** werden aufsummiert $\Sigma(\Sigma \text{ gew. Abw.}^2)$.
- Mit dem Excel-Solver wird das Ziel $\Sigma(\Sigma \text{ gew. Abw.}^2)$ soll minimal werden definiert. Dabei werden die Eingangswerte in **Tabelle 10-94** bis **Tabelle 10-96** unter Berücksichtigung, dass $\epsilon_{\text{ber.}}$ konstant bleibt, variiert bis das Ziel erreicht ist.

Eingangswerte							
$\delta_{\text{ber.}}$	2518,300	berechnet					
$\epsilon_{\text{ber.}}$	-3,422	berechnet					
Endwerte							
δ_{fin}	2340,000	Tabelle 10-97					
ϵ_{fin}	-3,450	gewählt					
α [°]	90						
a_{oben} [mm]	mod. μ [1/mm]	mod. μ -Modell [1/mm]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	mod. μ_{fin} [1/mm]
8	2,133	2,045	0,0874	0,0076	1	0,0076	1,793
9	...	1,367	...	...	...	...	1,194
10	0,939	0,953	-0,0142	0,0002	10	0,0020	0,830
11	...	0,688	...	...	...	...	0,598
12	...	0,511	...	...	...	...	0,443
13	...	0,388	...	...	...	...	0,336
14	...	0,301	...	...	...	...	0,260
15	...	0,238	...	...	...	...	0,205
16	0,189	0,191	-0,0023	0,0000	10	0,0001	0,164
						$\Sigma \text{ gew. Abw.}^2$	0,0097

Tabelle 10-94: Ermittlung der Funktionswerte von mod. μ_{fin} für $\alpha = 90^\circ$

Eingangswerte							
$\delta_{\text{ber.}}$	2183,840	berechnet					
$\epsilon_{\text{ber.}}$	-3,422	berechnet					
Endwerte							
δ_{fin}	1980,000	Tabelle 10-97					
ϵ_{fin}	-3,450	gewählt					
α [°]	110						
a_{oben} [mm]	mod. μ [1/mm]	mod. μ -Modell [1/mm]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	mod. μ_{fin} [1/mm]
8	1,768	1,774	-0,0051	0,0000	10	0,0003	1,517
9	...	1,185	...	...	...	...	1,010
10	0,929	0,826	0,1027	0,0106	1	0,0106	0,703
11	...	0,596	...	...	...	...	0,506
12	...	0,443	...	...	...	...	0,375
13	...	0,337	...	...	...	...	0,284
14	...	0,261	...	...	...	...	0,220
15	...	0,206	...	...	...	...	0,173
16	0,193	0,165	0,0277	0,0008	1	0,0008	0,139
						Σ gew. Abw. ²	0,0116

Tabelle 10-95: Ermittlung der Funktionswerte von mod. μ_{fin} für $\alpha = 110^\circ$

Eingangswerte							
$\delta_{\text{ber.}}$	1448,412	berechnet					
$\epsilon_{\text{ber.}}$	-3,422	berechnet					
Endwerte							
δ_{fin}	1300,000	Tabelle 10-97					
ϵ_{fin}	-3,450	gewählt					
α [°]	130						
a_{oben} [mm]	mod. μ [1/mm]	mod. μ -Modell [1/mm]	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	mod. μ_{fin} [1/mm]
8	1,163	1,176	-0,0134	0,0002	10	0,0018	0,996
9	...	0,786	...	...	...	...	0,663
10	0,822	0,548	0,2737	0,0749	1	0,0749	0,461
11	...	0,396	...	...	...	...	0,332
12	...	0,294	...	...	...	...	0,246
13	...	0,223	...	...	...	...	0,187
14	...	0,173	...	...	...	...	0,144
15	...	0,137	...	...	...	...	0,114
16	0,181	0,110	0,0713	0,0051	1	0,0051	0,091
						Σ gew. Abw. ²	0,0818
						$\Sigma(\Sigma$ gew. Abw. ²)	0,1036

Tabelle 10-96: Ermittlung der Funktionswerte von mod. μ_{fin} für $\alpha = 130^\circ$; Berechnung von $\Sigma(\Sigma$ gew. Abw.²)

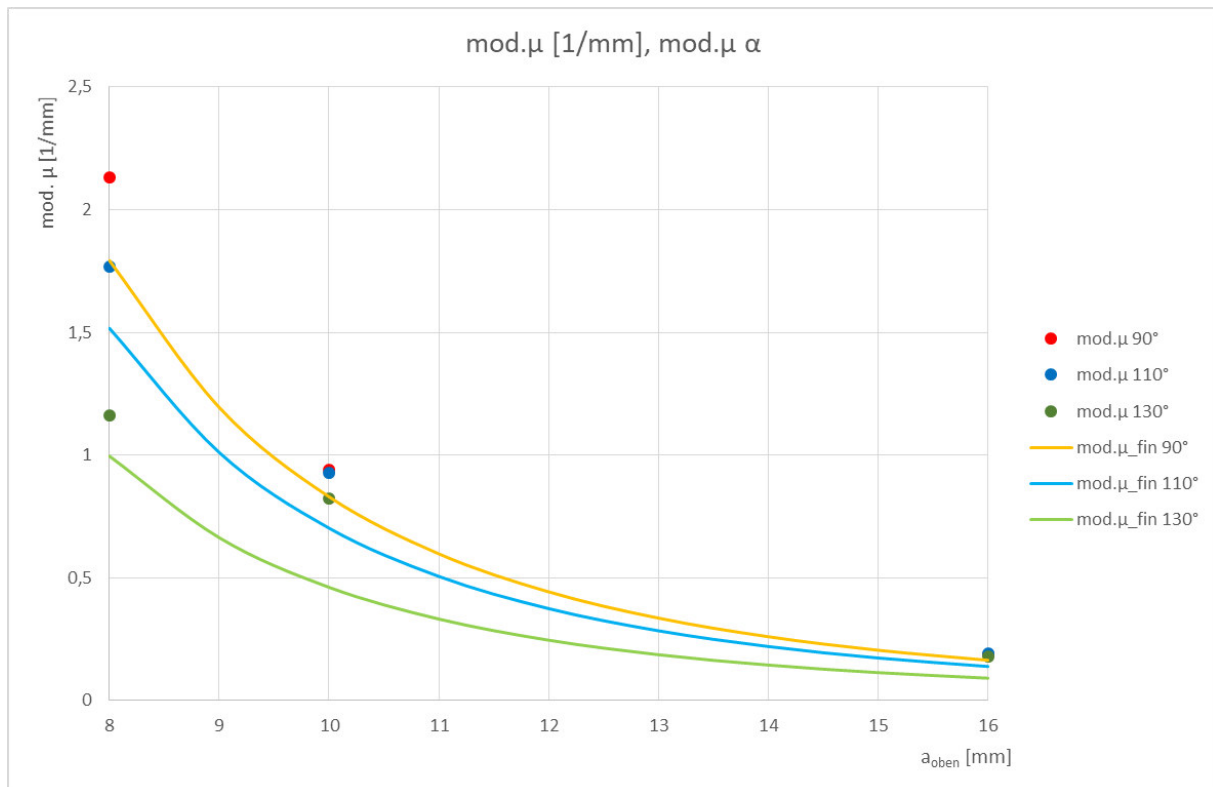


Abbildung 10-45: Darstellung von mod. μ , in diesem Fall liegt die sichere Seite unterhalb der berechneten Werte

4. Ebene (δ)

Dividiert man $\delta_{\text{ber.}}$ durch das zugehörige α , so kann man diese mod. δ -Werte mit einer Geradengleichung darstellen:

$$\text{mod. } \delta = \frac{\delta_{\text{ber.}}}{\alpha} \quad (10-46)$$

$$\text{mod. } \delta = q * \alpha + r \quad (10-47)$$

- Eintragen von $\delta_{\text{ber.}}$ aus **Tabelle 10-94** bis **Tabelle 10-96** in **Tabelle 10-97** (Spalte $\delta_{\text{ber.}}$).
- Berechnen von **mod. δ** durch Anwenden der Formel (10-46).
- In Spalte **mod. δ -Modell** ist die Geradengleichung (10-47) mit zu Anfang beliebig gewähltem Zahlenwert für $q_{\text{ber.}}$ und $r_{\text{ber.}}$ einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.²** wird die Differenz **mod. δ** zu **mod. δ -Modell** gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen wird gebildet $\Sigma \text{Abw.}^2$.
- Mit dem Excel-Solver wird das Ziel $\Sigma \text{Abw.}^2$ soll minimal werden definiert. Dabei werden $q_{\text{ber.}}$ und $r_{\text{ber.}}$ variiert, bis das Ziel erreicht ist.

Eingangswerte						
$q_{ber.}$	-0,421	berechnet				
$r_{ber.}$	65,967	berechnet				
Endwerte						
q_{fin}	-0,400	gewählt				
r_{fin}	62,000	gewählt				
α [°]	$\delta_{ber.}$	mod. $\delta = \delta_{ber.}/\alpha$	mod. δ -Modell	Abw. ²	mod. δ_{fin}	δ_{fin}
90	2518,300	27,981	28,078	0,00945513	26,000	2340,000
110	2183,840	19,853	19,659	0,03782136	18,000	1980,000
130	1448,412	11,142	11,239	0,00945511	10,000	1300,000
Σ Abw. ²				0,0567316		

Tabelle 10-97: Ermittlung der Funktionswerte δ_{fin}

Wahl der Endwerte

- Wählen der Endwerte q_{fin} und r_{fin} .
- Man erhält die Funktion **mod. δ_{fin}** . Diese multipliziert mit α ergibt δ_{fin} , **Tabelle 10-97**.
- Einsetzen von δ_{fin} in **Tabelle 10-94** bis **Tabelle 10-96** und wählen von ϵ_{fin} .
- Die Funktion **mod. μ_{fin}** kann berechnet werden. In **Tabelle 10-98** werden diese Werte noch mit a_{oben} multipliziert, somit bekommt man μ_{fin} .
- μ_{fin} ist in **Tabelle 10-82** bis **Tabelle 10-84**, **Tabelle 10-86** bis **Tabelle 10-88** und **Tabelle 10-90** bis **Tabelle 10-92** einzusetzen.
- Damit ist nun λ_{fin} zu berechnen.
- Wählen von c_{fin} . Dieser Endwert ist für alle Stegblechdicken $20 \text{ mm} \leq t_{steg} \leq 40 \text{ mm}$ gültig.

α [°]	90	110	130
a_{oben} [mm]	mod. μ_{fin} [1/mm]		
8	1,793	1,517	0,996
10	0,830	0,703	0,461
16	0,164	0,139	0,091
α [°]	90	110	130
a_{oben} [mm]	μ_{fin} [-]		
8	14,343	12,137	7,968
10	8,303	7,025	4,613
16	2,625	2,221	1,458

Tabelle 10-98: Rückrechnen von μ_{fin}

Geht man mit den gewählten Endwerten den Weg beginnend bei der untersten Ebene zurück entsteht Stück für Stück die Berechnungsformel für $KF_N(N)$:

4. Ebene

$$\delta_{fin} = (q_{fin} * \alpha + r_{fin}) * \alpha = 62 * \alpha - 0,4 * \alpha^2 \quad (10-48)$$

3. Ebene

$$\begin{aligned}\mu_{\text{fin}} &= (\delta_{\text{fin}} * a_{\text{oben}}^{\varepsilon_{\text{fin}}}) * a_{\text{oben}} \\ &= ((62 * \alpha - 0,4 * \alpha^2) * a_{\text{oben}}^{-3,45}) * a_{\text{oben}} \\ &= \frac{62 * \alpha - 0,4 * \alpha^2}{a_{\text{oben}}^{2,45}}\end{aligned}\quad (10-49)$$

2. Ebene

Einsetzen in Formel (10-43):

$$\lambda_{\text{fin}} = \frac{1}{1 + \frac{\mu_{\text{fin}} * t_{\text{Steg}}^2}{6000}} = \frac{1}{1 + \frac{(62 * \alpha - 0,4 * \alpha^2) * t_{\text{Steg}}^2}{6000 * a_{\text{oben}}^{2,45}}}\quad (10-50)$$

1. Ebene

Wählen von $c = 0,975$

$$KF_N(N) = 0,975^{N+\Delta N} + \lambda \quad | \quad 1 \text{ [kNm/m]}\quad (10-51)$$

Es fehlt nur noch der Wert ΔN , dieser lässt sich durch den Umstand berechnen, dass $KF_N(N)$ an der Stelle $N = 0$ kN/m genau 1,0 ergeben muss:

$$KF_N(0) = 0,975^{\Delta N} + \lambda = 1,0\quad (10-52)$$

$$\begin{aligned}0,975^{\Delta N} &= 1 - \lambda \\ \Delta N &= \log_{0,975}(1 - \lambda) = \frac{\ln(1 - \lambda)}{\ln(0,975)}\end{aligned}\quad (10-53)$$

Alle Bestandteile der Formel $KF_N(N)$ bei $M = 1$ kNm/m (10-40) sind nun bekannt. Jetzt stellt sich noch die Frage, wie man die Kerbfaktoren für sämtliche Momente $M \neq 1$ kNm/m berechnet:

Aus den linear-elastischen Beziehungen geht hervor, dass $KF_N(N)$ (natürlich auch der KF selbst) gleich bleibt, wenn man sowohl das einwirkende Moment und auch die einwirkende Normalkraft mit demselben Faktor x ($x > 0$) multipliziert (vgl. **Tabelle 10-68** bis **Tabelle 10-70**, Faktor 10).

Der $KF_N(N)$ bei $M = 1$ kNm/m ist durch die Funktion (10-40) bestimmt worden und somit für alle N bekannt.

Will man nun $KF_N(N)$ für ein einwirkendes Moment $x*1$ kNm/m an einer beliebigen Stelle N wissen, so ist die Funktion für $M = x*1$ kNm/m immer auf die Funktion (10-40) für $M = 1$ kNm/m zu beziehen:

$$c^{x*N+\Delta N} + \lambda \quad | \quad M=x*1 \text{ [kNm/m]} \triangleq c^{N+\Delta N} + \lambda \quad | \quad M=1 \text{ [kNm/m]}\quad (10-54)$$

$$c^{N+\Delta N} + \lambda \quad | \quad M=x*1 \text{ [kNm/m]} \triangleq c^{\frac{N}{x}+\Delta N} + \lambda \quad | \quad M=1 \text{ [kNm/m]}\quad (10-55)$$

Nimmt man erneut das Beispiel mit dem Faktor 10 zu Hand, so wird die Sachlage anschaulicher. Gesucht ist $KF_N(N)$ bei $N = 30$ kN/m und $M = 10$ kNm/m:

$$c^{30+\Delta N} + \lambda \quad | \quad M=10 \text{ [kNm/m]} \triangleq c^{\frac{30}{10}+\Delta N} + \lambda \quad | \quad M=1 \text{ [kNm/m]}\quad (10-56)$$

$KF_N(N)$ bei $N = 30 \text{ kN/m}$ und $M = 10 \text{ kNm/m}$ entspricht dem $KF_N(N)$ bei $N = 3 \text{ kN/m}$ und $M = 1 \text{ kNm/m}$, welcher ja bekannt ist.

Erweitert man in **(10-55)**, rechte Seite, den Bruch im Exponenten mit $M = 1 \text{ kNm/m}$, so kann man anstatt des Faktors x den Betrag des einwirkenden Moments (in kNm/m) einsetzen:

$$KF_N(N) = c \frac{1}{|M|}^{N+\Delta N} + \lambda \quad |M|_{[\text{kNm/m}]} \quad (10-57)$$

Für das bis jetzt erstellte Formelwerk $\mathcal{A}_{k,KS2}^M$ sind nur positive Normalkräfte herangezogen worden. Dementsprechend besteht dessen Gültigkeit auch nur für $N \geq 0$.

Um die Kerbfunktion auf alle reellen Normalkraftwerte anwenden zu können, muss:

- im Exponenten von $KF_N(N)$ anstatt N der Betrag $|N|$ eingesetzt werden.
- die gesamte Kerbfunktion mit $\frac{N}{|N|}$ multipliziert werden. Bei $N = 0 \text{ kN/m}$ ist dieser Bruch nicht definiert und in diesem Fall gleich 1,0 zu setzen.

Multipliziert man die Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,KS2}^M$ noch mit dem Betrag der Nennspannung $|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$, kann man die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle 2 berechnen. Ob σ_{Kerb}^M ein positives oder negatives Vorzeichen annimmt, hängt also nur von $\frac{N}{|N|}$ ab. So kann bei der Überlagerung mit der Kerbspannung aus Normalkraft sichergestellt werden, dass sich σ_{Kerb}^M „+“ σ_{Kerb}^N auf jeden Fall betragsmäßig erhöht.

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{Kerb}}^M &= |\sigma_{\text{Nenn}}^M| * \frac{N}{|N|} * KF_0 * KF_N(N) \\ &= |\sigma_{\text{Nenn}}^M| * \frac{N}{|N|} * \left(5,48 + \frac{39}{t_{\text{Steg}}} \right) * \frac{1}{\alpha^{0,264}} * \left(0,975 \frac{1}{|M|}^{|N| + \frac{\ln(1-\lambda)}{\ln(0,975)}} + \lambda \right) \end{aligned} \quad (10-58)$$

mit

$$\lambda = \frac{1}{1 + \frac{(62 * \alpha - 0,4 * \alpha^2) * t_{\text{Steg}}^2}{6000 * a_{\text{oben}}^{2,45}}}$$

Abbildung 10-46 bis **Abbildung 10-48** zeigen drei ausgewählte Beispiele, an denen die berechnete Kerbspannung nach den Formeln **(10-30)** für σ_{Kerb}^N und **(10-58)** für σ_{Kerb}^M mit den Kerbspannungen aus den FE-Modellen verglichen wird.

Durch die zahlreichen notwendigen Vereinfachungen liegen die berechneten Werte zum Teil auf der sehr sicheren Seite. In vielen Fällen geben die berechneten Kerbspannungen die tatsächlichen aber auch sehr gut wieder.

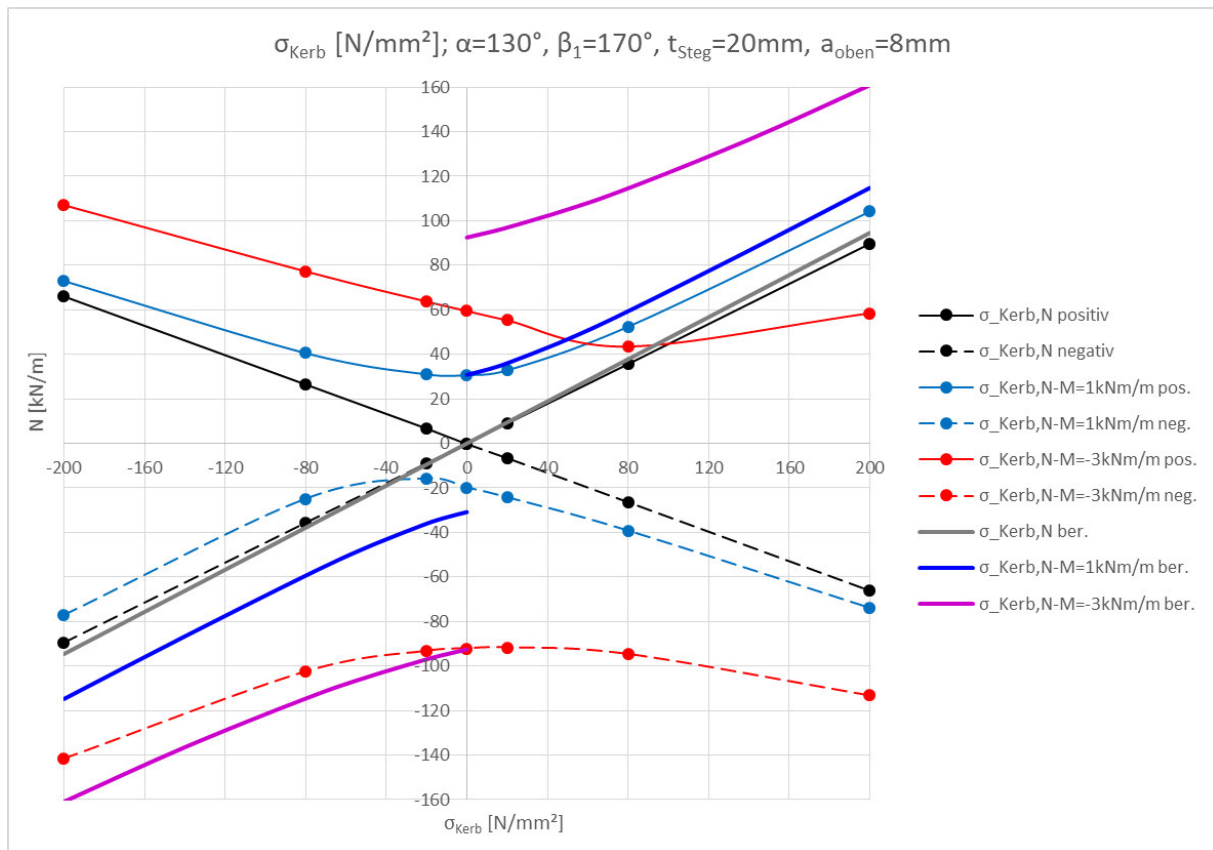


Abbildung 10-46: Vergleich der berechneten Kerbspannungen mit jenen aus dem FE-Modellen

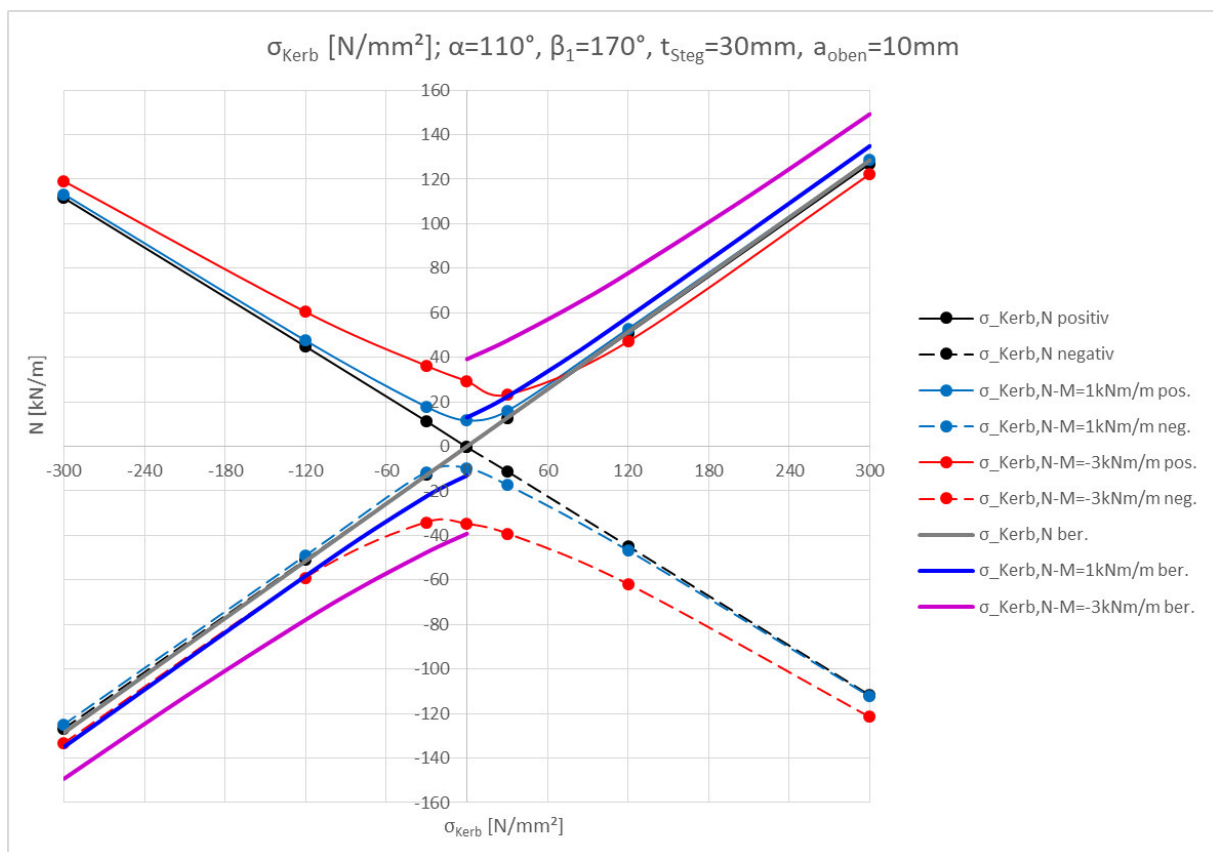


Abbildung 10-47: Vergleich der berechneten Kerbspannungen mit jenen aus dem FE-Modellen

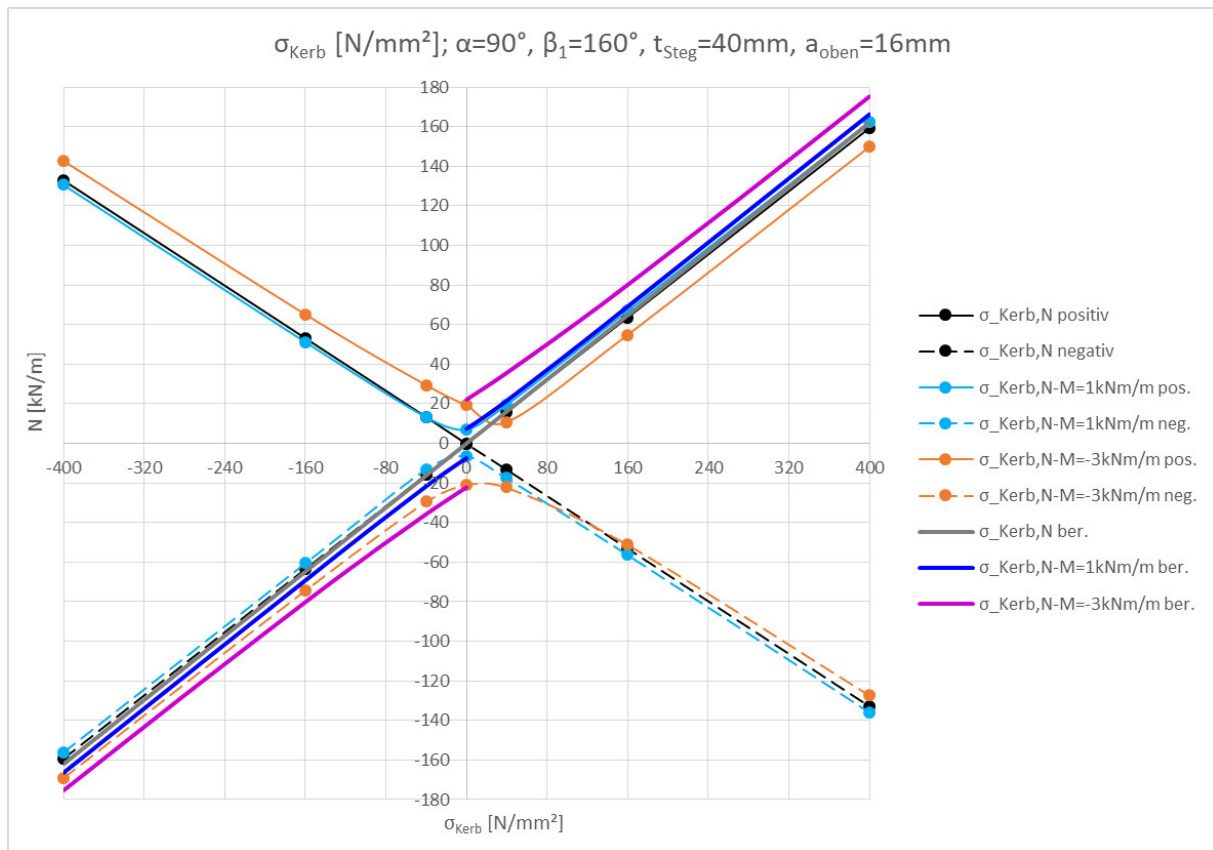


Abbildung 10-48: Vergleich der berechneten Kerbspannungen mit jenen aus dem FE-Modellen

10.2.3 Kerbfunktion bei reiner Querkraftbelastung

Zunächst wird angenommen, dass die Kerbspannungen zufolge Querkraft aus einer Schnittgrößenkombination $N-M-V$ zu ermitteln sind. Dabei werden N und M so gewählt, dass die Kerbspannungen $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ zu dieser Kombination bereits vom **Kapitel 10.2.2** bekannt sind. Somit lässt sich $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ einfach berechnen:

$$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V = \sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V} - \sigma_{\text{Kerb}}^{N-M} \quad (10-59)$$

Anschließend wird in **Tabelle 10-99** bis **Tabelle 10-101** anhand dreier Beispiele gezeigt, dass eine Kombination an Schnittgrößen, bei denen sowohl M als auch V das gleiche Vorzeichen aufweisen, unbrauchbare Ergebnisse liefert. An den errechneten Kerbfaktoren ist zu erkennen, dass diese teilweise negative Werte annehmen. Das bedeutet, dass eine zusätzlich wirkende Querkraft in solchen Fällen die gesamte Kerbspannung reduziert. Obwohl dies günstigere Ergebnisse mit sich bringen würde, wird vereinfachend auf die Berücksichtigung dieses Umstandes verzichtet. Daher werden für die weiteren Untersuchungen die Schnittgrößen so gewählt, dass M und V unterschiedliche Vorzeichen aufweisen.

In **Tabelle 10-102** bis **Tabelle 10-105** wird bei den festgehaltenen Parametern $\beta_1 = 160^\circ$ und $t_{\text{Steg}} = 30 \text{ mm}$ die Abhängigkeit von der Normalkraft näher betrachtet (analog zum vorhergehenden Kapitel). Dazu werden stichprobenartig die Modelltypen:

- $\alpha = 90^\circ, a_{\text{oben}} = 16 \text{ mm}$
- $\alpha = 110^\circ, a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}$
- $\alpha = 130^\circ, a_{\text{oben}} = 8 \text{ mm}$

herangezogen.

Bei Betrachtung der daraus errechneten Kerbfaktoren in **Abbildung 10-49**, sowie der Kerbspannungen in **Abbildung 10-50** ist zu erkennen, dass für kleine Querkräfte eine Abhängigkeit von N gegeben ist. Bei ebendiesen kleinen Querkräften ist $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ so klein, dass es unterhalb jeglicher Genauigkeitsgrenzen der bereits erstellten Formeln liegt und somit die Abhängigkeit vernachlässigt werden kann. Wächst die eingeprägte Querkraft an, so sind die Kerbfaktoren für jedes N nahezu konstant. Ob bei kleinen V auch eine Abhängigkeit vom ebenfalls eingepägten Moment besteht, lässt sich anhand dieser Stichproben nicht sagen. Werden die Kerbfaktoren zufolge großer Querkraft konstant, kann man schlussfolgern, dass von M keine Abhängigkeit vorhanden ist.

Mit dieser Erkenntnis ist es möglich, für die Berechnung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,kS2}^V$ nur Modelle heranzuziehen, bei denen die Querkraft (und das Ausgleichsmoment) als einzige Schnittgröße eingepägt ist (sind). Für $t_{\text{Steg}} = 30 \text{ mm}$ ist die Ermittlung der Kerbfaktoren **Tabelle 10-106** bis **Tabelle 10-108** zu entnehmen. Die analogen Tabellen zu $t_{\text{Steg}} = 20 \text{ mm}$ und 40 mm befinden sich im **Anhang C**.

$\alpha=90^\circ, \beta_1=160^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
SG-Kombination		N[kN/m] - M=1[kNm/m] - V=2[kN/m]		$\triangleq V=2 \text{ [kN/m]}$			
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]	KF [-]
		positiv	negativ	positiv	negativ		
-300	-10	118,049	-145,282	-0,569	-0,036	-	-
-120	-4	48,098	-56,770	-0,718	-0,048	-	-
-30	-1	16,799	-12,976	-1,014	-0,162	-	-
0	0	...	...	...	...	...	...
30	1	18,732	-18,789	-0,393	-0,054	-0,054	-0,540
120	4	61,979	-51,212	-0,072	0,203	0,203	2,030
300	10	150,506	-121,211	-0,021	0,380	0,380	3,800
$\alpha=90^\circ, \beta_1=160^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
SG-Kombination		N[kN/m] - M=-3[kNm/m] - V=-5[kN/m]		$\triangleq V=-5 \text{ [kN/m]}$			
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]	KF [-]
		positiv	negativ	positiv	negativ		
-300	-10	114,207	-151,826	-0,039	-0,572	-	-
-120	-4	60,877	-76,967	-0,263	-1,001	-	-
-30	-1	36,428	-45,401	-0,439	-1,800	-	-
0	0	...	...	...	...	...	...
30	1	22,106	-36,143	-0,538	-2,207	-0,439	-1,756
120	4	34,840	-43,774	-0,135	-1,926	-0,135	-0,540
300	10	109,876	-88,562	0,120	-1,185	0,120	0,480

Tabelle 10-99: SG-Kombination mit gleichem Vorzeichen bei M und V, $\alpha=90^\circ$

$\alpha=110^\circ, \beta_1=160^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$							
SG-Kombination		N[kN/m] - M=1[kNm/m] - V=2[kN/m]		$\triangle V=2$ [kN/m]			
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]	KF [-]
		positiv	negativ	positiv	negativ		
-300	-10	125,204	-134,932	-0,926	-0,042	-	-
-120	-4	51,874	-53,696	-1,050	-0,086	-	-
-30	-1	17,286	-13,257	-1,359	-0,170	-	-
0	0	...	...	...	...	...	...
30	1	14,575	-17,774	-0,304	-0,064	-0,064	-0,640
120	4	54,820	-50,725	0,008	0,481	0,481	4,810
300	10	136,098	-123,761	0,019	0,636	0,636	6,360

$\alpha=110^\circ, \beta_1=160^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
SG-Kombination		N[kN/m] - M=-3[kNm/m] - V=-5[kN/m]		$\triangle V=-5$ [kN/m]			
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]	KF [-]
		positiv	negativ	positiv	negativ		
-300	-10	121,313	-133,956	0,580	-0,223	-	-
-120	-4	61,833	-60,468	-0,035	-0,725	-	-
-30	-1	36,898	-31,233	-0,418	-2,788	-	-
0	0	...	...	...	...	...	...
30	1	23,434	-33,432	-0,616	-3,346	-0,418	-1,672
120	4	42,797	-55,327	-0,332	-2,966	-0,035	-0,140
300	10	116,828	-114,591	-0,114	-2,389	0,580	2,320

Tabelle 10-100: SG-Kombination mit gleichem Vorzeichen bei M und V, $\alpha=110^\circ$

$\alpha=130^\circ, \beta_1=160^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
SG-Kombination		N[kN/m] - M=1[kNm/m] - V=2[kN/m]		$\triangle V=2$ [kN/m]			
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]	KF [-]
		positiv	negativ	positiv	negativ		
-300	-10	71,651	-78,429	-0,363	0,411	-	-
-120	-4	26,881	-26,932	-0,598	0,359	-	-
-30	-1	9,628	-4,239	-1,265	-0,349	-	-
0	0	...	...	...	...	...	...
30	1	17,612	-16,072	-0,839	-0,195	-0,195	-1,950
120	4	42,756	-37,765	-0,576	-0,026	0,359	3,590
300	10	94,247	-83,276	-0,508	0,084	0,411	4,110

$\alpha=130^\circ, \beta_1=160^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$							
SG-Kombination		N[kN/m] - M=-3[kNm/m] - V=-5[kN/m]		$\triangle V=-5$ [kN/m]			
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]	KF [-]
		positiv	negativ	positiv	negativ		
-300	-10	108,724	-103,324	0,708	-1,067	-	-
-120	-4	56,332	-45,790	-0,338	-1,659	-	-
-30	-1	35,431	-23,510	-0,839	-4,678	-	-
0	0	...	...	...	...	...	...
30	1	24,367	-30,214	-0,989	-4,846	-0,839	-3,356
120	4	33,818	-53,252	0,335	-4,204	0,335	1,340
300	10	91,660	-109,300	0,588	-3,497	0,708	2,832

Tabelle 10-101: SG-Kombination mit gleichem Vorzeichen bei M und V, $\alpha=130^\circ$

$\beta_1=160^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}$								
N [kN/m] - M=1 [kNm/m] - V=-1 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	91,228	-122,172	111,415	-122,004	104,578	-94,809
	-120	-4	35,906	-45,063	46,428	-47,267	44,729	-36,687
	-30	-1	14,166	-7,836	17,277	-10,447	17,298	-7,994
	0	0	14,152	-9,938	11,79708	-10,2464	11,043	-10,381
	30	1	22,399	-17,665	16,882	-17,792	13,374	-16,567
120	4	59,422	-44,193	53,059	-47,045	41,452	-42,101	
300	10	136,534	-100,238	127,753	-111,975	99,629	-101,412	
V=-1 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	0,133	-0,057	0,367	0,007	0,573	-7,239
	-120	-4	0,211	-0,033	0,454	0,008	0,660	-3,784
	-30	-1	0,415	0,049	0,621	0,078	0,884	-1,916
	0	0	0,443	0,115	0,671	0,144	1,000	0,833
	30	1	0,238	0,065	0,251	0,044	0,479	0,841
120	4	0,112	-0,004	0,044	-0,116	0,214	-0,686	
300	10	0,090	-0,037	0,023	-0,216	0,176	-4,745	
V=-1 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]	
	0	0	0,443		0,671		1,000	
	30	1	0,415		0,621		0,884	
	120	4	0,211		0,454		0,660	
	300	10	0,133		0,367		0,573	
	$|\tau_{\text{Nenn}}|$ [N/mm ²]	0,05						
V=-1 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
	0	0	8,868		13,422		19,998	
	30	1	8,300		12,420		17,680	
	300	10	2,660		7,340		11,460	

Tabelle 10-102: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$, Kerbfaktoren bei V=-1kN/m

$\beta_1=160^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}$								
N [kN/m] - M=-3 [kNm/m] - V=2 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	114,272	-152,642	120,501	-134,32	107,733	-104,873
	-120	-4	61,253	-78,369	61,9	-61,513	56,825	-48,216
	-30	-1	37,050	-47,927	37,4893	-35,167	36,606	-30,079
	0	0	29,700	-42,013	30,5948	-34,71916	30,936	-32,128
	30	1	22,861	-39,233	24,296	-38,117	25,759	-36,998
120	4	35,036	-46,473	43,264	-59,493	33,396	-59,153	
300	10	109,708	-90,221	117,003	-117,936	90,837	-114,199	
V=2 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	0,026	0,244	-0,232	0,141	-0,283	0,482
	-120	-4	0,113	0,401	0,032	0,320	0,155	0,767
	-30	-1	0,183	0,726	0,173	1,146	0,336	1,891
	0	0	0,230	0,887	0,289	1,342	0,413	2,000
	30	1	0,217	0,883	0,246	1,339	0,403	1,938
120	4	0,061	0,773	0,135	1,200	-0,087	1,697	
300	10	-0,048	0,474	0,061	0,956	-0,235	1,402	
V=2 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]	
	0	0	0,887		1,342		2,000	
	30	1	0,883		1,339		1,938	
	120	4	0,773		1,200		1,697	
	300	10	0,474		0,956		1,402	
	$|\tau_{\text{Nenn}}|$ [N/mm ²]	0,10						
V=2 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
	0	0	8,868		13,422		19,998	
	30	1	8,830		13,390		19,380	
	120	4	7,730		12,000		16,970	
300	10	4,740		9,560		14,020		

Tabelle 10-103: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$, Kerbfaktoren bei V=2kN/m

$\beta_1=160^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}$								
N [kN/m] - M=10 [kNm/m] - V=-5 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	139,585	-78,115	169,664	-104,077	168,559	-80,154
	-120	-4	129,547	-71,768	129,319	-76,901	125,736	-82,392
	-30	-1	135,313	-91,735	116,989	-95,106	109,560	-97,325
	0	0	139,307	-98,804	114,6154	-101,742	105,430	-102,773
	30	1	144,059	-105,988	113,48	-108,243	102,060	-108,126
120	4	164,194	-128,417	118,625	-129,772	99,015	-125,729	
300	10	222,762	-176,324	167,537	-177,7	131,287	-165,084	
V=-5 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	2,075	0,245	3,103	0,392	4,422	-0,212
	-120	-4	2,214	0,553	3,332	0,615	4,791	1,008
	-30	-1	2,123	0,515	3,335	0,566	4,977	0,942
	0	0	2,217	0,574	3,355	0,722	5,000	1,033
	30	1	2,014	0,475	3,218	0,498	4,980	0,890
120	4	1,709	0,422	2,681	0,417	4,587	0,839	
300	10	1,157	0,324	1,232	0,219	2,338	0,586	
V=-5 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]	
	0	0	2,217		3,355		5,000	
	30	1	2,123		3,335		4,980	
	120	4	2,214		3,332		4,791	
	300	10	2,075		3,103		4,422	
	$|\tau_{\text{Nenn}}|$ [N/mm ²]	0,25						
V=-5 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
	0	0	8,868		13,422		19,998	
	30	1	8,492		13,340		19,920	
	120	4	8,856		13,328		19,164	
300	10	8,300		12,412		17,688		

Tabelle 10-104: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$, Kerbfaktoren bei V=-5kN/m

$\beta_1=160^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}$								
N [kN/m] - M=-20 [kNm/m] - V=25 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	273,651	-350,138	275,706	-254,545	265,946	-214,870
	-120	-4	228,098	-305,663	231,968	-236,572	230,371	-214,386
	-30	-1	206,097	-289,126	211,374	-237,514	213,557	-222,321
	0	0	199,338	-285,258	205,65	-239,290333	208,653	-225,851
	30	1	191,963	-280,724	198,296	-241,447	202,838	-229,814
120	4	171,332	-271,339	179,409	-250,635	187,166	-243,639	
300	10	132,681	-265,189	144,577	-279,778	158,507	-278,669	
V=25 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$ [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-300	-10	2,080	8,112	2,088	12,039	3,842	21,322
	-120	-4	2,302	9,735	2,432	15,567	4,419	24,602
	-30	-1	2,420	10,199	2,649	16,287	4,669	24,998
	0	0	2,871	11,085	3,610	16,777	5,166	24,998
	30	1	2,545	10,616	2,829	16,677	4,712	24,969
120	4	2,652	10,914	2,911	16,776	4,908	24,709	
300	10	2,816	11,075	3,200	16,487	5,082	23,956	
V=25 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$ [N/mm ²]	
			11,085		16,777		24,998	
	30	1	10,616		16,677		24,998	
	120	4	10,914		16,776		24,709	
	300	10	11,075		16,487		23,956	
$|\tau_{\text{Nenn}}|$ [N/mm ²]		1,25						
V=25 [kN/m]	α [°]	90		110		130		
	a_{oben} [mm]	16		10		8		
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
			8,868		13,422		19,998	
	30	1	8,493		13,342		19,998	
	120	4	8,731		13,421		19,767	
300	10	8,860		13,190		19,165		

Tabelle 10-105: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M-V}$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V$, $\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^V$, Kerbfaktoren bei V=25kN/m

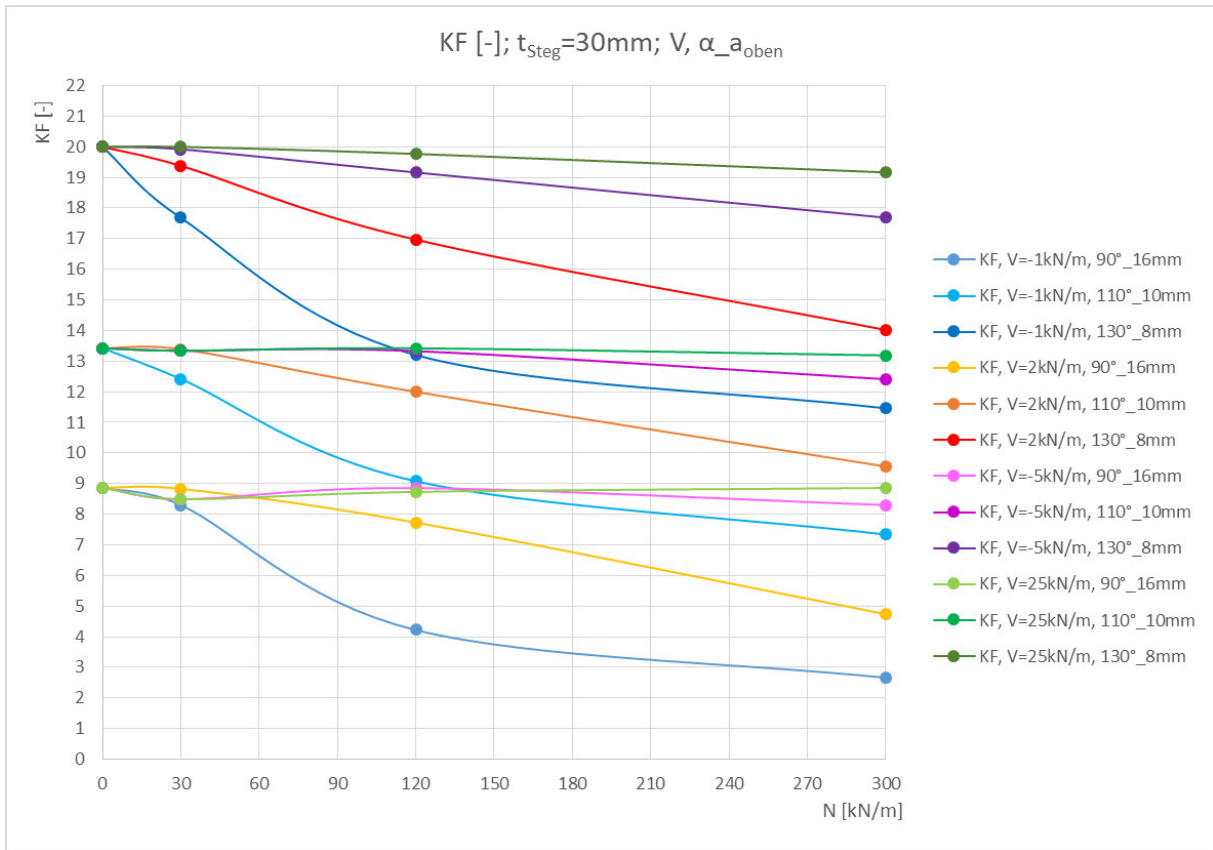


Abbildung 10-49: grafische Darstellung der KF aus Tabelle 10-102 bis Tabelle 10-105

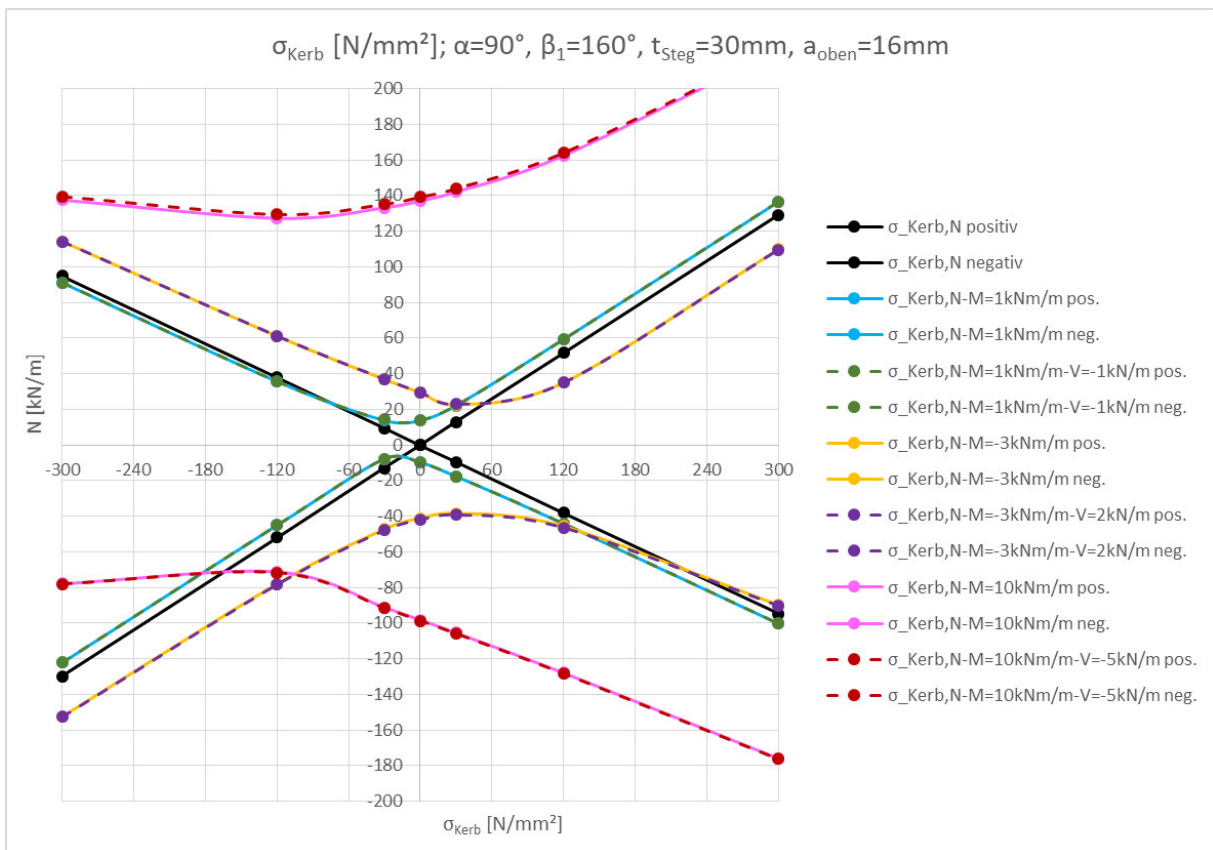


Abbildung 10-50: grafische Darstellung der Kerbspannungen aus Tabelle 10-102 bis Tabelle 10-105

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, V=25\text{ kN/m}$						
$\beta_1 [^\circ]$	135		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$	
	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
8	5,047	-16,999	4,229	-15,325	3,604	-14,209
10	4,078	-15,081	3,475	-13,700	2,972	-12,764
16	2,904	-11,831	2,871	-11,085	2,892	-10,462
$\beta_1 [^\circ]$	135		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$	
8	16,999		15,325		14,209	
10	15,081		13,700		12,764	
16	11,831		11,085		10,462	
$|\tau_{\text{Nenn}}| [\text{N/mm}^2]$	1,25					
$\beta_1 [^\circ]$	135		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
8	13,599		12,260		11,367	
10	12,065		10,960		10,211	
16	9,465		8,868		8,370	

Tabelle 10-106: Ermittlung der Kerbfaktoren für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, V=25\text{ kN/m}$						
$\beta_1 [^\circ]$	145		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$	
	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
8	4,510	-19,298	4,525	-18,900	4,279	-18,176
10	3,525	-17,055	3,610	-16,777	3,454	-16,164
16	3,368	-13,077	3,292	-13,074	3,253	-12,716
$\beta_1 [^\circ]$	145		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$	
8	19,298		18,900		18,176	
10	17,055		16,777		16,164	
16	13,077		13,074		12,716	
$|\tau_{\text{Nenn}}| [\text{N/mm}^2]$	1,25					
$\beta_1 [^\circ]$	145		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
8	15,438		15,120		14,541	
10	13,644		13,422		12,931	
16	10,462		10,459		10,173	

Tabelle 10-107: Ermittlung der Kerbfaktoren für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, V=25\text{ kN/m}$						
$\beta_1 [^\circ]$	155		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$	
	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
8	5,283	-25,314	5,166	-24,998	5,047	-24,935
10	5,015	-22,299	4,904	-22,050	4,782	-22,035
16	4,405	-16,673	4,360	-16,615	4,285	-16,783

$\beta_1 [^\circ]$	155		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$	
8	25,314		24,998		24,935	
10	22,299		22,050		22,035	
16	16,673		16,615		16,783	

$|\tau_{\text{Nenn}}| [\text{N/mm}^2]$	1,25					
$\beta_1 [^\circ]$	155		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
8	20,251		19,998		19,948	
10	17,839		17,640		17,628	
16	13,338		13,292		13,426	

Tabelle 10-108: Ermittlung der Kerbfaktoren für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$

Im Hinblick auf β_1 in **Tabelle 10-106** bis **Tabelle 10-108** unterscheiden sich die Kerbfaktoren kaum voneinander. Daher wird pro Schweißnahtmaß a_{oben} der maximale KF zum Annähern der Kerbfunktion herangezogen:

KF _{max} [-]				
$t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$	$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\alpha [^\circ]$		
		90	110	130
	8	10,072	11,370	14,743
	10	9,056	10,167	13,066
	16	7,212	7,969	9,762

$t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$	$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\alpha [^\circ]$		
		90	110	130
	8	13,599	15,438	20,251
	10	12,065	13,644	17,839
	16	9,465	10,462	13,426

$t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$	$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\alpha [^\circ]$		
		90	110	130
	8	17,233	19,499	25,572
	10	15,149	17,126	22,447
	16	11,621	12,982	16,810

vgl. Tabelle 10-106 bis Tabelle 10-108

Tabelle 10-109: Zusammenfassung aller Kerbfaktoren, die Abhängigkeit von β_1 ist nicht mehr vorhanden

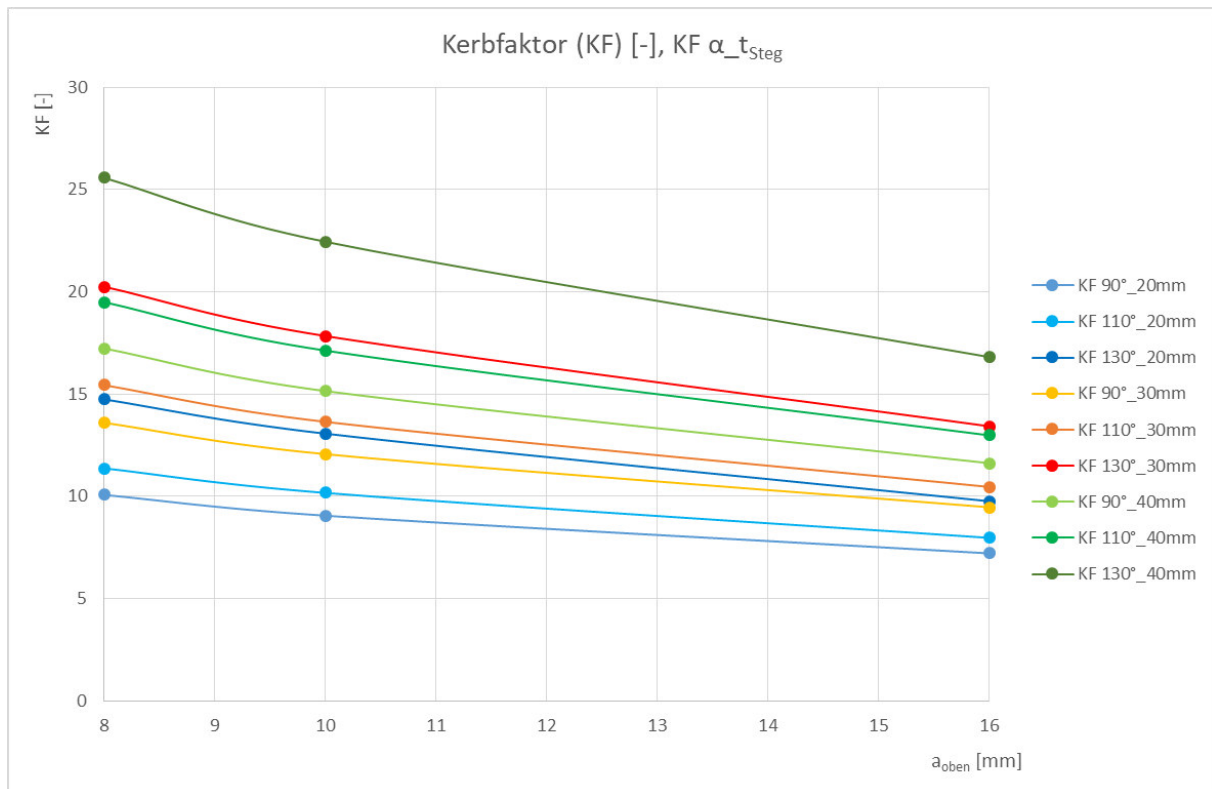


Abbildung 10-51: grafische Darstellung der Kerbfaktoren

Zunächst wird der modifizierte Kerbfaktor (mod. KF) eingeführt:

$$\text{mod. KF} = \text{KF} * t_{\text{Steg}} * \text{Faktor} [\text{mm}] \quad (10-60)$$

Durch die Multiplikation mit der Stegblechdicke und einem Faktor, welcher von t_{Steg} abhängt, lassen sich die Kurven mod. KF [mm] sehr gut übereinander legen (siehe **Abbildung 10-52**). Die Abhängigkeit der Stegblechdicke ist somit abgehandelt.

Der Faktor ist durch die Potenzfunktion:

$$\text{Faktor} = \theta * t_{\text{Steg}}^{\omega} [-] \quad (10-61)$$

darzustellen. Approximieren dieser Kurven ergibt die gesuchte modifizierte Kerbfunktion:

$$\text{mod. } \mathcal{A}_{k,kS2}^V = \mathcal{A}_{k,kS2}^V * t_{\text{Steg}} * \text{Faktor} [\text{mm}] \quad (10-62)$$

10.2.3.1 Berechnung der Eingangswerte (Faktor)

An dieser Stelle wird in den folgenden Tabellen zunächst nur auf die Eingangswerte sowie auf die Spalten bis einschließlich „**Abw.**“ eingegangen. Die Erklärung zu den Endwerten bzw. den Spalten mit dem Index „fin“ folgt im nächsten Unterpunkt.

- Einprogrammieren der Formel (10-60) in die **Tabelle 10-110**. Der jeweilige **Faktor** ist zu Anfang beliebig gewählt, jedoch soll der **Faktor** bei $t_{\text{Steg}} = 20$ mm den Wert 1,0 annehmen.
- In den Zellen **Abw.**² wird die Differenz der jeweils zusammenpassenden Tabelleneinträge $t_{\text{Steg}} = 20$ mm zu $t_{\text{Steg}} = 30$ mm bzw. $t_{\text{Steg}} = 30$ mm zu $t_{\text{Steg}} = 40$ mm gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen in diesen beiden Tabellenblöcken wird gebildet $\Sigma \text{Abw.}^2$.
- Die quadrierten Abweichungen werden addiert $\Sigma(\Sigma \text{Abw.}^2)$.

- Mit dem Excel-Solver wird das Ziel, $\Sigma(\Sigma \text{Abw.}^2)$ soll minimal werden, definiert und die Eingangswerte werden variiert, bis das Ziel erreicht ist.
- Die berechneten Eingangswerte „Faktor [-]“ werden in **Tabelle 10-111** übertragen.
- Dort ist in der Spalte **Faktor-Modell [-]** die Potenzfunktion (10-61) mit zu Anfang beliebig gewählten Zahlenwerten für $\theta_{\text{ber.}}$, und $\omega_{\text{ber.}}$ einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.²** wird die Differenz **Faktor [-]** zu **Faktor-Modell [-]** gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen wird gebildet $\Sigma \text{Abw.}^2$.
- Mit dem Excel-Solver wird das Ziel $\Sigma(\Sigma \text{Abw.}^2)$ soll minimal werden definiert und die Eingangswerte werden variiert, bis das Ziel erreicht ist.

Eingangswerte				
t_{Steg} [mm]	Faktor [-]			
20	1,000	ber./ gew.		
30	0,492	berechnet		
40	0,294	berechnet		

mod. KF [mm]					quadrierte Abweichungen							
$t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$					α [°]				$\text{Abw.}^2 = (t_{\text{Steg}}=20\text{mm}-t_{\text{Steg}}=30\text{mm})^2$			
					a_{oben} [mm]	90	110	130	α [°]			
					8	201,440	227,392	294,859	a_{oben} [mm]	90	110	130
					10	181,120	203,349	261,312	8	0,488	0,248	16,603
	16	144,245	159,381	195,232	10	9,171	3,789	4,069				
					16	20,547	24,551	8,754				
					$\Sigma \text{Abw.}^2$	88,220						
$t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$					α [°]				$\text{Abw.}^2 = (t_{\text{Steg}}=30\text{mm}-t_{\text{Steg}}=40\text{mm})^2$			
					a_{oben} [mm]	90	110	130	α [°]			
					8	200,741	227,890	298,933	a_{oben} [mm]	90	110	130
					10	178,092	201,403	263,329	8	2,546	1,097	1,732
	16	139,712	154,426	198,191	10	0,051	0,101	0,051				
					16	10,653	3,990	0,682				
					$\Sigma \text{Abw.}^2$	20,903						
$t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$					α [°]				$\Sigma(\Sigma \text{Abw.}^2)$			
					a_{oben} [mm]	90	110	130				
					8	202,337	228,938	300,249				
					10	177,865	201,085	263,554				
	16	136,448	152,429	197,365								
					$\Sigma(\Sigma \text{Abw.}^2)$	109,123						

Tabelle 10-110: Ermittlung der modifizierten Kerbfaktoren (mod. KF) mit Eingangswerten

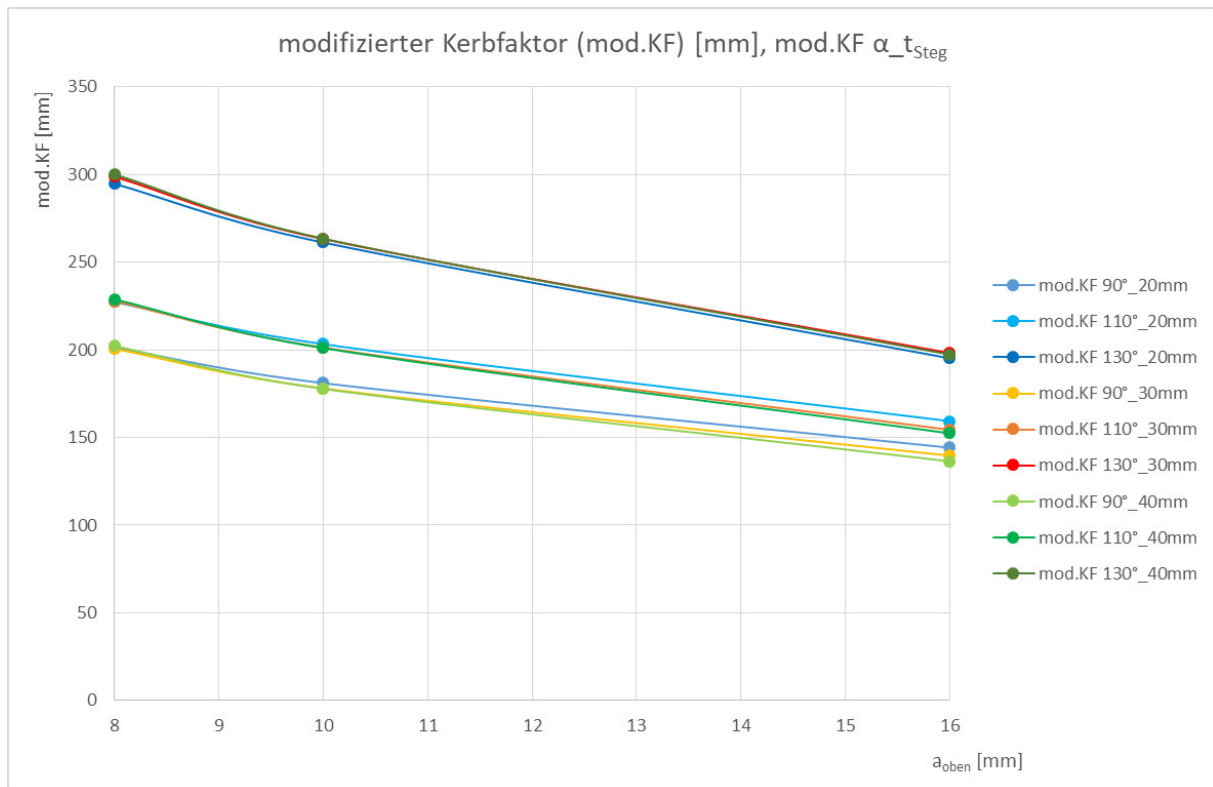


Abbildung 10-52: grafische Darstellung der modifizierten Kerbfaktoren

Eingangswerte				
$\theta_{ber.}$	194,879	berechnet		
$\omega_{ber.}$	-1,760	berechnet		
Endwerte				
θ_{fin}	195,000	gewählt		
ω_{fin}	-1,760	gewählt		
t_{steg} [mm]	Faktor [-]	Faktor-Modell [-]	Abw. ²	Faktor _{fin} [-]
20	1,000	1,000	1,606E-07	1,001
30	0,492	0,490	3,7784E-06	0,490
40	0,294	0,295	3,5009E-06	0,295
Σ Abw. ²			7,4399E-06	

Tabelle 10-111: Ermittlung der Funktionswerte von Faktor_{fin} [-]

10.2.3.2 Wählen der Endwerte (Faktor)

- Wählen der Endwerte θ_{fin} und ω_{fin} .
- Man erhält die Funktion **Faktor_{fin}** [-]. Siehe **Abbildung 10-53**.
- Einsetzen dieser Funktionswerte in die Endwerte in **Tabelle 10-112**.
- Wie in **Tabelle 10-110** werden in **Tabelle 10-112** die modifizierten Kerbfaktoren berechnet, nur mit „**Faktor_{fin}**“. Somit erhält man **mod. KF_{fin}**.

Endwerte			
t_{Steg} [mm]	Faktor [-]		
20	1,001	Tabelle 10-111	
30	0,490	"-"	
40	0,295	"-"	

mod. KF_{fin} [mm]			
$t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$	α [°]		
	a_{oben} [mm]	90	110	130
8	201,543	227,508	295,009
10	181,213	203,453	261,446
16	144,319	159,463	195,332

$t_{\text{Steg}}=30\text{mm}$	α [°]		
	a_{oben} [mm]	90	110	130
8	199,957	226,999	297,765
10	177,395	200,615	262,300
16	139,166	153,823	197,416

$t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$	α [°]		
	a_{oben} [mm]	90	110	130
8	203,625	230,395	302,161
10	178,998	202,365	265,232
16	137,317	153,400	198,622

Tabelle 10-112: Ermittlung der modifizierten Kerbfaktoren (mod. KF) mit Endwerten

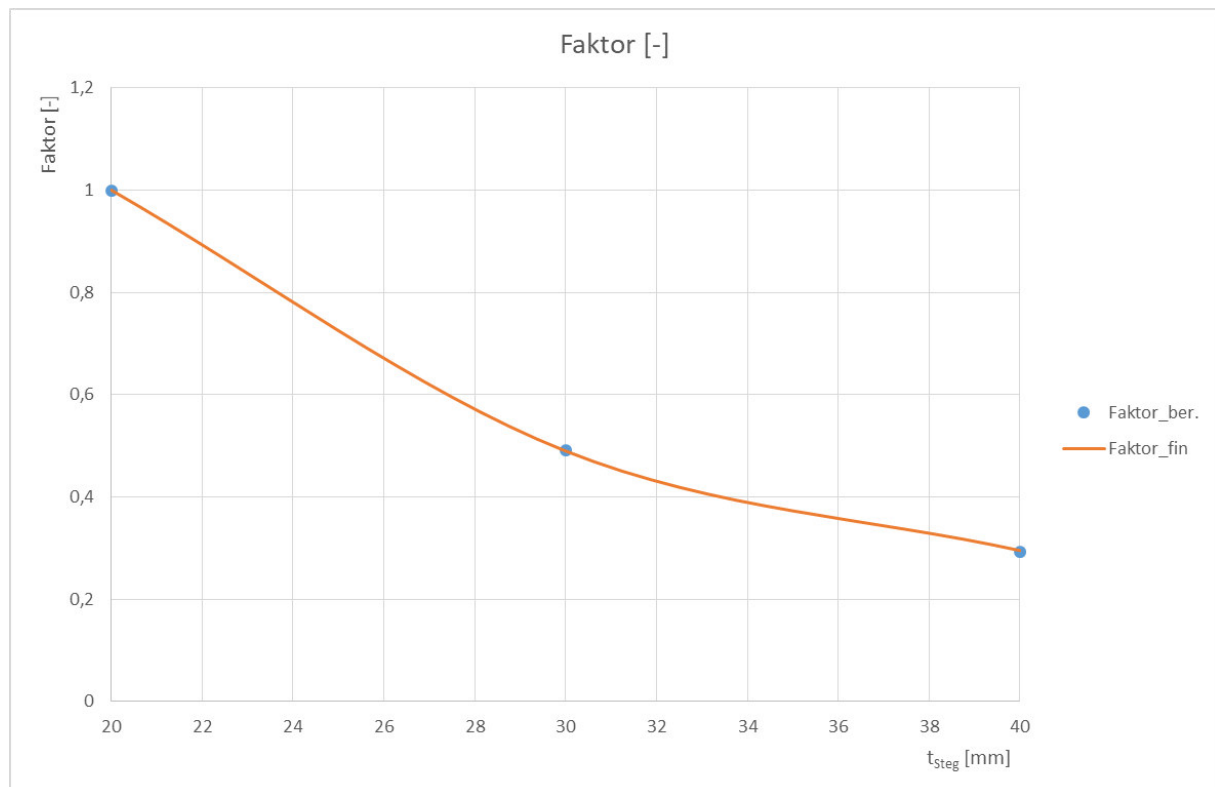


Abbildung 10-53: grafische Darstellung des „Faktors“

Die mod. KF_{fin} sollen durch drei Kurven angenähert werden, daher werden die Tabellenblöcke aus **Tabelle 10-112** mittels Maximalwertbildung in **Tabelle 10-113** zu einem Block konsolidiert. Um Verwechslungen auszuschließen, werden diese Werte nun „**mod. $KF_{approx.}$** “ genannt.

mod. $KF_{approx.}$ [mm]			
	α [°]		
a_{oben} [mm]	90	110	130
8	203,625	230,395	302,161
10	181,213	203,453	265,232
16	144,319	159,463	198,622

Tabelle 10-113: modifizierte, berechnete Kerbfaktoren

Die mod. $KF_{approx.}$ aus **Tabelle 10-113** können durch eine Potenzfunktion der Form:

$$\text{mod. } \mathcal{A}_{k,KS2}^V = \text{mod. } KF_{approx.} = \delta * a_{oben}^\epsilon \quad (10-63)$$

angenähert werden. Der Exponent ϵ soll für alle Stegblechneigungswinkel α konstant sein.

Die berechneten Zahlenwerte δ werden durch die Funktion:

$$\delta = \Phi * (\alpha + \Delta\alpha)^2 + \chi \quad (10-64)$$

dargestellt.

10.2.3.3 Berechnung der Eingangswerte (mod. $KF_{approx.}$)

In den folgenden Tabellen wird zunächst nur auf die Eingangswerte sowie auf die Spalten bis einschließlich „**Abw.²**“ eingegangen. Die Erklärung zu den Endwerten bzw. den Spalten mit dem Index „**fin**“ folgt im nächsten Unterpunkt.

- Eintragen der modifizierten, berechneten Kerbfaktoren aus **Tabelle 10-113** in **Tabelle 10-114** bis **Tabelle 10-116** (Spalte **mod. $KF_{approx.}$**)
- In Spalte **mod. $KF_{approx.}$ -Modell** ist die Potenzfunktion (10-63) mit zu Anfang beliebig gewählten Zahlenwerten für $\delta_{ber.}$ und $\epsilon_{ber.}$ einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.** wird die Differenz **mod. $KF_{approx.}$** zu **mod. $KF_{approx.}$ -Modell** gebildet und in der Spalte **Abw.²** wird diese Differenz quadriert.
- Ist die Differenz **mod. $KF_{approx.}$** zu **mod. $KF_{approx.}$ -Modell** > 0 , so nimmt der Gewichtungsfaktor (Spalte **Gew.-Faktor**) den Wert 10 an. Ansonsten den Wert 1. Damit werden die Kurven zur sicheren Seite hin verlagert (für genaue Erklärung vgl. **Kapitel 10.1.2.1**)
- Die Summe der gewichteten, quadrierten Abweichungen wird gebildet Σ **gew. Abw.²**.
- Diese Summen aus **Tabelle 10-114** bis **Tabelle 10-116** werden aufsummiert $\Sigma(\Sigma$ **gew. Abw.²**).
- Mit dem Excel-Solver wird das Ziel $\Sigma(\Sigma$ **gew. Abw.²**) soll minimal werden definiert. Dabei werden die Eingangswerte in **Tabelle 10-114** bis **Tabelle 10-116** unter Berücksichtigung der Annahme variiert, bis das Ziel erreicht ist.

- Die berechneten Werte $\delta_{\text{ber.}}$ werden in **Tabelle 10-117** übertragen.
- Dort ist in der Spalte **δ -Modell** die Funktion (10-64) einprogrammiert.
- In der Spalte **Abw.²** wird die Differenz $\delta_{\text{ber.}}$ zu **δ -Modell** gebildet und quadriert.
- Die Summe der quadrierten Abweichungen wird gebildet **$\Sigma \text{Abw.}^2$** .
- Durch Anwendung des Solvers wird das Ziel **$\Sigma \text{Abw.}^2$** soll minimal werden definiert. Variation der Eingangswerte liefert die gewünschte Funktion.

Eingangswerte							
$\delta_{\text{ber.}}$	642,292	berechnet					
$\epsilon_{\text{ber.}}$	-0,541	berechnet					
Endwerte							
δ_{fin}	642,000	Tabelle 10-117					
ϵ_{fin}	-0,54	gewählt					
α [°]	90						
a_{oben} [mm]	mod. $KF_{\text{approx.}}$	mod. $KF_{\text{approx.}}$ - Modell	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	mod. $KF_{\text{approx. fin}}$
8	203,625	208,377	-4,752	22,578	1	22,5777369	208,865
9	...	195,505	...	...	...	...	195,995
10	181,213	184,666	-3,454	11,929	1	11,9285864	185,155
11	...	175,380	...	...	...	...	175,866
12	...	167,311	...	...	...	...	167,794
13	...	160,216	...	...	...	...	160,696
14	...	153,915	...	...	...	...	154,392
15	...	148,273	...	...	...	...	148,746
16	144,319	143,182	1,137	1,293	10	12,9290678	143,652
						Σ gew. Abw. ²	47,4353911

Tabelle 10-114: Ermittlung der Funktionswerte von $\text{mod. } \mathcal{A}_{k,ks2}^V$ ($\triangleq \text{mod. } KF_{\text{ber. fin}}$) für $\alpha = 90^\circ$

Eingangswerte							
$\delta_{\text{ber.}}$	713,604	berechnet					
$\epsilon_{\text{ber.}}$	-0,541	berechnet					
Endwerte							
δ_{fin}	714,000	Tabelle 10-117					
ϵ_{fin}	-0,54	gewählt					
α [°]	110						
a_{oben} [mm]	mod. $KF_{\text{approx.}}$	mod. $KF_{\text{approx.}}$ - Modell	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	mod. $KF_{\text{approx. fin}}$
8	230,395	231,512	-1,117	1,247	1	1,24704826	232,290
9	...	217,211	...	...	...	...	217,975
10	203,453	205,169	-1,716	2,944	1	2,94445454	205,920
11	...	194,852	...	...	...	...	195,590
12	...	185,886	...	...	...	...	186,612
13	...	178,004	...	...	...	...	178,718
14	...	171,004	...	...	...	...	171,707
15	...	164,735	...	...	...	...	165,428
16	159,463	159,079	0,384	0,147	10	1,47303904	159,762
						Σ gew. Abw. ²	5,66454185

Tabelle 10-115: Ermittlung der Funktionswerte von $\text{mod. } \mathcal{A}_{k,ks2}^V$ ($\triangleq \text{mod. } KF_{\text{ber. fin}}$) für $\alpha = 110^\circ$

Eingangswerte							
$\delta_{ber.}$	929,057	berechnet					
$\epsilon_{ber.}$	-0,541	berechnet					
Endwerte							
δ_{fin}	930,000	Tabelle 10-117					
ϵ_{fin}	-0,54	gewählt					
α [°]	130						
a_{oben} [mm]	mod. $KF_{approx.}$	mod. $KF_{approx.}$ - Modell	Abw.	Abw. ²	Gew.-Faktor	gew. Abw. ²	mod. $KF_{approx.fin}$
8	302,161	301,411	0,750	0,562	10	5,62383924	302,562
9	...	282,792	...	...	...	...	283,917
10	265,232	267,114	-1,882	3,543	1	3,54312219	268,215
11	...	253,682	...	...	...	...	254,760
12	...	242,010	...	...	...	...	243,066
13	...	231,747	...	...	...	...	232,784
14	...	222,634	...	...	...	...	223,653
15	...	214,472	...	...	...	...	215,473
16	198,622	207,109	-8,487	72,028	1	72,0281449	208,093
						Σ gew. Abw. ²	81,1951063
						$\Sigma(\Sigma$ gew. Abw. ²)	134,295039

Tabelle 10-116: Ermittlung der Funktionswerte von mod. $\mathcal{A}_{k,ks2}^V$ (\triangleq mod. $KF_{ber.fin}$) für $\alpha = 130^\circ$; Berechnen von $\Sigma(\Sigma$ gew. Abw.²)

Eingangswerte				
$\phi_{ber.}$	0,180	berechnet		
$\Delta\alpha_{ber.}$	-90,106	berechnet		
$\chi_{ber.}$	642,291	berechnet		
Endwerte				
ϕ_{fin}	0,180	gewählt		
$\Delta\alpha_{fin}$	-90,000	gewählt		
χ_{fin}	642,000	gewählt		
α [°]	$\delta_{ber.}$	δ -Modell	Abw. ²	δ_{fin}
90	642,292	642,293	1,7521E-07	642,000
110	713,604	713,603	5,882E-07	714,000
130	929,057	929,057	1,3391E-07	930,000
			Σ Abw. ²	8,9732E-07

Tabelle 10-117: Ermittlung der Funktionswerte von δ_{fin}

10.2.3.4 Wählen der Endwerte (mod. $KF_{ber.fin}$)

- Wählen der Endwerte Φ_{fin} , $\Delta\alpha_{fin}$ und χ_{fin} .
- Man erhält die Funktion δ_{fin} [-]. Siehe **Tabelle 10-117**.
- Einsetzen dieser Funktionswerte in die Endwerte in **Tabelle 10-114** bis **Tabelle 10-116**.
- Es ergeben sich die Funktionswerte mod. $KF_{approx.fin}$.

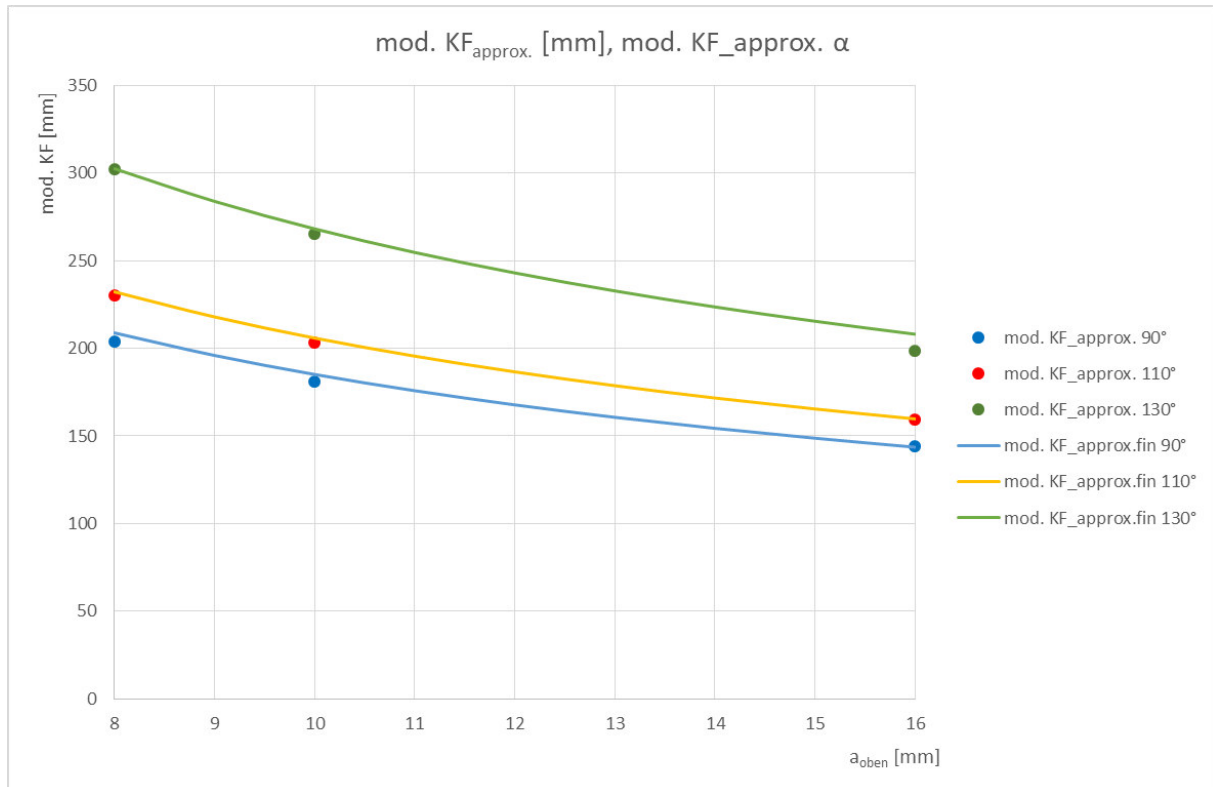


Abbildung 10-54: Modifizierte Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks2}^V$ (\triangleq mod. KF_{approx.fin}) im Vergleich mit mod. KF_{approx.} aus Tabelle 10-113

Die Kerbspannungen zufolge Querkraftbelastung sind von t_{Steg} , α (in Altgrad) und a_{oben} abhängig. Setzt man diese beiden Berechnungsformeln für die Kerbfunktion (10-62) und (10-63) gleich und setzt für den „Faktor“ und δ die Formeln (10-61) bzw. (10-64) ein, entsteht die Gleichung:

$$\mathcal{A}_{k,ks2}^V * t_{\text{Steg}} * \theta * t_{\text{Steg}}^\omega = [\Phi * (\alpha + \Delta\alpha)^2 + \chi] * a_{\text{oben}}^\varepsilon \quad (10-65)$$

Durch Umformen nach $\mathcal{A}_{k,ks2}^V$ und Einsetzen der Endwerte:

$$\begin{aligned} \mathcal{A}_{k,ks2}^V &= \frac{[\Phi * (\alpha + \Delta\alpha)^2 + \chi] * a_{\text{oben}}^\varepsilon}{\theta * t_{\text{Steg}}^{\omega+1}} \\ &= \frac{[0,18 * (\alpha - 90)^2 + 642] * a_{\text{oben}}^{-0,54}}{195 * t_{\text{Steg}}^{-1,76+1}} \\ &= [0,18 * (\alpha - 90)^2 + 642] * \frac{t_{\text{Steg}}^{0,76}}{195 * a_{\text{oben}}^{0,54}} \end{aligned} \quad (10-66)$$

Wird die Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks2}^V$ mit dem Betrag der maximalen Schubspannung $|\tau_{\text{Nenn,max}}|$ multipliziert, so ist es möglich, die effektive Kerbspannung zufolge Querkraft an der kritischen Stelle 2 zu berechnen. Das Vorzeichen von σ_{Kerb}^V soll analog zu Kapitel 10.2.2 durch den Bruch $\frac{N}{|N|}$ (bei $N = 0$ kN/m ist dieser Bruch gleich 1,0 zu setzen) angegeben werden, damit sich bei der Überlagerung von $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ „+“ σ_{Kerb}^V die gesamte Kerbspannung auf jeden Fall betragsmäßig erhöht.

$$\sigma_{\text{Kerb}}^V = |\tau_{\text{Nenn,max}}| * \frac{N}{|N|} * [0,18 * (\alpha - 90)^2 + 642] * \frac{t_{\text{Steg}}^{0,76}}{195 * a_{\text{oben}}^{0,54}} \quad (10-67)$$

Abbildung 10-55 zeigt die Kerbspannungen an einem Modell mit den gewählten Parametern $\alpha = 90^\circ$, $\beta_1 = 160^\circ$ ($\cong \beta_3 = 110^\circ$), $t_{\text{Steg}} = 30 \text{ mm}$ und $a_{\text{oben}} = 16 \text{ mm}$. Die fettgedruckten Linien mit der Endung „ber.“ in der Legende stellen die mit den entwickelten Formeln aus **Kapitel 10.2** (kritische Stelle 2) dar. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Einfluss der Querkraft auf die gesamte Kerbspannung wenig Einfluss hat. In diesem Fall beträgt bei $V = -5 \text{ kN/m}$ die maximale Kerbspannung zufolge Querkraft $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^V = 2,22 \text{ N/mm}^2$ (aus FE-Modellen). Die berechnete Kerbspannung nach **(10-67)** beträgt $\sigma_{\text{Kerb}}^V = \pm 2,44 \text{ N/mm}^2$.

Da die berechneten $\sigma_{\text{Kerb}}^{N^{\leftarrow+}}$ σ_{Kerb}^M ohnehin tendenziell auf der sicheren Seite liegen, kann bei kleinen Querkraften die Berechnung und Überlagerung von σ_{Kerb}^V vernachlässigt werden.

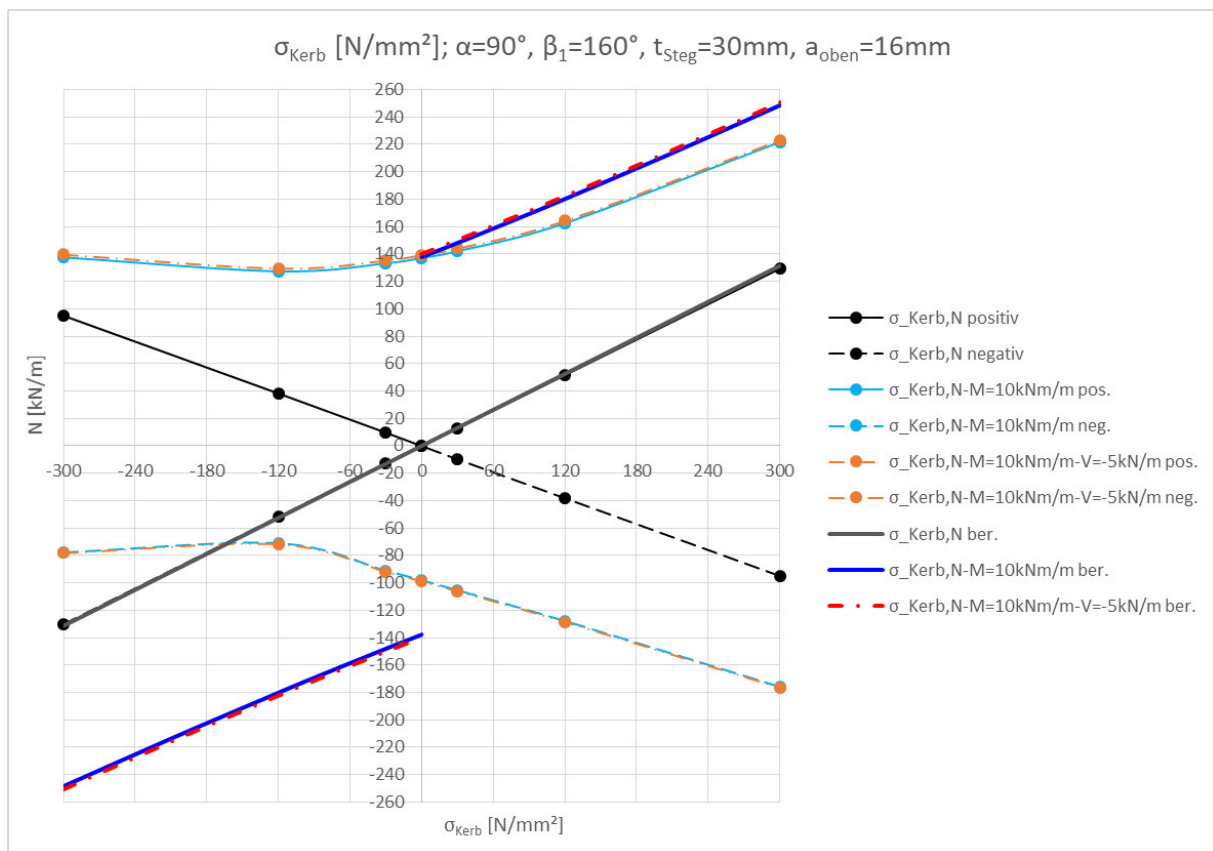


Abbildung 10-55: grafische Darstellung der Kerbspannungen

11 Zusammenfassung

Bei den entwickelten Formeln zum Berechnen der Kerbspannung sind alle Winkel stets in Altgrad [°] einzusetzen. Für die Berechnung mit Tabellenkalkulationsprogrammen, welche auf dem Bogenmaß basieren, sind die blau hinterlegten Werte bzw. Terme in den Kosinus-Funktionen (formal) ins Bogenmaß umzurechnen, also mit $(\pi/180)$ zu multiplizieren.

Die Parameter und Nennspannungen sind gemäß den Einheiten aus **Kapitel 4.3** einzusetzen.

11.1 Ergebnisse an der kritische Stelle 1

$$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}} = \sigma_{\text{Nenn}}^{\text{M}} * [0,7 * t_{\text{Steg}}^{0,41} * \cos(0,9 * \beta_3 + (-81)) + 1]$$

$$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N}} = \sigma_{\text{Nenn}}^{\text{N}} * \left\{ \frac{a_{\text{oben}}}{t_{\text{Steg}}} * [58 * \cos(14 * a_{\text{oben}}^{-0,81} * t_{\text{Steg}} + 154,5) + 59] * \cos(1,7 * \beta_3 + 175) + 2,0 \right\}$$

$$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{V}} = \tau_{\text{Nenn,max}} * t_{\text{Steg}} * \left[0,25 * \cos(0,98 * \beta_3 + (38 * \ln(t_{\text{Steg}}) - 119)) + 0,275 \right]$$

$$\sigma_{\text{Kerb,gesamt,KS1}} = \sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M-V}} = \sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}} + \sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N}} + \sigma_{\text{Kerb}}^{\text{V}}$$

11.2 Ergebnisse an der kritische Stelle 2

In den Berechnungsformeln für $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}}$ und $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{V}}$ ist bei $N = 0$ kN/m der Bruch $\frac{N}{|N|}$ nicht definiert und in diesem Fall gleich 1,0 zu setzen.

$$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N}} = N * 0,123 * t_{\text{Steg}}^{1-0,00225*\alpha} * \left[\cos(2,1 * a_{\text{oben}} + 144) + \left(\frac{87}{t_{\text{Steg}}^{1,87}} + 1,085 \right) \right]$$

$$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}} = |\sigma_{\text{Nenn}}^{\text{M}}| * \frac{N}{|N|} * \left(5,48 + \frac{39}{t_{\text{Steg}}} \right) * \frac{1}{\alpha^{0,264}} * \left(0,975 \frac{1}{|M|} |N| + \frac{\ln(1-\lambda)}{\ln(0,975)} + \lambda \right)$$

mit

$$\lambda = \frac{1}{1 + \frac{(62 * \alpha - 0,4 * \alpha^2) * t_{\text{Steg}}^2}{6000 * a_{\text{oben}}^{2,45}}}$$

$$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{V}} = |\tau_{\text{Nenn,max}}| * \frac{N}{|N|} * [0,18 * (\alpha - 90)^2 + 642] * \frac{t_{\text{Steg}}^{0,76}}{195 * a_{\text{oben}}^{0,54}}$$

$$\sigma_{\text{Kerb,gesamt,KS2}} = \sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M-V}} = \sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N}} + \sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}} + \sigma_{\text{Kerb}}^{\text{V}}$$

11.3 Rechenbeispiel

Für das Rechenbeispiel werden die Geometrie des Details und die Schnittgrößen der Lastkombination FLS aus der „Regelstatik für ÖBB“ herangezogen. In der Statik werden die Schnittgrößen anhand eines Stabwerkmodells errechnet.

α , t_{Steg} und die Länge des Stegs bezogen auf die Mittelachsen (l_{Steg}) lassen sich aus **Abbildung 2-2** ablesen und berechnen. Das Schweißnahtmaß der oberen Naht wird der Regelstatik entnommen.

- $\alpha = 121,5^\circ$
- $t_{\text{Steg}} = 30 \text{ mm}$
- $l_{\text{Steg}} = 1319 \text{ mm}$
- $a_{\text{oben}} = 14 \text{ mm}^{14}$

Die Winkel β_1 bzw. β_3 gehen aus der Statik nicht hervor und werden für dieses Beispiel gewählt bzw. berechnet:

- $\beta_1 = 160^\circ$ (gewählt)
- $\beta_3 = 141,5^\circ$ (berechnet nach **Formel (9-1)**)

Das Moment und die Normalkraft im Steg können ebenfalls aus der Regelstatik ausgelesen werden.

- $M_{\text{FLS}} = -8,71 \text{ kNm/m}^{15}$
- $N_{\text{Steg,FLS}} = 248,73 \text{ kN/m}^{16}$

Die Querkraft im Steg V_{Steg} wird darin nicht ermittelt. Unter der Annahme, dass das Moment am Übergang zum Obergurt den Wert Null hat und linear zum untersuchten Detail hin ansteigt, lässt sich die Querkraft aus M_{FLS} rückrechnen:

$$V_{\text{Steg,FLS}} = \frac{(M_{\text{re}} - M_{\text{li}})}{l_{\text{Steg}}} = \frac{(-8,71 - 0)}{1,319} = -6,60 \text{ kN/m} \quad (11-1)$$

Die Nennspannungen errechnen sich wie folgt:

$$\sigma_{\text{Nenn}}^{\text{M}} = \frac{M}{W} = -871 * \left(-\frac{6}{100 * 3^2}\right) * 10 = 58,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{Nenn}}^{\text{N}} = \frac{N}{A} = \frac{248,73}{300} * 10 = 8,29 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\text{Nenn,max}} = -\frac{V}{A} * 1,5 = -\frac{-6,60}{300} * 1,5 * 10 = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

¹⁴ Kuss/Fink, 2006, S.183

¹⁵ ebenda, S.115

¹⁶ ebenda, S.116

Die grau hinterlegten Ergebnisse in **11.3.1** und **11.3.2** erhält man durch Anwendung der in dieser Arbeit entwickelten Berechnungsformeln.

Zu Vergleichszwecken steht im Klammersausdruck dahinter die zugehörige, am FE-Modell mit ABAQUS ermittelte, effektive Kerbspannung. Der Klammersausdruck bei $\sigma_{\text{Kerb,gesamt,kS1/2}}$ ergibt sich nicht durch Addition, sondern aus einem FE-Modell bei dem die Schnittgrößen aus **Kapitel 11.3** kombiniert aufgebracht worden sind.

11.3.1 Berechnungsergebnis kS 1

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}} &= \sigma_{\text{Nenn}}^{\text{M}} * [0,7 * t_{\text{Steg}}^{0,41} * \cos(0,9 * \beta_3 + (-81)) + 1] \\ &= 58,07 * [0,7 * 30^{0,41} * \cos(0,9 * 141,5 - 81) + 1] \\ &= \mathbf{171,23 \text{ N/mm}^2} (169,82 \text{ N/mm}^2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N}} &= \sigma_{\text{Nenn}}^{\text{N}} * \\ & * \left\{ \frac{a_{\text{oben}}}{t_{\text{Steg}}} * [58 * \cos(14 * a_{\text{oben}}^{-0,81} * t_{\text{Steg}} + 154,5) + 59] * \cos(1,7 * \beta_3 + 175) + 2,0 \right\} \\ &= 8,29 * \left\{ \frac{14}{30} * [58 * \cos(14 * 14^{-0,81} * 30 + 154,5) + 59] * \cos(1,7 * 141,5 + 175) + 2 \right\} \\ &= \mathbf{29,77 \text{ N/mm}^2} (28,34 \text{ N/mm}^2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{V}} &= \tau_{\text{Nenn,max}} * t_{\text{Steg}} * \left[0,25 * \cos(0,98 * \beta_3 + (38 * \ln(t_{\text{Steg}}) - 119)) + 0,275 \right] \\ &= 0,33 * 30 * \left[0,25 * \cos(0,98 * 141,5 + (38 * \ln(30) - 119)) + 0,275 \right] \\ &= \mathbf{0,60 \text{ N/mm}^2} (0,68 \text{ N/mm}^2)\end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{Kerb,gesamt,kS1}} = \mathbf{171,23 + 29,77 + 0,60 = 201,60 \text{ N/mm}^2} (198,80 \text{ N/mm}^2)$$

11.3.2 Berechnungsergebnis kS 2

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N}} &= N * 0,123 * t_{\text{Steg}}^{1-0,00225*\alpha} * \left[\cos(2,1 * a_{\text{oben}} + 144) + \left(\frac{87}{t_{\text{Steg}}^{1,87}} + 1,085 \right) \right] \\ &= 248,73 * 0,123 * 30^{1-0,00225*121,5} * \left[\cos(2,1 * 14 + 144) + \left(\frac{87}{30^{1,87}} + 1,085 \right) \right] \\ &= \mathbf{87,67 \text{ N/mm}^2} (81,98 \text{ N/mm}^2)\end{aligned}$$

Um für $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}}$ einen passenden Vergleichswert aus der FE-Berechnung finden zu können, muss entsprechend der Herleitung der Formel die Differenzspannung $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}}$ nach **(10-31)** ermittelt werden. Die effektive Kerbspannung $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}} = 109,88 \text{ N/mm}^2$ (siehe Klammersausdruck bei $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}}$) resultiert aus einer Kombination von Normalkraft und Moment am FE-Modell.

Die mit dem Formelwerk errechnete Kerbspannung $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}}$ liegt gegenüber dem Ergebnis aus dem FE-Modell deutlich auf der sicheren Seite. Das liegt daran, dass ebendiese Formel für alle zulässigen Geometrien und SG-Kombinationen Ergebnisse liefert, die nie zur unsicheren Seite gehen. Daher können die berechneten Kerbspannungen in manchen Fällen etwas weiter nach „oben“ abweichen.

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{1}{1 + \frac{(62 * \alpha - 0,4 * \alpha^2) * t_{\text{Steg}}^2}{6000 * a_{\text{oben}}^{2,45}}} \\ &= \frac{1}{1 + \frac{(62 * 121,5 - 0,4 * 121,5^2) * 30^2}{6000 * 14^{2,45}}} \\ &= 0,7246\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}} &= |\sigma_{\text{Nenn}}^{\text{M}}| * \frac{N}{|N|} * \left(5,48 + \frac{39}{t_{\text{Steg}}}\right) * \frac{1}{\alpha^{0,264}} * \left(0,975^{\frac{1}{|M|} |N| + \frac{\ln(1-\lambda)}{\ln(0,975)}} + \lambda\right) \\ &= 58,07 * 1 * \left(5,48 + \frac{39}{30}\right) * \frac{1}{121,5^{0,264}} * \left(0,975^{\frac{248,73}{8,71} + \frac{\ln(1-0,7246)}{\ln(0,975)}} + 0,7246\right) \\ &= \mathbf{95,17 \text{ N/mm}^2} \quad (\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{M}} = 109,88 - 81,98 = 27,90 \text{ N/mm}^2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{V}} &= |\tau_{\text{Nenn,max}}| * \frac{N}{|N|} * [0,18 * (\alpha - 90)^2 + 642] * \frac{t_{\text{Steg}}^{0,76}}{195 * a_{\text{oben}}^{0,54}} \\ &= 0,33 * 1 * [0,18 * (121,5 - 90)^2 + 642] * \frac{30^{0,76}}{195 * 14^{0,54}} \\ &= \mathbf{4,43 \text{ N/mm}^2} \quad (2,56 \text{ N/mm}^2)\end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{Kerb,gesamt,kS2}} = 87,67 + 95,17 + 4,43 = \mathbf{187,27 \text{ N/mm}^2} \quad (107,33 \text{ N/mm}^2)$$

→ Bei diesem Beispiel ist die kritische Stelle 1 maßgebend!

11.4 Abschließende Bewertung

Durch Anwendung der Formeln, welche aus der Parameterstudie dieser Arbeit hervorgehen, lassen sich Werte für die effektiven Kerbspannungen an dem betrachteten Schweißdetail der Trogbrücke berechnen. In den meisten Fällen treffen die berechneten Werte die tatsächlichen Kerbspannungen sehr genau. Bei manchen Parameterkonfigurationen liefern die Formeln aufgrund einiger notwendiger Vereinfachungen allerdings Werte, die deutlich auf der sicheren Seite liegen.

Eine wichtige Erkenntnis liegt darin, dass an der kritischen Stelle 1 der Neigungswinkel des Stegblechs α im untersuchten Bereich praktisch keinen Einfluss auf die Kerbspannung hat. Allerdings ist der Winkel β_3 zwischen Stegblechoberfläche und Schweißnahtoberfläche für jede eingeprägte Schnittgröße von großer Bedeutung.

Bei der Ausführung in der Praxis eines solchen Schweißdetails besteht grundsätzlich ein gewisser Zusammenhang zwischen den Winkeln α und β_3 . Um ein extremes Beispiel zu nennen: eine Trogbrücke mit dem Stegneigungswinkel $\alpha = 90^\circ$ und einem Winkel $\beta_3 = 155^\circ$ ergibt keinen Sinn und wird so nicht ausgeführt werden. Trotzdem besteht ausgeprägtes Optimierungspotential bezüglich des Ermüdungsverhaltens darin, dass β_3 in einem sinnvollen Rahmen möglichst groß gewählt wird. So lässt sich die auftretende Kerbspannung bei konstant gehaltenem Schweißnahtmaß a_{oben} deutlich verringern.

Bei der kritischen Stelle 2 kehrt sich der Effekt der Oberflächenkerbe um. Es ist kein nennenswerter Einfluss des Parameters β_3 auf die effektive Kerbspannung an der Schweißnahtwurzel festzustellen, dafür ist α zu berücksichtigen. Bei Normalkraftbelastung sinken die Kerbspannungen mit größer werdendem Stegblechneigungswinkel.

An den Beispielen der KF bei Momentenbelastung in **Abbildung 11-1** und **Abbildung 11-2** ist zu sehen, dass die Auswirkung von α darin besteht, dass bei sehr geringer Normalkraft ein großer Stegneigungswinkel günstiger ist. Bei hohen Normalkräften lassen sich hingegen durch ein kleineres α geringere Kerbspannungen erzielen.

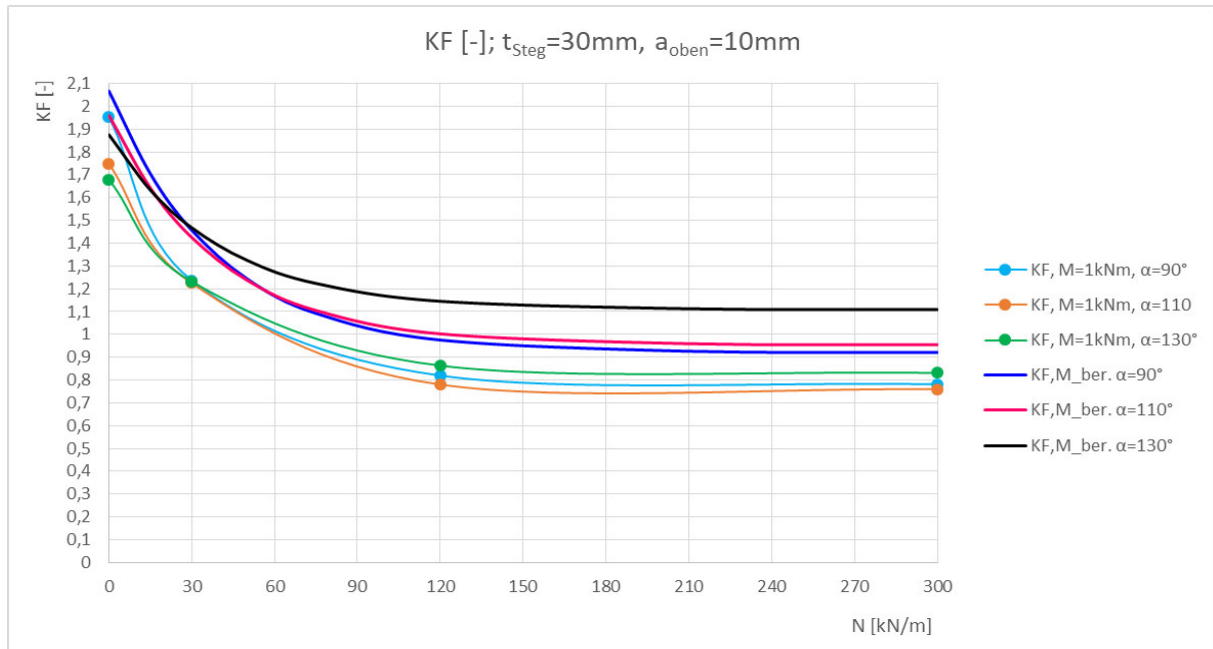


Abbildung 11-1: Kerbfaktoren für $t_{\text{steg}}=30\text{mm}$ und $a_{\text{oben}}=10$ bei $M=1\text{kNm/m}$, kritische Stelle 2

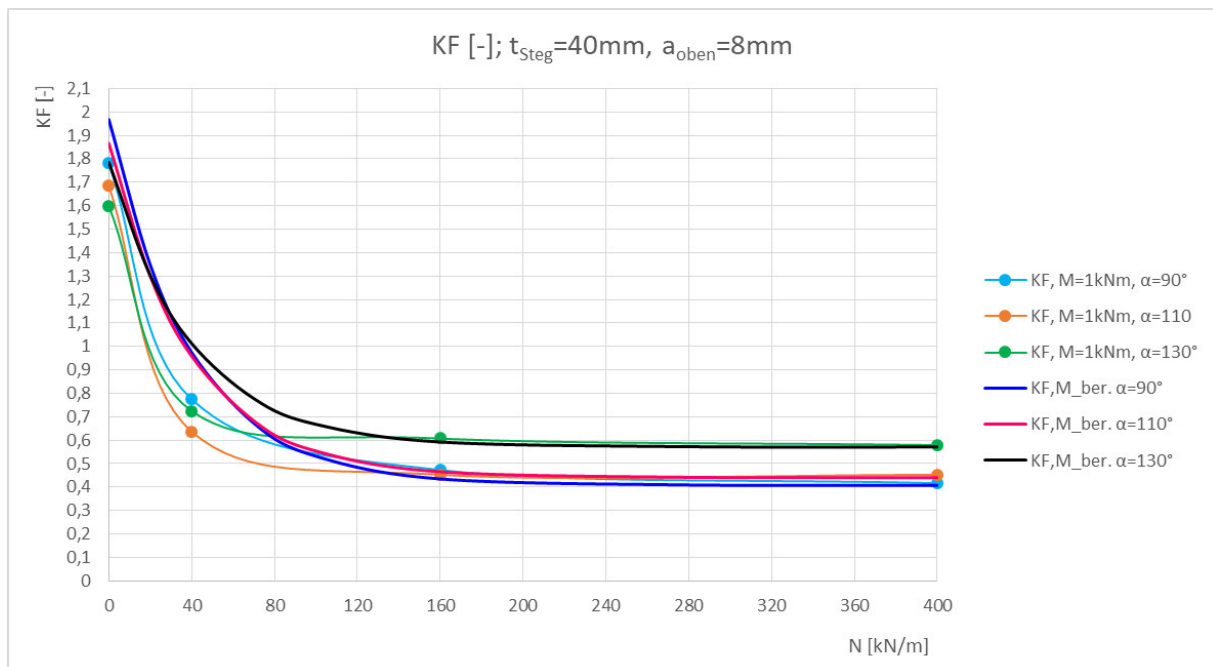


Abbildung 11-2: Kerbfaktoren für $t_{\text{steg}}=40\text{mm}$ und $a_{\text{oben}}=16\text{mm}$ bei $M=1\text{kNm/m}$, kritische Stelle 2

Eine weitere Besonderheit der kritischen Stelle 2 besteht darin, dass die absolute Größe der Normalkraft im Regelbereich einen weitaus stärkeren Einfluss auf die effektive Kerbspannung (sowohl σ_{Kerb}^N als auch $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$) an der Nahtwurzel hat als die Nenn-Normalspannung. Die KF zufolge Moment sind daher von N (und nicht von σ_{Nenn}^N) abhängig.

Außerdem lässt sich beobachten, dass bei reiner Normalkraftbelastung die Kerbfaktoren bzw. –spannungen absinken, wenn das Schweißnahtmaß a_{oben} erhöht wird. Die KF aus $\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ sinken jedoch mit steigender Normalkraft umso stärker ab, je kleiner a_{oben} ist. D.h. für Momentenbelastung alleine ist an der Nahtwurzel eine kleinere Schweißnaht günstiger.

Inwieweit sich diese beiden gegenläufigen Effekte ausgleichen, bzw. welcher davon der maßgebende ist, muss für jeden Einzelfall durch Anwendung der entwickelten Formeln geprüft werden.

Die Kerbspannungen zufolge Querkraft sind bei üblichen Schnittgrößenkombinationen der Trogbrücke sehr klein und es ist zu überlegen, ob man diese zumindest im Feldbereich vernachlässigen kann.

An dieser Stelle sei noch angemerkt, dass bei der Wahl der Parameter immer die Gesamtkerbspannung an jeder betrachteten kritischen Stelle verglichen werden muss, um das gesamte Detail bewerten zu können. So ist eine Optimierung der Parameter an z.B. der kritischen Stelle 2 sinnlos, wenn bei einer gewissen Schnittgrößenkombination in jedem Fall die kritische Stelle 1 maßgebend ist und umgekehrt.

Bei sehr groß gewählten Stegblechneigungswinkel α und (fast) ausschließlich einwirkender Normalkraft kann es vorkommen, dass die größte effektive Kerbspannung an der Wurzel der unteren Schweißnaht, also der kritischen Stelle 3 auftritt. In dieser Arbeit wird jedoch nur die obere Schweißnaht (kritische Stellen 1 und 2) behandelt. In einer weiterführenden Arbeit sollte daher noch geprüft werden, ob bei realistischen Schnittgrößenkombinationen diese Stelle überhaupt maßgebend werden kann. Ist dies der Fall, so sind an der kritischen Stelle 3 ebenfalls Berechnungsformeln für effektiven Kerbspannungen zu entwickeln.

FE-Modelle haben gezeigt, dass für den Bereich der Brückenenden diese erstellten Formeln nicht angewendet werden können. Durch die Brückengeometrie an dieser Stelle, insbesondere der Weiterführung des Stegblechs nach unten bis zu den Auflagerpunkten, herrschen in diesem Bereich völlig andere Schnittgrößen- und Spannungsverhältnisse vor. Zur genauen Erfassung sind an den Auflagerbereichen gesonderte Untersuchungen nötig. Vorerst wird empfohlen, die Schweißnähte in diesen Bereichen nach dem erarbeiteten Formelwerk für den Feldbereich zu optimieren. Da hier große Biegemomente auftreten, kann man vermuten, dass die kritische Stelle 1 an den Brückenenden maßgebend sein wird. Daher sollten die Schweißnähte in diesem Bereich etwas dicker und mit günstigen, möglichst großen β_3 -Winkeln ausgeführt werden.

Für weitergehende Anwendungen wäre eine Erweiterung des Parameterfelds mit Variation der Fahrbahnblechdicke interessant. Vergrößert man dabei noch den Stegblechneigungswinkel α bis 180° (und damit einhergehend β_3 auch entsprechend), so wäre ein Übergang des Details bis zu einem Stumpfstoß denkbar. Derartige Überlegungen verlassen zwar den Anwendungsbereich auf Trogbrücken, für andere stahlbautechnische Probleme kann das aber doch von Interesse sein. Ein Vergleich mit bereits publizierten Studien zu demselben Thema und eventuell auch mit den Kerbfällen aus dem Eurocode wäre damit möglich.

Literaturverzeichnis

Kuss, Stefan; Fink, Josef: Regelstatik für ÖBB- Trogbrücken mit Stützweiten von 10,0 – 20,0 m, Teil 1 offener Querschnitt, Technische Universität – Institut für Tragkonstruktionen Stahlbau, Wien, 2006

Radaj, Dieter; Vormwald, Michael: Ermüdungsfestigkeit, Grundlagen für Ingenieure, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2007

ÖNORM EN 1993-1-9: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-9 Ermüdung, 2013

Hobbacher, A.: Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components, International Institute of Welding, doc. XIII-2151r4-07/XV-1254r4-07, 2008

Fink, Josef: Studienblätter zur Vorlesung Stahlbau 1, Technische Universität – Institut für Tragkonstruktionen Stahlbau, Wien, 2006

Die Anhänge A bis C enthalten Zahlenmaterial und Diagramme für die kritische Stelle 2 (Schweißnahtwurzel der oberen Naht), welche aus Gründen der Übersicht nicht im Hauptdokument Platz gefunden haben.

Anhang A Ergänzungen zur Berechnung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks2}^N$

$t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, \alpha=90^\circ$								
a _{oben} =8mm	$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	82,161	-123,120	81,948	-123,060	79,417	-120,488
	-80	-4	32,864	-49,248	32,779	-49,224	31,767	-48,195
	-20	-1	8,216	-12,312	8,195	-12,306	7,942	-12,049
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1	12,312	-8,216	12,306	-8,195	12,049	-7,942
	80	4	49,248	-32,864	49,224	-32,779	48,195	-31,767
	200	10	123,120	-82,160	123,060	-81,948	120,488	-79,418

a _{oben} =10mm	$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	74,593	-116,901	73,351	-115,738	71,023	-113,368
	-80	-4	29,837	-46,760	29,340	-46,295	28,409	-45,347
	-20	-1	7,459	-11,690	7,335	-11,574	7,102	-11,337
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1	11,690	-7,459	11,574	-7,335	11,337	-7,102
	80	4	46,760	-29,837	46,295	-29,340	45,347	-28,409
	200	10	116,900	-74,593	115,738	-73,350	113,368	-71,023

a _{oben} =13mm	$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	66,929	-110,868	...	...	...	...
	-80	-4	26,772	-44,347	...	...	...	...
	-20	-1	6,693	-11,087	...	...	...	...
	0	0	0,000	0,000	...	...	...	...
	20	1	11,087	-6,693	...	...	...	...
	80	4	44,347	-26,772	...	...	...	...
	200	10	110,868	-66,930	...	...	...	...

a _{oben} =16mm	$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	61,361	-105,912	58,664	-102,650	56,503	-99,918
	-80	-4	24,544	-42,365	23,466	-41,060	22,601	-39,967
	-20	-1	6,136	-10,591	5,866	-10,265	5,650	-9,992
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1	10,591	-6,136	10,265	-5,866	9,992	-5,650
	80	4	42,365	-24,545	41,060	-23,465	39,967	-22,601
	200	10	105,913	-61,363	102,650	-58,663	99,918	-56,503

Tabelle A-1: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$ und $\alpha = 90^\circ$

$t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, \alpha=110^\circ$								
a _{oben} =8mm	$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	73,081	-105,193	76,305	-108,080	76,843	-108,954
	-80	-4	29,232	-42,077	30,522	-43,232	30,737	-43,582
	-20	-1	7,308	-10,519	7,631	-10,808	7,684	-10,895
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1	10,519	-7,308	10,808	-7,631	10,896	-7,684
	80	4	42,077	-29,233	43,232	-30,522	43,582	-30,737
	200	10	105,193	-73,083	108,080	-76,305	108,955	-76,843

a _{oben} =10mm	$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	66,938	-100,742	68,761	-102,435	68,818	-102,783
	-80	-4	26,775	-40,297	27,504	-40,974	27,527	-41,113
	-20	-1	6,694	-10,074	6,876	-10,244	6,882	-10,278
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1	10,074	-6,694	10,244	-6,876	10,278	-6,882
	80	4	40,297	-26,775	40,974	-27,504	41,113	-27,527
	200	10	100,743	-66,938	102,435	-68,760	102,783	-68,818

a _{oben} =13mm	$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	...	...	...	...	61,053	-96,933
	-80	-4	...	...	...	...	24,421	-38,773
	-20	-1	...	...	...	...	6,105	-9,693
	0	0	...	...	...	...	0,000	0,000
	20	1	...	...	...	...	9,693	-6,105
	80	4	...	...	...	...	38,773	-24,421
	200	10	...	...	...	...	96,933	-61,053

a _{oben} =16mm	$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	56,514	-93,626	56,490	-93,414	55,803	-92,764
	-80	-4	22,606	-37,450	22,596	-37,366	22,321	-37,106
	-20	-1	5,651	-9,363	5,649	-9,341	5,580	-9,276
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1	9,363	-5,652	9,341	-5,649	9,277	-5,580
	80	4	37,451	-22,606	37,365	-22,596	37,106	-22,321
	200	10	93,628	-56,515	93,413	-56,490	92,765	-55,803

Tabelle A-2: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$ und $\alpha = 110^\circ$

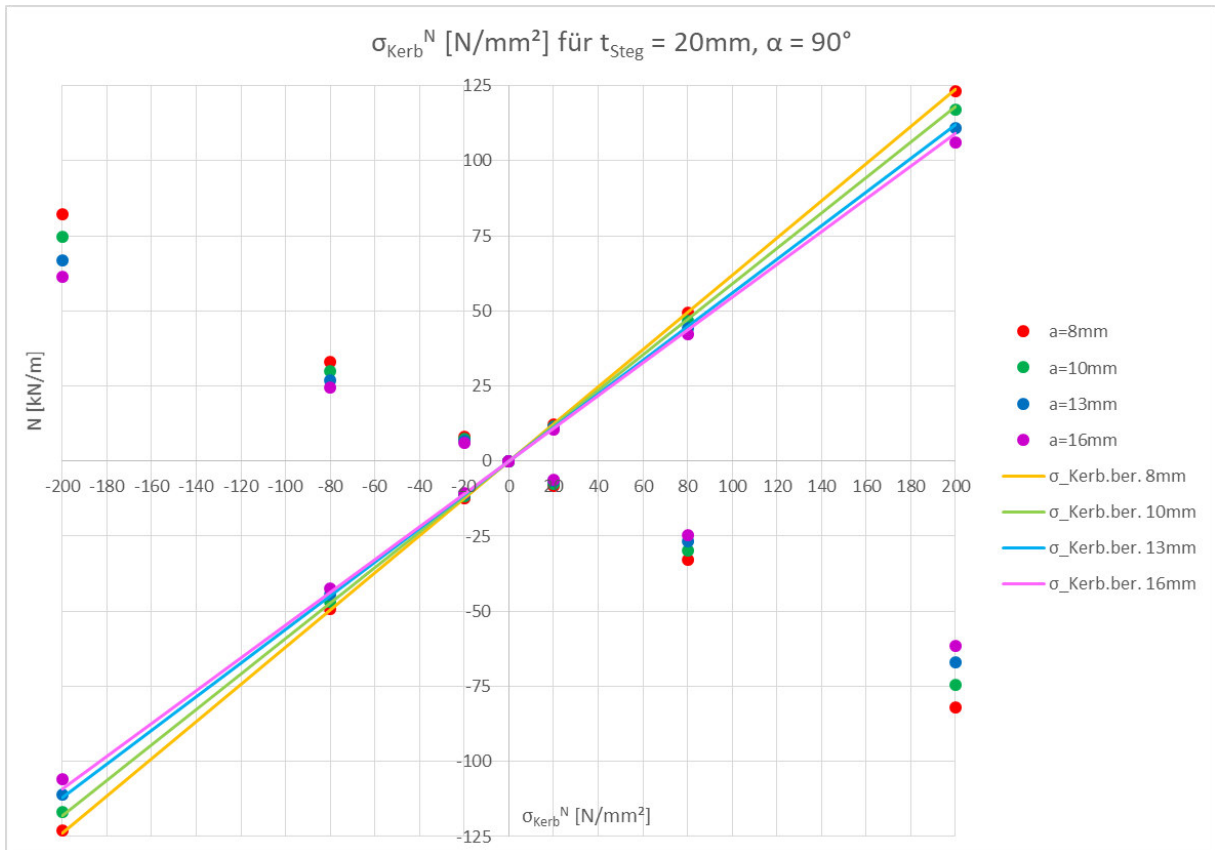
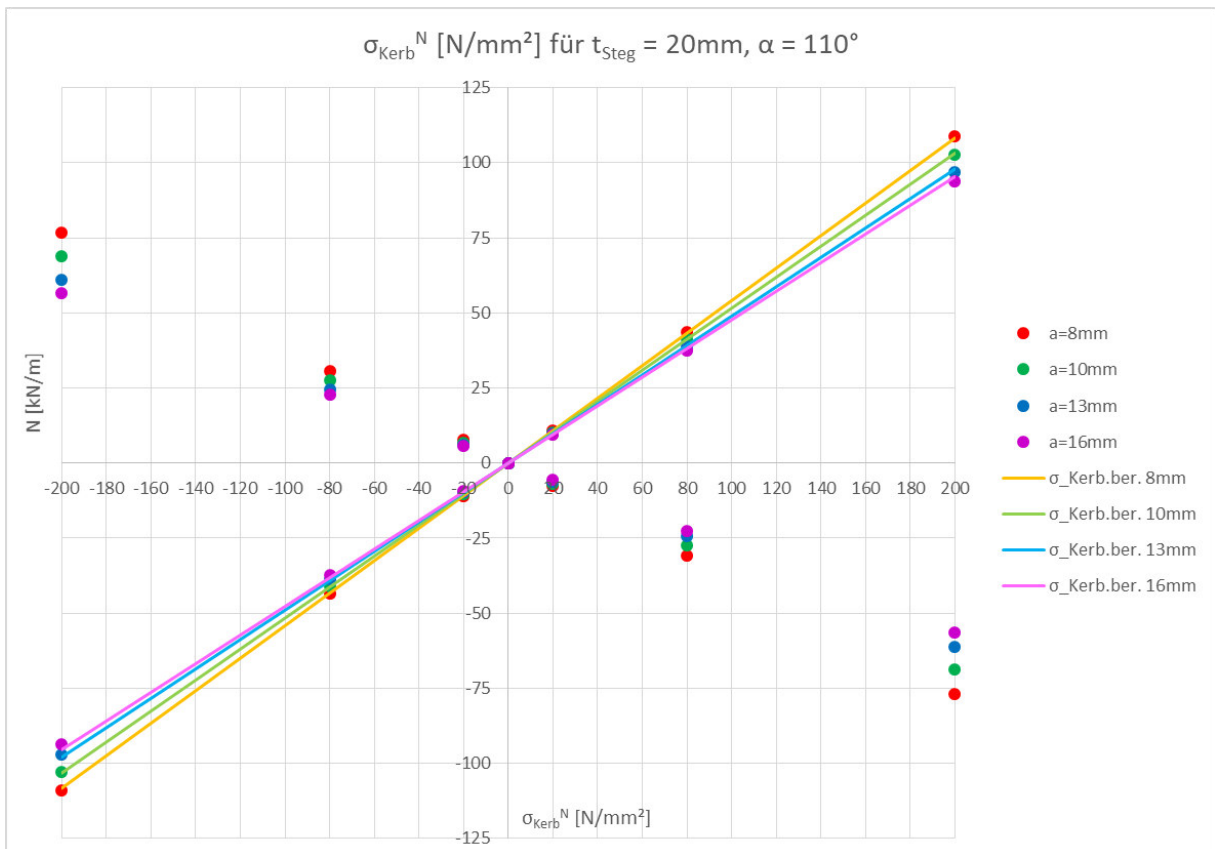
t _{Steg} =20mm, α=130°								
a _{oben} =8mm	β ₁ [°]		155		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	61,792	-85,767	63,078	-87,073	66,072	-89,512
	-80	-4	24,717	-34,307	25,231	-34,829	26,429	-35,805
	-20	-1	6,179	-8,577	6,308	-8,707	6,607	-8,951
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1	8,577	-6,179	8,707	-6,308	8,951	-6,607
	80	4	34,307	-24,717	34,829	-25,231	35,805	-26,429
	200	10	85,768	-61,793	87,073	-63,078	89,513	-66,073

a _{oben} =10mm	β ₁ [°]		155		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	57,276	-84,012	57,940	-84,794	59,768	-86,248
	-80	-4	22,910	-33,605	23,176	-33,918	23,907	-34,499
	-20	-1	5,728	-8,401	5,794	-8,479	5,977	-8,625
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1	8,401	-5,728	8,480	-5,794	8,625	-5,977
	80	4	33,605	-22,911	33,918	-23,176	34,499	-23,907
	200	10	84,013	-57,278	84,795	-57,940	86,248	-59,768

a _{oben} =13mm	β ₁ [°]		155		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	...	...	...	...	53,834	-83,721
	-80	-4	...	...	...	...	21,534	-33,488
	-20	-1	...	...	...	...	5,383	-8,372
	0	0	...	...	...	...	0,000	0,000
	20	1	...	...	...	...	8,372	-5,383
	80	4	...	...	...	...	33,488	-21,533
	200	10	...	...	...	...	83,720	-53,833

a _{oben} =16mm	β ₁ [°]		155		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-200	-10	49,858	-81,351	49,630	-81,401	49,959	-81,631
	-80	-4	19,943	-32,540	19,852	-32,560	19,984	-32,652
	-20	-1	4,986	-8,135	4,963	-8,140	4,996	-8,163
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	20	1	8,135	-4,986	8,140	-4,963	8,163	-4,996
	80	4	32,540	-19,943	32,560	-19,852	32,652	-19,984
	200	10	81,350	-49,858	81,400	-49,630	81,630	-49,960

Tabelle A-3: σ_{Kerb}^N für t_{Steg} = 20mm und α = 130°

Abbildung A-1: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$ und $\alpha = 90^\circ$ Abbildung A-2: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$ und $\alpha = 110^\circ$

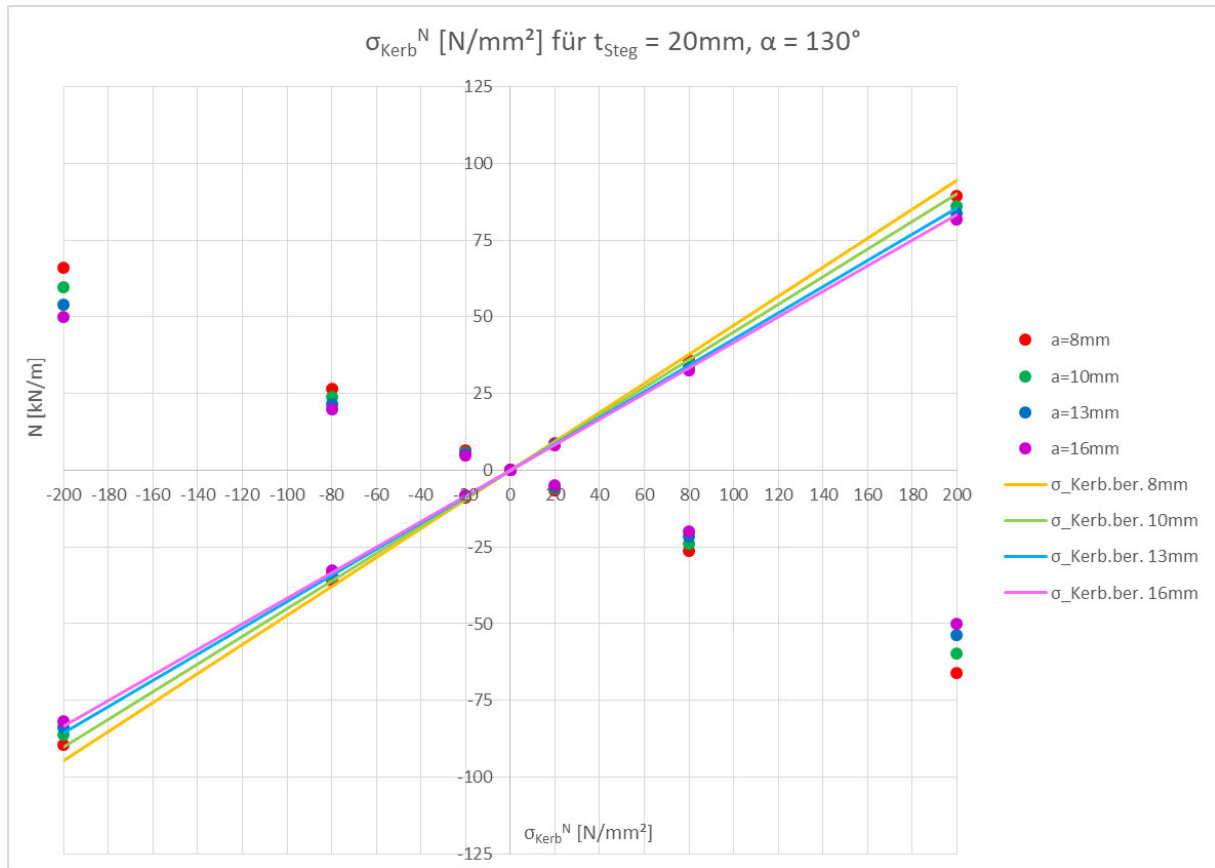


Abbildung A-3: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$ und $\alpha = 130^\circ$

Sämtliche Tabellen und Abbildungen für $t_{\text{Steg}} = 30\text{ mm}$ zur Berechnung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,ks2}^N$ zufolge Normalkraft sind im Hauptdokument, **Kapitel 10.2.1**, zu finden.

t _{steg} =40mm, α=90°								
a _{oben} =8mm	β ₁ [°]		135		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	184,735	-198,679	186,684	-204,290	180,838	-200,367
	-160	-4	73,894	-79,472	74,674	-81,716	72,335	-80,147
	-40	-1	18,474	-19,868	18,668	-20,429	18,084	-20,037
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	40	1	19,868	-18,474	20,429	-18,669	20,037	-18,084
	160	4	79,472	-73,894	81,716	-74,674	80,147	-72,335
	400	10	198,680	-184,735	204,290	-186,685	200,368	-180,838

a _{oben} =10mm	β ₁ [°]		135		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	165,681	-181,116	166,880	-186,193	161,833	-183,247
	-160	-4	66,272	-72,446	66,752	-74,477	64,733	-73,299
	-40	-1	16,568	-18,112	16,688	-18,619	16,183	-18,325
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	40	1	18,112	-16,568	18,619	-16,688	18,325	-16,183
	160	4	72,447	-66,272	74,477	-66,752	73,299	-64,733
	400	10	181,118	-165,680	186,193	-166,880	183,248	-161,833

a _{oben} =13mm	β ₁ [°]		135		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	...	...	146,650	-169,433	...	...
	-160	-4	...	...	58,660	-67,773	...	...
	-40	-1	...	...	14,665	-16,943	...	...
	0	0	...	...	0,000	0,000	...	...
	40	1	...	...	16,943	-14,665	...	...
	160	4	...	...	67,773	-58,660	...	...
	400	10	...	...	169,433	-146,650	...	...

a _{oben} =16mm	β ₁ [°]		135		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	134,144	-156,750	132,937	-159,152	128,948	-157,405
	-160	-4	53,658	-62,700	53,175	-63,661	51,579	-62,962
	-40	-1	13,414	-15,675	13,294	-15,915	12,895	-15,741
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	40	1	15,675	-13,415	15,915	-13,294	15,741	-12,895
	160	4	62,700	-53,658	63,661	-53,175	62,962	-51,579
	400	10	156,750	-134,145	159,153	-132,938	157,405	-128,948

Tabelle A-4: σ_{Kerb}^N für t_{steg} = 40mm und α = 90°

t _{Steg} =40mm, α=110°								
a _{oben} =8mm	β ₁ [°]		145		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	162,960	-158,335	172,993	-168,445	174,939	-172,212
	-160	-4	65,184	-63,334	69,197	-67,378	69,976	-68,885
	-40	-1	16,296	-15,834	17,299	-16,845	17,494	-17,221
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	40	1	15,834	-16,296	16,845	-17,299	17,221	-17,494
	160	4	63,334	-65,184	67,378	-69,197	68,885	-69,976
	400	10	158,335	-162,960	168,445	-172,993	172,213	-174,940

a _{oben} =10mm	β ₁ [°]		145		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	146,645	-144,280	154,911	-153,114	156,397	-156,438
	-160	-4	58,658	-57,712	61,964	-61,246	62,559	-62,575
	-40	-1	14,665	-14,428	15,491	-15,311	15,640	-15,644
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	40	1	14,428	-14,665	15,312	-15,491	15,644	-15,640
	160	4	57,712	-58,658	61,246	-61,964	62,575	-62,559
	400	10	144,280	-146,645	153,115	-154,910	156,438	-156,398

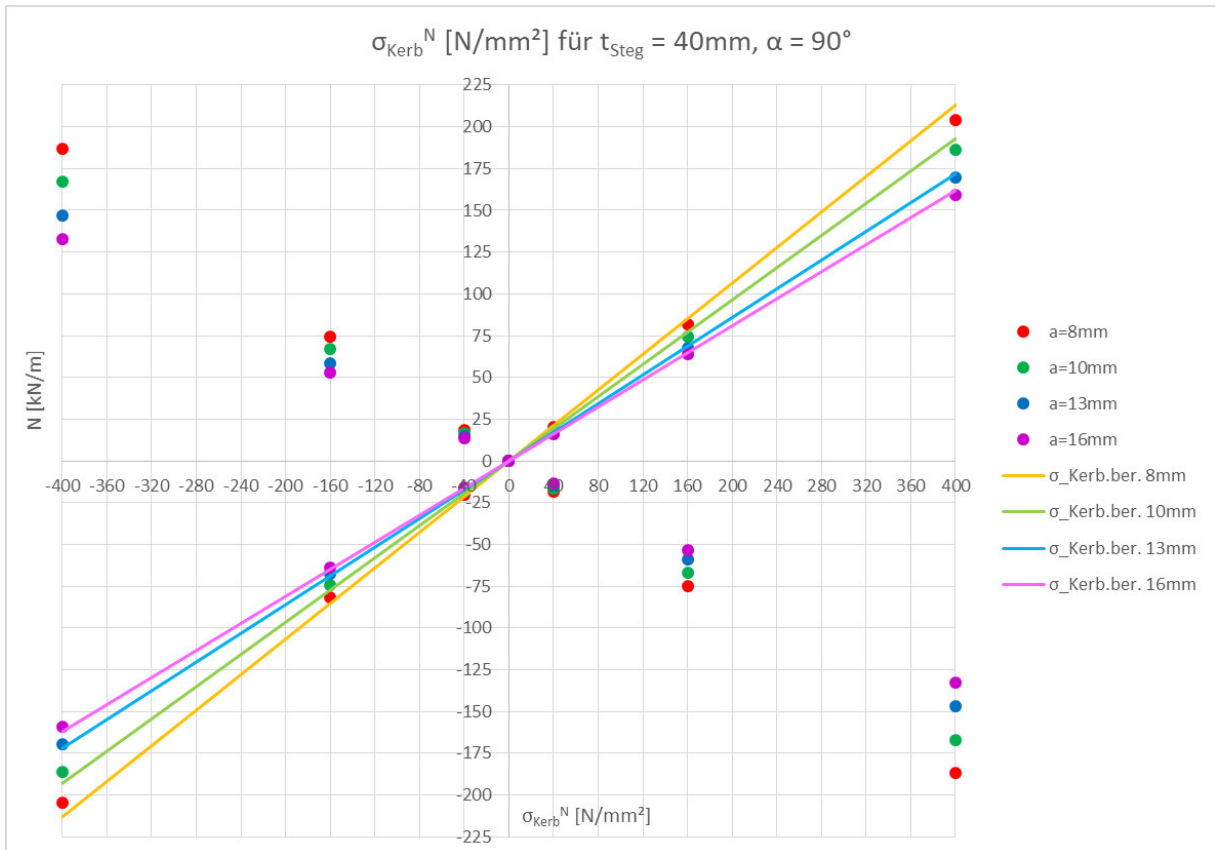
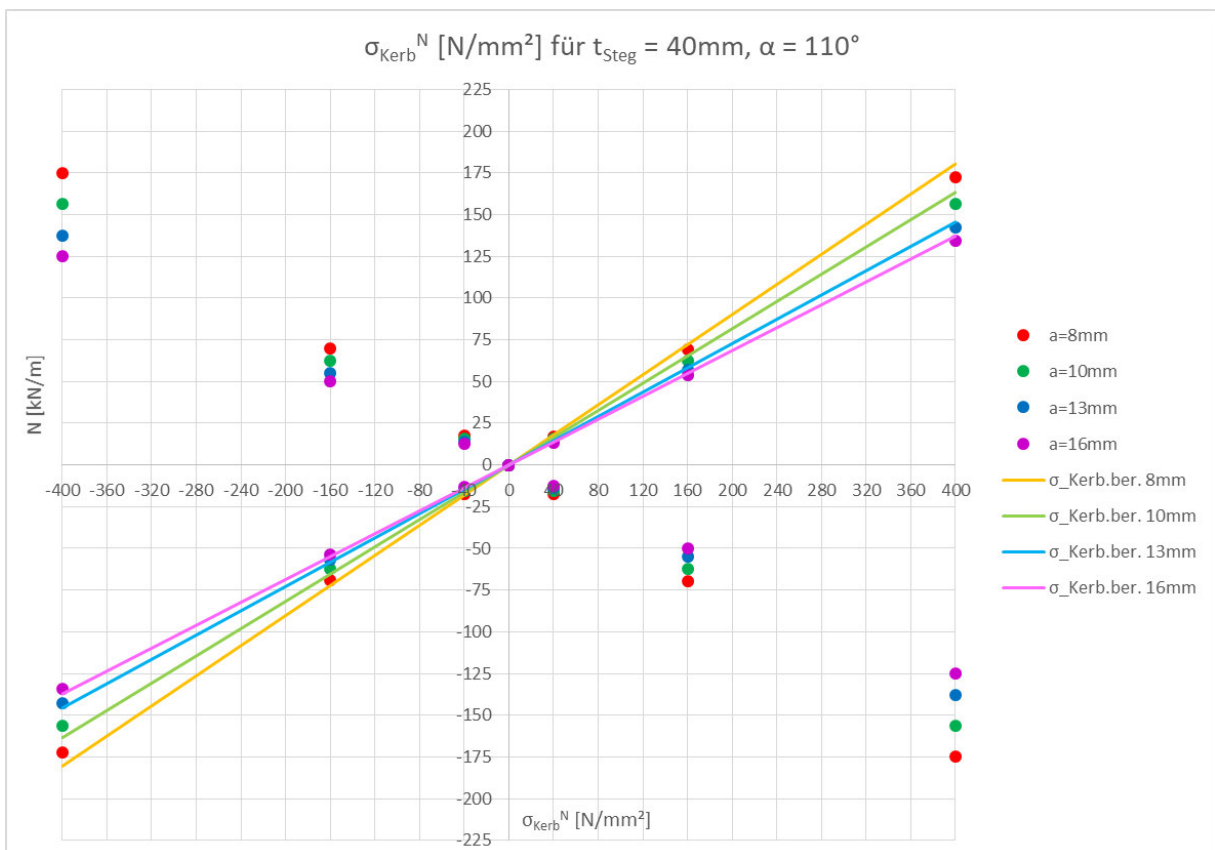
a _{oben} =13mm	β ₁ [°]		145		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	...	...	...	...	137,645	-142,525
	-160	-4	...	...	...	...	55,058	-57,010
	-40	-1	...	...	...	...	13,765	-14,253
	0	0	...	...	...	...	0,000	0,000
	40	1	...	...	...	...	14,253	-13,765
	160	4	...	...	...	...	57,010	-55,058
	400	10	...	...	...	...	142,525	-137,645

a _{oben} =16mm	β ₁ [°]		145		160		170	
	N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	120,402	-126,970	124,546	-132,063	125,068	-134,290
	-160	-4	48,161	-50,788	49,818	-52,825	50,027	-53,716
	-40	-1	12,040	-12,697	12,455	-13,206	12,507	-13,429
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	40	1	12,697	-12,040	13,206	-12,455	13,429	-12,507
	160	4	50,788	-48,161	52,825	-49,818	53,716	-50,027
	400	10	126,970	-120,403	132,063	-124,545	134,290	-125,068

Tabelle A-5: σ_{Kerb}^N für t_{Steg} = 40mm und α = 110°

$t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, \alpha=130^\circ$								
a _{oben} =8mm	$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	137,675	-107,881	142,561	-112,782	151,899	-120,775
	-160	-4	55,070	-43,152	57,024	-45,113	60,760	-48,310
	-40	-1	13,768	-10,788	14,256	-11,278	15,190	-12,078
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	40	1	10,788	-13,768	11,278	-14,256	12,078	-15,190
	160	4	43,152	-55,070	45,113	-57,024	48,310	-60,760
	400	10	107,880	-137,675	112,783	-142,560	120,775	-151,900
a _{oben} =10mm	$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	123,961	-98,610	128,018	-102,831	135,778	-109,595
	-160	-4	49,584	-39,444	51,207	-41,132	54,311	-43,838
	-40	-1	12,396	-9,861	12,802	-10,283	13,578	-10,960
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	40	1	9,861	-12,396	10,283	-12,802	10,960	-13,578
	160	4	39,444	-49,584	41,133	-51,207	43,838	-54,311
	400	10	98,610	-123,960	102,833	-128,018	109,595	-135,778
a _{oben} =13mm	$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	...	...	...	...	119,822	-101,042
	-160	-4	...	...	...	...	47,929	-40,417
	-40	-1	...	...	...	...	11,982	-10,104
	0	0	...	...	...	...	0,000	0,000
	40	1	...	...	...	...	10,104	-11,982
	160	4	...	...	...	...	40,417	-47,929
	400	10	...	...	...	...	101,043	-119,823
a _{oben} =16mm	$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]		σ_{Kerb}^N [N/mm ²]	
			positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
	-400	-10	102,522	-90,635	104,557	-93,223	109,219	-97,158
	-160	-4	41,009	-36,254	41,823	-37,289	43,688	-38,863
	-40	-1	10,252	-9,064	10,456	-9,322	10,922	-9,716
	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	40	1	9,064	-10,252	9,322	-10,456	9,716	-10,922
	160	4	36,254	-41,009	37,289	-41,823	38,863	-43,688
	400	10	90,635	-102,523	93,223	-104,558	97,158	-109,220

Tabelle A-6: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$ und $\alpha = 130^\circ$

Abbildung A-4: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$ und $\alpha = 90^\circ$ Abbildung A-5: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$ und $\alpha = 110^\circ$

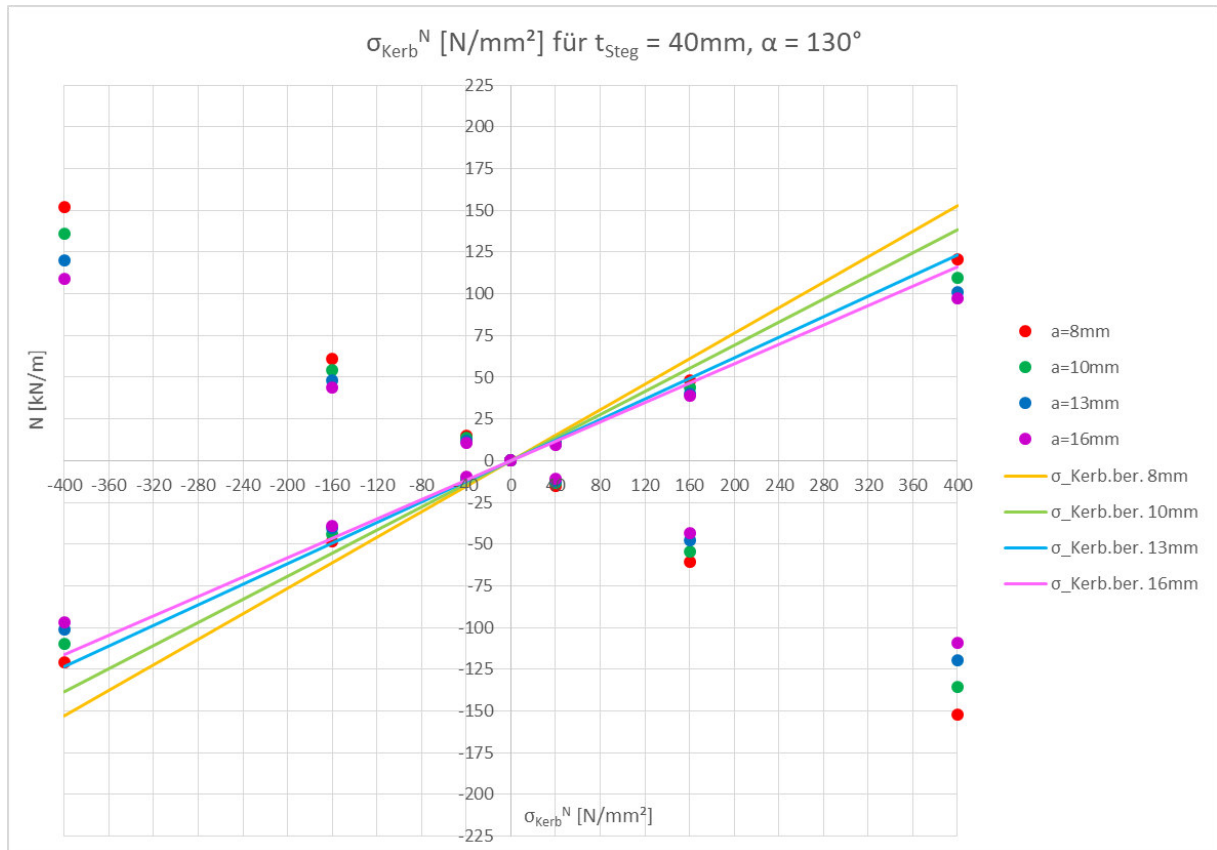


Abbildung A-6: σ_{Kerb}^N für $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$ und $\alpha = 130^\circ$

Anhang B Ergänzungen zur Berechnung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,kS2}^M$

B.1 ausgewählte Daten $t_{steg} = 20 \text{ mm}$

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	80,776	-109,580	85,998	-114,725	83,484	-113,015
-80	-4	39,430	-37,289	45,012	-42,218	44,553	-42,171
-20	-1	28,960	-16,068	33,044	-15,490	33,823	-15,347
0	0	30,385	-21,731	32,766	-20,771	33,735	-20,545
20	1	35,853	-27,945	35,685	-26,588	36,495	-26,224
80	4	66,687	-48,600	62,592	-46,352	61,557	-45,434
200	10	138,900	-94,403	133,974	-91,101	130,940	-88,827

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	-1,385	-13,540	4,050	-8,335	4,067	-7,473
-80	-4	6,566	-11,959	12,233	-7,006	12,786	-6,024
-20	-1	20,744	3,756	24,849	3,184	25,881	3,298
0	0	30,385	21,731	32,766	20,771	33,735	20,545
20	1	23,541	19,729	23,379	18,393	24,446	18,282
80	4	17,439	15,736	13,368	13,573	13,362	13,667
200	10	15,780	12,243	10,914	9,153	10,453	9,409

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	30,385	32,766	33,735
20	1	23,541	24,849	25,881
80	4	17,439	13,573	13,667
200	10	15,780	10,914	10,453
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]		15,00		

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,026	2,184	2,249
20	1	1,569	1,657	1,725
80	4	1,163	0,905	0,911
200	10	1,052	0,728	0,697

Tabelle B-1: $\sigma_{Kerb}^{N-M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	131,412	-177,214	125,141	-165,800	122,867	-163,755
-80	-4	90,316	-115,545	85,881	-112,493	84,611	-114,438
-20	-1	71,292	-95,207	68,005	-99,971	67,131	-102,849
0	0	65,194	-91,156	62,314	-98,298	61,634	-101,204
20	1	59,347	-88,476	56,823	-97,575	56,217	-100,439
80	4	42,946	-87,736	41,589	-101,073	41,252	-103,014
200	10	88,651	-107,842	103,194	-124,264	103,623	-123,793

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	49,251	54,094	43,193	42,740	43,450	43,267
-80	-4	57,452	66,297	53,102	63,269	52,844	66,243
-20	-1	63,076	82,895	59,810	87,665	59,189	90,800
0	0	65,194	91,156	62,314	98,298	61,634	101,204
20	1	47,035	80,260	44,517	89,380	44,168	92,497
80	4	-6,302	54,872	-7,635	68,294	-6,943	71,247
200	10	-34,469	25,682	-19,866	42,317	-16,865	44,376

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	91,156	98,298	101,204
20	1	82,895	89,380	92,497
80	4	66,297	68,294	71,247
200	10	54,094	43,193	44,376
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]		45,00		

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,026	2,184	2,249
20	1	1,842	1,986	2,055
80	4	1,473	1,518	1,583
200	10	1,202	0,960	0,986

Tabelle B-2: $\sigma_{Kerb}^{N-M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	289,602	-160,679	330,435	-154,899	338,228	-153,471
-80	-4	293,661	-193,982	325,245	-185,839	334,613	-183,892
-20	-1	300,829	-211,376	326,489	-202,148	336,252	-200,021
0	0	303,850	-217,310	327,660	-207,710	337,350	-205,450
20	1	307,597	-223,394	329,129	-213,341	338,711	-210,872
80	4	320,651	-241,728	334,876	-230,536	334,373	-227,596
200	10	358,528	-279,447	356,850	-265,878	364,948	-262,240

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	207,441	37,559	248,487	31,839	258,811	32,983
-80	-4	260,797	144,734	292,466	136,615	302,846	135,697
-20	-1	292,613	199,064	318,294	189,842	328,310	187,972
0	0	303,850	217,310	327,660	207,710	337,350	205,450
20	1	295,285	215,178	316,823	205,146	326,662	202,930
80	4	271,403	208,864	285,652	197,757	286,178	195,829
200	10	235,408	197,287	233,790	183,931	244,461	182,823

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	303,850	327,660	337,350
20	1	295,285	318,294	328,310
80	4	271,403	292,466	302,846
200	10	235,408	248,487	258,811
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]		150,00		

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,026	2,184	2,249
20	1	1,969	2,122	2,189
80	4	1,809	1,950	2,019
200	10	1,569	1,657	1,725

Tabelle B-3: $\sigma_{Kerb}^{N-M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	495,888	-651,816	472,628	-675,298	466,673	-694,065
-80	-4	459,000	-623,169	437,960	-661,196	432,595	-680,197
-20	-1	440,681	-611,207	421,053	-656,788	416,319	-676,059
0	0	434,627	-607,707	415,427	-655,320	410,893	-674,693
20	1	428,684	-604,446	409,795	-653,849	405,468	-673,355
80	4	411,105	-596,080	393,349	-651,555	389,192	-670,890
200	10	376,446	-584,154	361,076	-650,916	357,295	-668,731

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^{N-M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	413,727	528,696	390,680	552,238	387,256	573,577
-80	-4	426,136	573,921	405,181	611,972	400,828	632,002
-20	-1	432,465	598,895	412,858	644,482	408,377	664,010
0	0	434,627	607,707	415,427	655,320	410,893	674,693
20	1	416,372	596,230	397,489	645,654	393,419	665,413
80	4	361,857	563,216	344,125	618,776	340,997	639,123
200	10	253,326	501,994	238,016	568,969	236,808	589,314

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	607,707	655,320	674,693
20	1	598,895	645,654	665,413
80	4	573,921	618,776	639,123
200	10	528,696	568,969	589,314
σ_{Nenn}^M [N/mm ²]		300,00		

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,026	2,184	2,249
20	1	1,996	2,152	2,218
80	4	1,913	2,063	2,130
200	10	1,762	1,897	1,964

Tabelle B-4: $\sigma_{Kerb}^{N-M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = -20 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	68,655	-99,462	72,832	-103,090	70,755	-101,619
-80	-4	32,577	-31,151	37,870	-35,446	37,678	-35,544
-20	-1	27,154	-15,060	30,765	-14,550	31,470	-14,400
0	0	30,741	-20,686	32,483	-19,713	33,200	-19,433
20	1	37,687	-26,741	37,147	-25,354	37,612	-24,900
80	4	68,191	-46,446	64,210	-43,980	63,091	-42,972
200	10	136,731	-88,933	131,202	-84,953	128,207	-82,647

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	-5,938	-17,439	-0,519	-12,648	-0,268	-11,749
-80	-4	2,740	-15,609	8,530	-10,849	9,269	-9,803
-20	-1	19,695	3,370	23,430	2,976	24,368	3,063
0	0	30,741	20,686	32,483	19,713	33,200	19,433
20	1	25,997	19,282	25,573	18,019	26,275	17,798
80	4	21,431	16,609	17,915	14,640	17,744	14,563
200	10	19,831	14,341	15,465	11,603	14,840	11,625

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	30,741	32,483	33,200
20	1	25,997	25,573	26,275
80	4	21,431	17,915	17,744
200	10	19,831	15,465	14,840
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		15,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,049	2,166	2,213
20	1	1,733	1,705	1,752
80	4	1,429	1,194	1,183
200	10	1,322	1,031	0,989

Tabelle B-5: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	125,759	-182,617	118,967	-171,793	116,366	-169,547
-80	-4	86,483	-121,789	81,939	-118,058	80,428	-118,900
-20	-1	67,993	-98,136	64,637	-101,101	63,628	-103,103
0	0	62,058	-92,221	59,140	-97,449	58,300	-99,599
20	1	56,223	-87,407	53,840	-94,759	53,089	-97,010
80	4	39,928	-80,063	38,863	-92,317	38,513	-94,239
200	10	71,815	-89,803	84,748	-105,635	85,582	-105,655

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	51,166	65,716	45,616	56,055	45,345	56,179
-80	-4	56,646	75,029	52,599	71,766	52,019	73,553
-20	-1	60,534	86,446	57,302	89,527	56,526	91,766
0	0	62,058	92,221	59,140	97,449	58,300	99,599
20	1	44,533	79,948	42,266	87,424	41,752	89,908
80	4	-6,832	50,226	-7,432	62,977	-6,834	65,830
200	10	-45,085	15,211	-30,990	32,285	-27,786	34,633

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	92,221	97,449	99,599
20	1	86,446	89,527	91,766
80	4	75,029	71,766	73,553
200	10	65,716	56,055	56,179
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		45,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,049	2,166	2,213
20	1	1,921	1,989	2,039
80	4	1,667	1,595	1,635
200	10	1,460	1,246	1,248

Tabelle B-6: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	271,535	-150,602	307,648	-145,499	314,696	-144,001
-80	-4	288,776	-183,598	314,531	-175,952	321,956	-173,566
-20	-1	302,219	-200,998	321,876	-191,775	329,138	-189,116
0	0	307,410	-206,860	324,830	-197,130	332,000	-194,330
20	1	312,887	-212,733	328,123	-202,600	335,119	-199,585
80	4	331,557	-230,616	339,808	-219,159	346,285	-215,715
200	10	376,871	-267,409	371,472	-253,543	376,117	-249,001

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	196,942	33,701	234,297	29,761	243,673	30,633
-80	-4	258,939	136,838	285,191	129,657	293,547	128,219
-20	-1	294,760	189,308	314,541	180,201	322,036	177,779
0	0	307,410	206,860	324,830	197,130	332,000	194,330
20	1	301,197	205,274	316,549	195,265	323,782	192,483
80	4	284,797	200,779	293,513	189,819	300,938	187,306
200	10	259,971	192,817	255,735	180,193	262,750	177,979

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	307,410	324,830	332,000
20	1	301,197	316,549	323,782
80	4	284,797	293,513	300,938
200	10	259,971	255,735	262,750
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		150,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,049	2,166	2,213
20	1	2,008	2,110	2,159
80	4	1,899	1,957	2,006
200	10	1,733	1,705	1,752

Tabelle B-7: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	473,213	-676,591	449,450	-688,357	442,305	-701,251
-80	-4	437,388	-637,355	416,208	-663,541	409,787	-677,315
-20	-1	419,585	-620,212	399,697	-652,902	393,899	-666,914
0	0	413,720	-614,807	394,267	-649,660	388,667	-663,993
20	1	407,858	-609,579	388,892	-646,587	383,440	-661,095
80	4	390,268	-594,653	372,983	-638,332	367,814	-653,007
200	10	355,972	-570,192	341,472	-625,823	337,102	-640,165

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	398,620	559,690	376,099	572,619	371,282	587,883
-80	-4	407,551	590,595	386,868	617,246	381,378	631,968
-20	-1	412,126	608,522	392,362	641,328	386,797	655,577
0	0	413,720	614,807	394,267	649,660	388,667	663,993
20	1	396,168	602,120	377,318	639,252	372,103	653,993
80	4	343,508	564,816	326,688	608,992	322,467	624,598
200	10	239,072	495,600	225,735	552,473	223,735	569,143

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	614,807	649,660	663,993
20	1	608,522	641,328	655,577
80	4	590,595	617,246	631,968
200	10	559,690	572,619	587,883
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		300,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	50,221	-84,761	51,257	-84,882	49,643	-83,199
-80	-4	19,655	-22,969	23,932	-25,340	23,947	-25,327
-20	-1	21,109	-11,346	23,943	-11,330	24,378	-11,211
0	0	27,200	-16,608	28,681	-16,058	28,883	-15,755
20	1	36,328	-22,133	35,652	-21,108	35,423	-20,615
80	4	66,076	-39,531	62,791	-37,227	61,337	-36,118
200	10	128,702	-75,548	122,796	-71,248	119,527	-68,799

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	-11,140	-21,151	-7,407	-17,768	-6,860	-16,719
-80	-4	-4,889	-19,396	0,466	-15,720	1,346	-14,640
-20	-1	14,973	0,755	18,077	1,065	18,728	1,219
0	0	27,200	16,608	28,681	16,058	28,883	15,755
20	1	25,737	15,997	25,387	15,242	25,431	14,965
80	4	23,711	14,986	21,731	13,762	21,370	13,517
200	10	22,790	14,186	20,146	12,586	19,610	12,297

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	27,200	28,681	28,883
20	1	25,737	25,387	25,431
80	4	23,711	21,731	21,370
200	10	22,790	20,146	19,610
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		15,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,848	1,912	1,926
20	1	1,716	1,692	1,695
80	4	1,581	1,449	1,425
200	10	1,519	1,343	1,307

Tabelle B-9: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
 bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	106,768	-177,818	100,737	-169,200	97,717	-165,544
-80	-4	72,068	-118,339	68,545	-115,032	66,812	-113,902
-20	-1	55,270	-91,358	53,164	-92,396	52,048	-92,547
0	0	49,823	-83,159	48,174	-86,043	47,265	-86,649
20	1	44,440	-75,688	43,323	-80,445	42,602	-81,329
80	4	29,084	-58,723	29,547	-68,815	29,349	-70,182
200	10	49,684	-53,852	57,476	-67,347	58,056	-67,971

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	45,407	71,906	42,073	66,550	41,214	65,626
-80	-4	47,524	75,974	45,079	73,972	44,211	73,935
-20	-1	49,134	80,767	47,298	82,131	46,398	82,555
0	0	49,823	83,159	48,174	86,043	47,265	86,649
20	1	33,849	69,552	33,058	74,579	32,610	75,679
80	4	-13,281	34,178	-11,513	45,350	-10,618	47,581
200	10	-56,229	-7,511	-45,174	8,684	-41,862	11,469

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	83,159	86,043	86,649
20	1	80,767	82,131	82,555
80	4	75,974	73,972	73,935
200	10	71,906	66,550	65,626
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		45,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,848	1,912	1,926
20	1	1,795	1,825	1,835
80	4	1,688	1,644	1,643
200	10	1,598	1,479	1,458

Tabelle B-10: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
 bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	211,089	-113,460	239,425	-113,299	243,780	-112,113
-80	-4	247,632	-144,593	264,697	-141,230	267,960	-138,908
-20	-1	269,415	-160,669	280,961	-155,664	283,403	-152,867
0	0	277,200	-166,080	286,810	-160,580	288,830	-157,550
20	1	285,117	-171,484	292,990	-165,571	294,392	-162,260
80	4	310,148	-187,882	312,607	-180,565	312,691	-176,736
200	10	363,275	-221,330	356,520	-211,084	354,230	-206,151

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	149,728	7,548	180,761	10,649	187,277	12,195
-80	-4	223,088	102,228	241,231	100,170	245,359	98,941
-20	-1	263,279	150,078	275,095	145,399	277,753	142,875
0	0	277,200	166,080	286,810	160,580	288,830	157,550
20	1	274,526	165,348	282,725	159,705	284,400	156,610
80	4	267,783	163,337	271,547	157,100	272,724	154,135
200	10	257,363	159,968	253,870	152,422	254,313	149,649

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	277,200	286,810	288,830
20	1	274,526	282,725	284,400
80	4	267,783	271,547	272,724
200	10	257,363	253,870	254,313
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		150,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,848	1,912	1,926
20	1	1,830	1,885	1,896
80	4	1,785	1,810	1,818
200	10	1,716	1,692	1,695

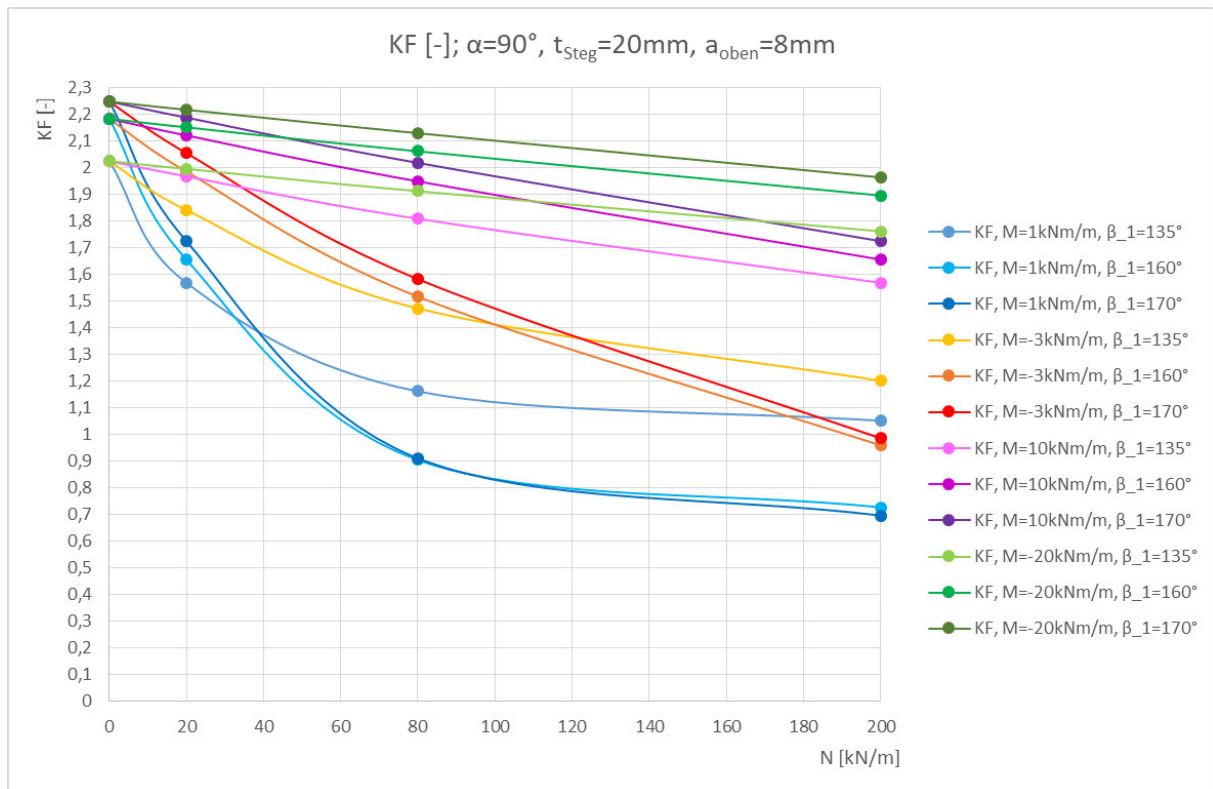
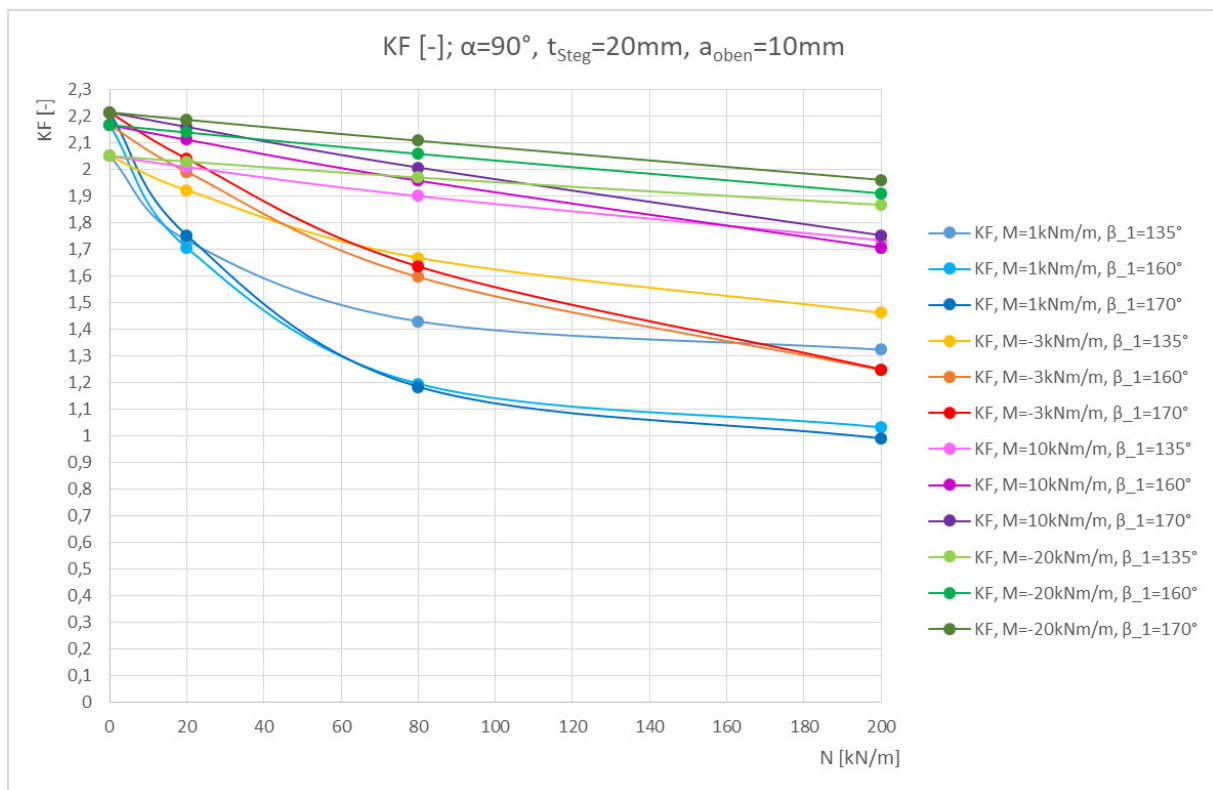
Tabelle B-11: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
 bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	386,741	-637,159	371,252	-639,074	363,205	-638,290
-80	-4	353,873	-586,602	341,121	-598,493	334,044	-600,407
-20	-1	337,560	-562,313	326,152	-579,727	319,787	-583,160
0	0	332,153	-554,393	321,160	-573,620	315,100	-577,660
20	1	326,745	-546,470	316,224	-567,673	310,418	-572,234
80	4	310,523	-523,709	301,618	-550,719	296,405	-555,951
200	10	278,725	-481,686	272,941	-519,972	268,726	-526,605

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	325,380	531,247	312,588	536,424	306,702	538,372
-80	-4	329,329	544,237	317,655	557,433	311,443	560,440
-20	-1	331,424	551,722	320,286	569,462	314,137	573,168
0	0	332,153	554,393	321,160	573,620	315,100	577,660
20	1	316,154	540,334	305,959	561,807	300,426	566,584
80	4	268,158	499,164	260,558	527,254	256,438	533,350
200	10	172,813	420,324	170,291	461,310	168,809	470,103

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	554,393	573,620	577,660
20	1	551,722	569,462	573,168
80	4	544,237	557,433	560,440
200	10	531,247	536,424	538,372
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		300,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]			

Abbildung B-1: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1 Abbildung B-2: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

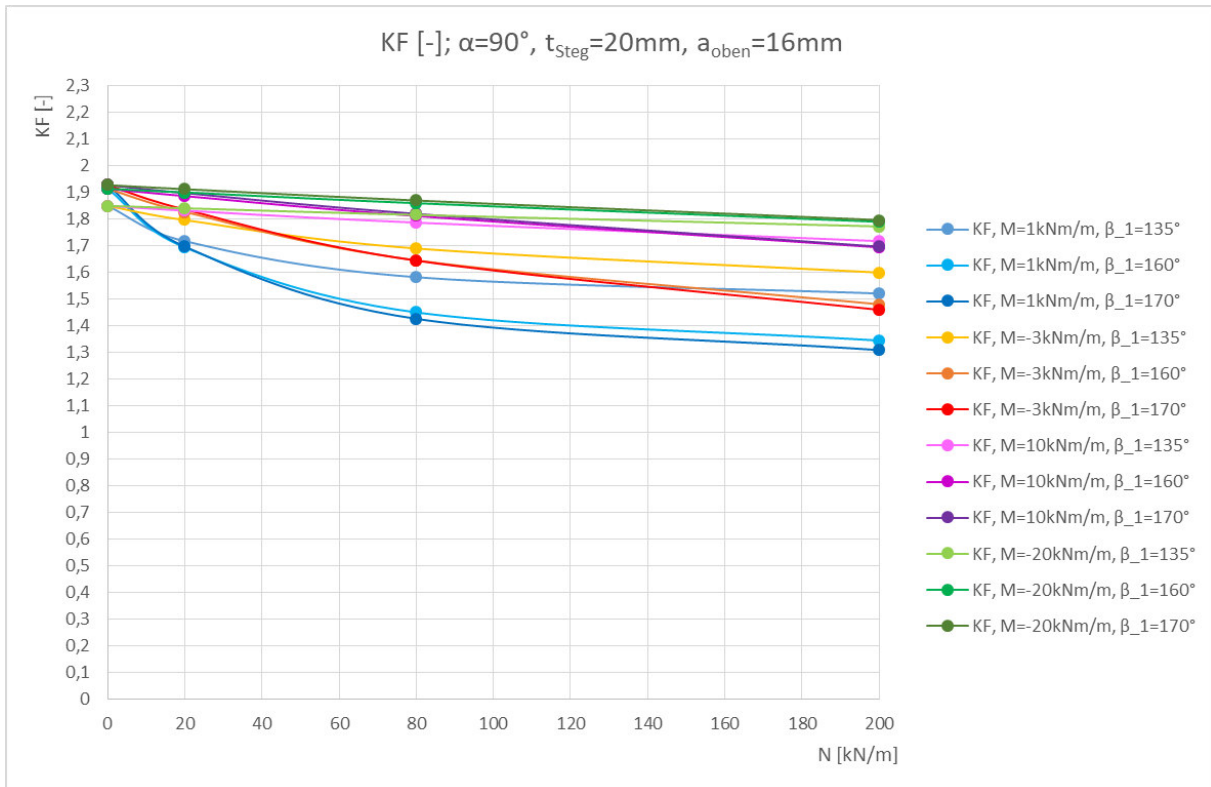


Abbildung B-3: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

		$\alpha=90^\circ$, $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$				
$a_{\text{oben}}=8\text{mm}$	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	2,249	2,249	2,249	2,249
	20	1	1,725	2,055	2,189	2,218
	80	4	1,163	1,583	2,019	2,130
	200	10	1,052	1,202	1,725	1,964
$a_{\text{oben}}=10\text{mm}$	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	2,213	2,213	2,213	2,213
	20	1	1,752	2,039	2,159	2,185
	80	4	1,429	1,667	2,006	2,107
	200	10	1,322	1,460	1,752	1,960
$a_{\text{oben}}=16\text{mm}$	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,926	1,926	1,926	1,926
	20	1	1,716	1,835	1,896	1,911
	80	4	1,581	1,688	1,818	1,868
	200	10	1,519	1,598	1,716	1,795

Tabelle B-13: Zusammenfassung der Kerbfaktoren für $\alpha=90^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$, eine Abhängigkeit von β_1 ist nicht mehr vorhanden

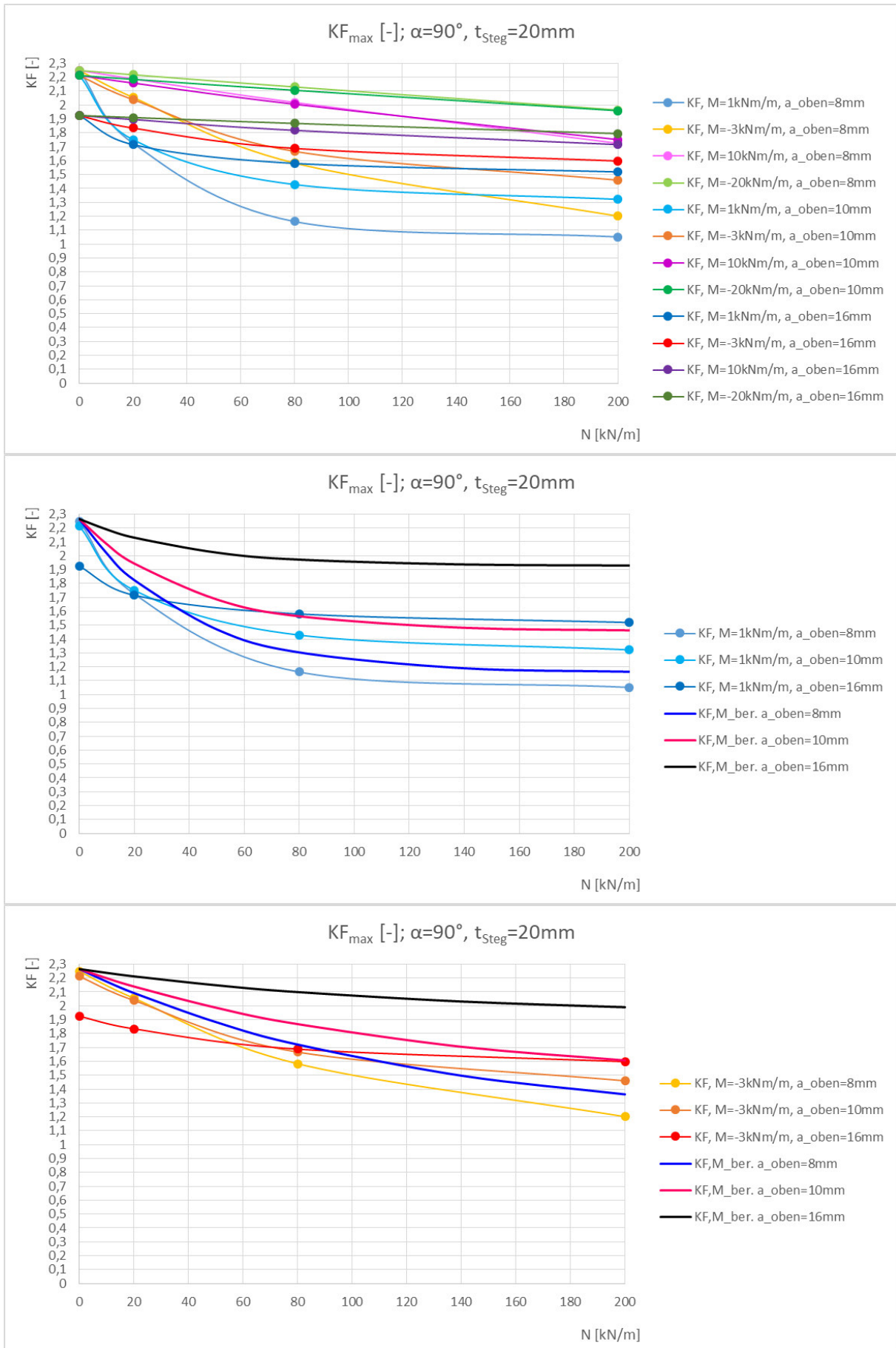


Abbildung B-4: o: KF für $\alpha=90^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$; m: KF_{ber.} für M=1kNm/m; u: KF_{ber.} für M=-3kNm/m

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	71,829	-91,268	80,845	-98,181	83,913	-101,031
-80	-4	35,964	-29,733	42,326	-34,574	45,064	-36,975
-20	-1	27,601	-16,314	30,630	-15,736	32,530	-15,491
0	0	29,117	-21,362	30,144	-20,531	31,383	-20,141
20	1	33,929	-26,852	32,836	-25,789	33,035	-25,266
80	4	59,950	-45,066	57,368	-43,715	55,813	-42,900
200	10	121,319	-85,623	120,134	-84,821	118,933	-83,798

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	-1,252	-13,925	4,540	-9,899	7,070	-7,923
-80	-4	6,732	-12,344	11,804	-8,658	14,327	-6,607
-20	-1	20,293	5,795	23,000	4,928	24,846	4,596
0	0	29,117	21,362	30,144	20,531	31,383	20,141
20	1	23,410	19,544	22,028	18,159	22,140	17,582
80	4	17,873	15,833	14,136	13,193	12,231	12,163
200	10	16,127	12,541	12,054	8,516	9,978	6,956

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	29,117	30,144	31,383
20	1	23,410	23,000	24,846
80	4	17,873	14,136	14,327
200	10	16,127	12,054	9,978
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		15,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,941	2,010	2,092
20	1	1,561	1,533	1,656
80	4	1,192	0,942	0,955
200	10	1,075	0,804	0,665

**Tabelle B-14: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=110^\circ, t_{Steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	122,551	-160,522	118,605	-152,392	116,250	-148,206
-80	-4	86,270	-108,549	82,873	-103,647	81,186	-103,138
-20	-1	69,442	-91,088	66,719	-91,949	65,380	-94,702
0	0	64,087	-87,350	61,593	-90,433	60,422	-94,148
20	1	58,893	-84,750	56,638	-90,008	55,585	-94,548
80	4	44,181	-83,195	42,783	-93,964	42,213	-100,108
200	10	69,601	-99,123	83,189	-116,758	90,170	-124,629

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	49,470	55,329	42,300	44,312	39,407	39,252
-80	-4	57,038	66,472	52,351	60,415	50,449	59,556
-20	-1	62,134	80,569	59,089	81,141	57,696	83,807
0	0	64,087	87,350	61,593	90,433	60,422	94,148
20	1	48,374	77,442	45,830	82,378	44,690	86,864
80	4	2,104	53,962	-0,449	63,442	-1,369	69,371
200	10	-35,592	26,041	-24,891	40,453	-18,785	47,787

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	87,350	90,433	94,148
20	1	80,569	82,378	86,864
80	4	66,472	63,442	69,371
200	10	55,329	44,312	47,787
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		45,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,941	2,010	2,092
20	1	1,790	1,831	1,930
80	4	1,477	1,410	1,542
200	10	1,230	0,985	1,062

**Tabelle B-15: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=110^\circ, t_{Steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	276,009	-163,136	306,303	-157,356	325,295	-154,906
-80	-4	281,280	-192,902	300,082	-185,554	315,713	-182,201
-20	-1	288,165	-208,363	300,588	-200,338	313,869	-196,563
0	0	291,170	-213,620	301,440	-205,310	313,830	-201,410
20	1	294,477	-218,913	302,454	-210,297	313,954	-206,252
80	4	306,466	-235,140	308,027	-225,852	316,527	-221,300
200	10	339,285	-268,520	328,357	-257,887	330,346	-252,662

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	202,928	57,943	229,998	49,276	248,452	45,952
-80	-4	252,048	150,825	269,560	142,322	284,976	138,619
-20	-1	280,857	197,844	292,958	189,530	306,185	185,668
0	0	291,170	213,620	301,440	205,310	313,830	201,410
20	1	283,958	211,605	291,646	202,667	303,059	198,568
80	4	264,389	205,907	264,795	195,330	272,945	190,568
200	10	234,093	195,438	220,277	181,582	221,391	175,820

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	291,170	301,440	313,830
20	1	283,958	292,958	306,185
80	4	264,389	269,560	284,976
200	10	234,093	229,998	248,452
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		150,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,941	2,010	2,092
20	1	1,893	1,953	2,041
80	4	1,763	1,797	1,900
200	10	1,561	1,533	1,656

**Tabelle B-16: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=110^\circ, t_{Steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=20\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	481,282	-622,418	462,074	-620,641	452,832	-636,197
-80	-4	448,587	-596,144	430,964	-607,777	422,515	-628,787
-20	-1	432,503	-585,545	415,591	-603,896	407,660	-627,684
0	0	427,247	-582,333	410,620	-602,887	402,813	-627,653
20	1	421,985	-579,315	405,648	-601,919	397,970	-627,695
80	4	406,257	-570,907	390,732	-600,209	383,435	-628,116
200	10	375,578	-559,399	361,437	-601,243	355,182	-633,459

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	408,201	517,225	385,769	512,561	375,989	527,243
-80	-4	419,355	554,067	400,442	564,545	391,778	585,205
-20	-1	425,195	575,026	407,961	593,088	399,976	616,789
0	0	427,247	582,333	410,620	602,887	402,813	627,653
20	1	411,466	572,007	394,840	594,289	387,075	620,011
80	4	364,180	541,674	347,500	569,687	339,853	597,379
200	10	270,386	486,317	253,357	524,938	246,227	556,617

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	582,333	602,887	627,653
20	1	575,026	594,289	620,011
80	4	554,067	569,687	597,379
200	10	517,225	524,938	556,617
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		300,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,941	2,010	2,092
20	1	1,917	1,981	2,067
80	4	1,847	1,899	1,991
200	10	1,724	1,750	1,855

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-200	-10	60,956	-83,177	68,274	-88,475	70,802
-80	-4	29,482	-24,558	35,311	-28,650	37,868
-20	-1	25,760	-15,146	28,386	-14,753	30,062
0	0	29,302	-20,237	29,998	-19,546	30,940
20	1	35,522	-25,677	34,515	-24,745	34,492
80	4	61,842	-43,345	59,338	-42,004	57,933
200	10	120,782	-81,374	118,949	-80,113	117,286

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-200	-10	-5,982	-17,565	-0,487	-13,960	1,984
-80	-4	2,707	-15,739	7,807	-12,324	10,341
-20	-1	19,066	5,072	21,510	4,510	23,180
0	0	29,302	20,237	29,998	19,546	30,940
20	1	25,448	18,983	24,272	17,869	24,214
80	4	21,545	16,570	18,364	14,500	16,820
200	10	20,040	14,437	16,514	11,353	14,504

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	29,302	29,998	30,940
20	1	25,448	24,272	24,214
80	4	21,545	18,364	16,820
200	10	20,040	16,514	14,504
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		15,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,953	2,000	2,063
20	1	1,697	1,618	1,614
80	4	1,436	1,224	1,121
200	10	1,336	1,101	0,967

**Tabelle B-18: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-200	-10	117,839	-166,541	114,094	-159,292	111,504
-80	-4	82,652	-114,143	79,685	-109,867	78,021
-20	-1	66,049	-93,343	63,716	-93,551	62,474
0	0	60,712	-87,905	58,637	-89,995	57,567
20	1	55,453	-83,386	53,720	-87,484	52,753
80	4	40,618	-75,690	39,780	-85,260	39,359
200	10	55,400	-81,953	66,946	-98,239	73,105

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-200	-10	50,901	65,799	45,333	56,857	42,686
-80	-4	55,877	73,846	52,181	68,893	50,494
-20	-1	59,355	83,269	56,840	83,308	55,592
0	0	60,712	87,905	58,637	89,995	57,567
20	1	45,379	76,692	43,477	80,608	42,475
80	4	0,321	48,915	-1,194	57,756	-1,754
200	10	-45,343	15,016	-35,489	29,479	-29,678

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	87,905	89,995	92,821
20	1	83,269	83,308	85,105
80	4	73,846	68,893	67,832
200	10	65,799	56,857	52,498
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		45,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,953	2,000	2,063
20	1	1,850	1,851	1,891
80	4	1,641	1,531	1,507
200	10	1,462	1,263	1,167

**Tabelle B-19: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-200	-10	257,602	-151,455	283,856	-147,531	300,619
-80	-4	275,350	-181,431	290,250	-175,848	302,815
-20	-1	288,177	-197,037	297,168	-190,464	307,261
0	0	293,020	-202,370	299,980	-195,460	309,400
20	1	298,142	-207,711	303,167	-200,473	311,597
80	4	315,131	-223,761	314,572	-215,856	320,048
200	10	355,224	-256,769	345,146	-247,448	344,923

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-200	-10	190,664	50,713	215,095	45,096	231,801
-80	-4	248,575	141,134	262,746	134,874	275,288
-20	-1	281,483	186,963	290,292	180,221	300,379
0	0	293,020	202,370	299,980	195,460	309,400
20	1	288,068	201,017	292,924	193,597	301,319
80	4	274,834	196,986	273,598	188,352	278,935
200	10	254,482	189,832	242,711	178,688	242,141

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	293,020	299,980	309,400
20	1	288,068	292,924	301,319
80	4	274,834	273,598	278,935
200	10	254,482	242,711	242,141
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		150,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,953	2,000	2,063
20	1	1,920	1,953	2,009
80	4	1,832	1,824	1,860
200	10	1,697	1,618	1,614

**Tabelle B-20: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-200	-10	458,525	-642,396	442,120	-637,829	433,065
-80	-4	426,095	-607,241	410,979	-613,308	403,241
-20	-1	410,085	-591,144	395,929	-603,046	388,631
0	0	404,747	-586,033	390,913	-599,967	383,780
20	1	399,411	-581,188	385,921	-597,051	378,930
80	4	383,591	-567,153	371,008	-589,298	364,379
200	10	352,694	-543,279	342,041	-576,798	336,022

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-200	-10	391,587	541,654	373,359	535,394	364,247
-80	-4	399,320	566,944	383,475	572,334	375,714
-20	-1	403,391	581,070	389,053	592,803	381,749
0	0	404,747	586,033	390,913	599,967	383,780
20	1	389,337	574,494	375,678	590,175	368,652
80	4	343,294	540,378	330,034	561,794	323,266
200	10	251,952	476,342	239,606	508,038	233,240

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	586,033	599,967	618,807
20	1	581,070	592,803	610,696
80	4	566,944	572,334	587,058
200	10	541,654	535,394	544,140
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		300,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,953	2,000	2,063
20	1	1,937	1,976	2,036
80	4	1,890	1,908	1,957
200	10	1,806	1,785	1,814

**Tabelle B-21: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = -20 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	45,452	-73,059	48,387	-75,053	49,505	-75,696
-80	-4	17,394	-18,561	21,649	-20,743	23,696	-22,001
-20	-1	19,648	-11,087	21,746	-11,281	23,024	-11,293
0	0	25,917	-15,995	26,610	-15,893	27,121	-15,693
20	1	33,771	-21,131	33,471	-20,801	33,300	-20,411
80	4	60,212	-37,172	58,955	-36,354	57,730	-35,517
200	10	115,641	-70,508	113,859	-69,206	111,924	-67,712

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	-11,062	-20,567	-8,103	-18,361	-6,298	-17,068
-80	-4	-5,212	-18,889	-0,947	-16,623	1,375	-15,105
-20	-1	13,997	1,724	16,097	1,940	17,444	2,017
0	0	25,917	15,995	26,610	15,893	27,121	15,693
20	1	24,408	15,480	24,130	15,152	24,024	14,831
80	4	22,761	14,566	21,590	13,758	20,624	13,196
200	10	22,014	13,993	20,447	12,716	19,159	11,910

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	25,917	26,610	27,121
20	1	24,408	24,130	24,024
80	4	22,761	21,590	20,624
200	10	22,014	20,447	19,159
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		15,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,728	1,774	1,808
20	1	1,627	1,609	1,602
80	4	1,517	1,439	1,375
200	10	1,468	1,363	1,277

Tabelle B-22: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	100,634	-162,553	98,517	-158,869	96,200	-155,827
-80	-4	68,627	-109,631	67,400	-108,186	66,122	-107,116
-20	-1	53,057	-85,249	52,451	-86,134	51,700	-86,941
0	0	47,984	-77,751	47,680	-79,831	47,079	-79,533
20	1	42,928	-70,801	42,958	-74,136	42,562	-76,533
80	4	28,598	-54,389	29,522	-62,127	29,724	-66,572
200	10	38,878	-47,824	45,468	-60,490	49,292	-66,686

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	44,120	68,927	42,027	65,455	40,397	63,063
-80	-4	46,021	72,181	44,804	70,820	43,801	70,010
-20	-1	47,406	75,886	46,802	76,793	46,120	77,665
0	0	47,984	77,751	47,680	79,831	47,079	81,362
20	1	33,565	65,150	33,617	68,487	33,286	70,953
80	4	-8,853	31,783	-7,843	39,531	-7,382	44,251
200	10	-54,750	-8,691	-47,945	4,000	-43,473	10,884

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	77,751	79,831	81,362
20	1	75,886	76,793	77,665
80	4	72,181	70,820	70,010
200	10	68,927	65,455	63,063
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		45,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,728	1,774	1,808
20	1	1,686	1,707	1,726
80	4	1,604	1,574	1,556
200	10	1,532	1,455	1,401

Tabelle B-23: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	196,477	-110,865	217,462	-112,806	230,237	-112,930
-80	-4	231,661	-139,796	243,837	-140,044	252,127	-138,901
-20	-1	252,103	-154,873	260,130	-154,211	265,964	-152,364
0	0	259,170	-159,950	266,100	-158,930	271,210	-156,930
20	1	266,528	-165,018	272,229	-163,656	276,541	-161,499
80	4	289,325	-180,237	291,615	-178,098	293,781	-175,493
200	10	337,709	-211,312	334,707	-208,013	332,995	-204,112

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	139,963	17,239	160,972	19,392	174,434	20,166
-80	-4	209,055	102,346	221,241	102,678	229,806	101,795
-20	-1	246,452	145,510	254,481	144,870	260,384	143,088
0	0	259,170	159,950	266,100	158,930	271,210	156,930
20	1	257,165	159,367	262,888	158,007	267,265	155,919
80	4	251,874	157,631	254,250	155,502	256,675	153,172
200	10	244,082	154,797	241,295	151,523	240,230	148,310

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	259,170	266,100	271,210
20	1	257,165	262,888	267,265
80	4	251,874	254,250	256,675
200	10	244,082	241,295	240,230
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		150,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,728	1,774	1,808
20	1	1,714	1,753	1,782
80	4	1,679	1,695	1,711
200	10	1,627	1,609	1,602

Tabelle B-24: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

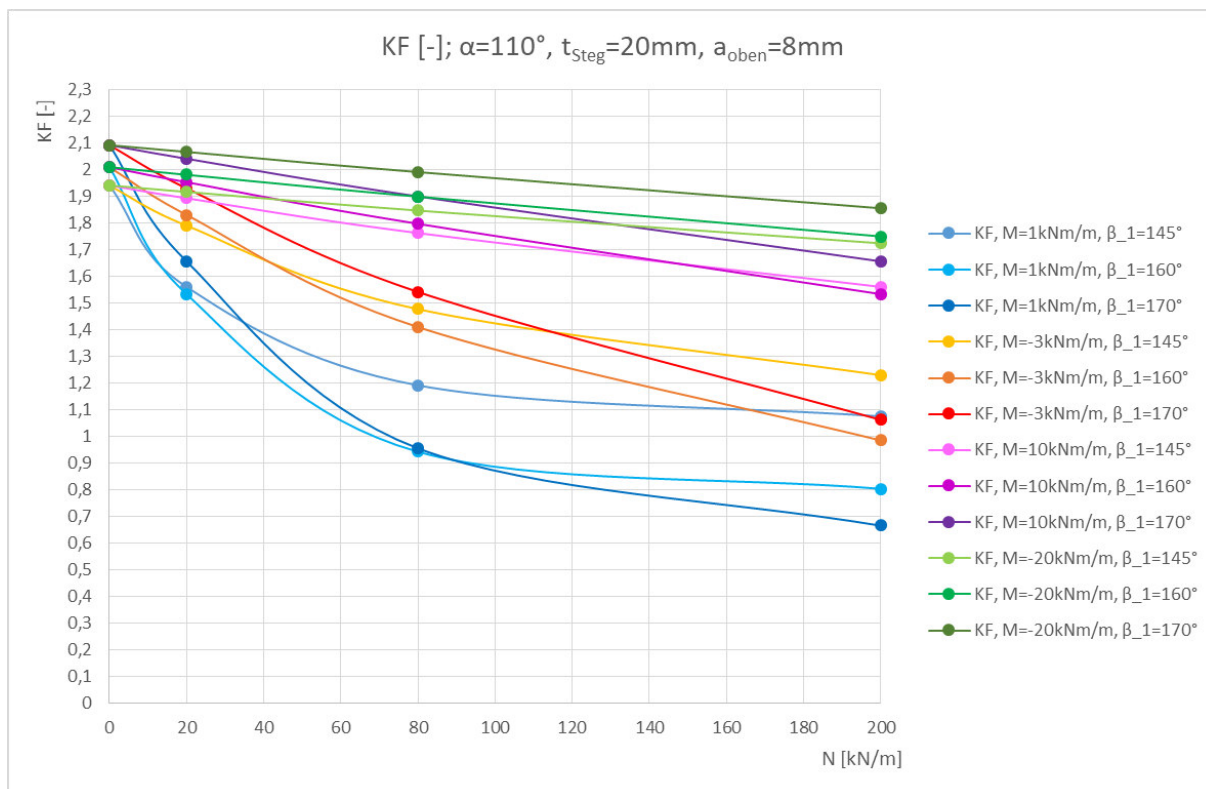
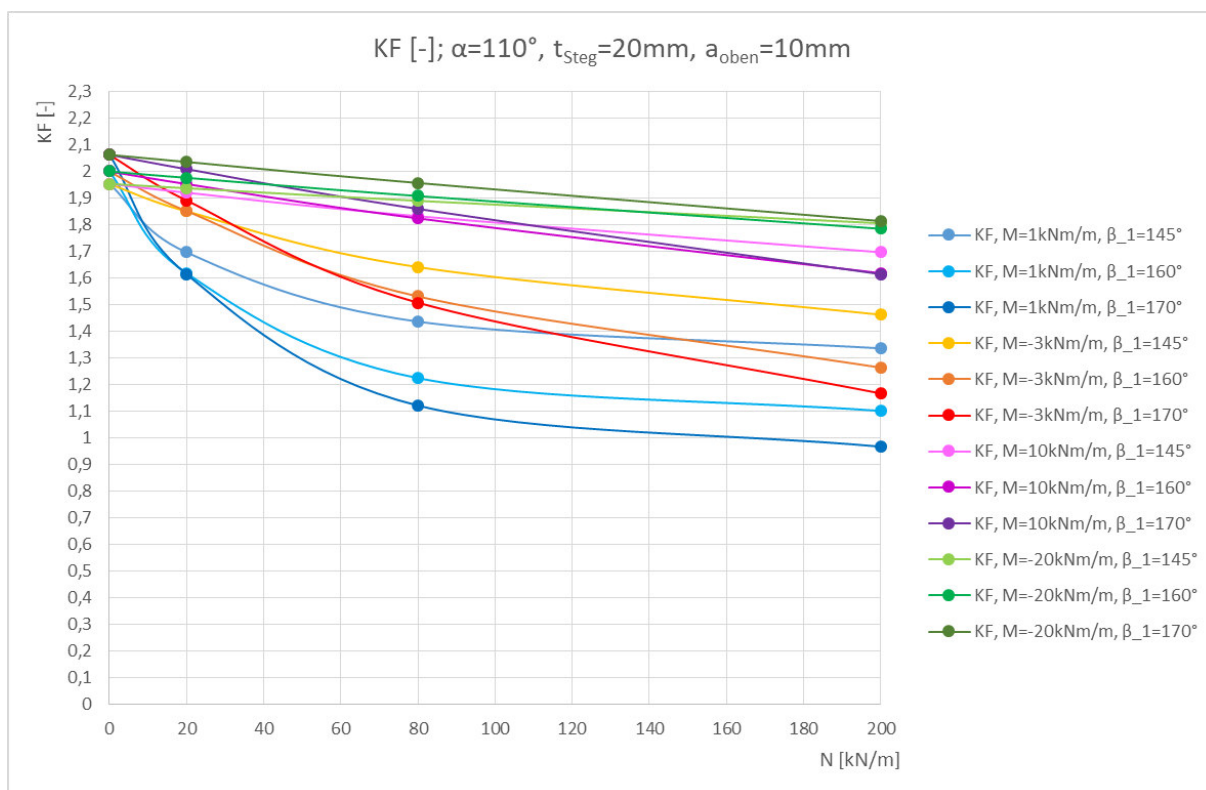
$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	370,643	-594,356	366,167	-596,815	360,471	-599,669
-80	-4	340,182	-548,082	336,823	-556,921	332,230	-563,970
-20	-1	324,964	-525,596	322,590	-538,333	318,430	-547,748
0	0	319,893	-518,340	317,867	-532,207	313,860	-542,413
20	1	314,818	-511,273	313,145	-526,104	309,295	-537,078
80	4	299,599	-490,076	298,978	-508,910	295,639	-522,158
200	10	269,800	-450,527	270,643	-477,824	268,960	-495,648

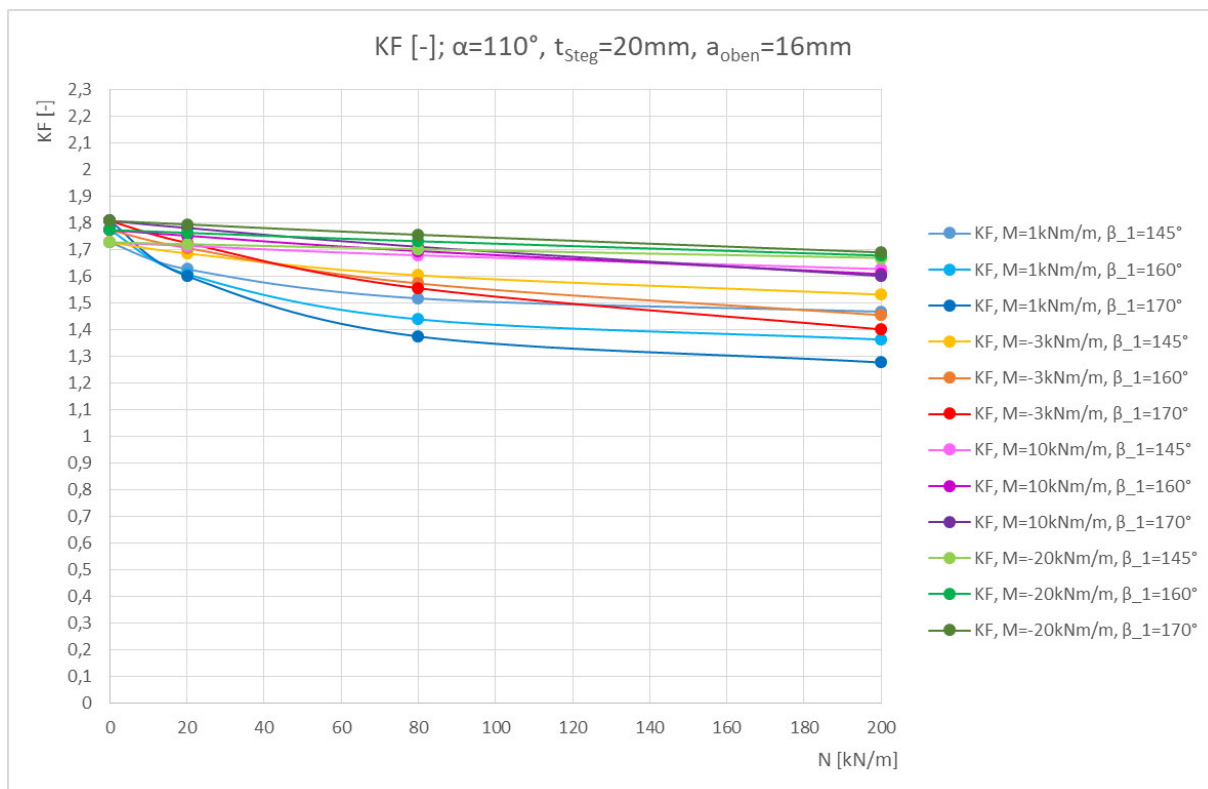
$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	314,129	500,730	309,677	503,401	304,668	506,905
-80	-4	317,576	510,632	314,227	519,555	309,909	526,864
-20	-1	319,313	516,233	316,941	528,992	312,850	538,472
0	0	319,893	518,340	317,867	532,207	313,860	542,413
20	1	305,455	505,622	303,804	520,455	300,019	531,498
80	4	262,148	467,470	261,613	486,314	258,533	499,837
200	10	176,173	394,012	177,231	421,334	176,195	439,846

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	518,340	532,207	542,413
20	1	516,233	528,992	538,472
80	4	510,632	519,555	526,864
200	10	500,730	503,401	506,905
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		300,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,728	1,774	1,808
20	1	1,721	1,763	1,795
80	4	1,702	1,732	1,756
200	10	1,669	1,678	1,690

Tabelle B-25: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = -20 \text{ kNm/m}$

Abbildung B-5: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1 Abbildung B-6: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

Abbildung B-7: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

$\alpha=110^\circ$, $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	2,092	2,092	2,092	2,092
20	1	1,656	1,930	2,041	2,067	
80	4	1,192	1,542	1,900	1,991	
200	10	1,075	1,230	1,656	1,855	

a _{oben} =10mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	2,063	2,063	2,063	2,063
20	1	1,697	1,891	2,009	2,036	
80	4	1,436	1,641	1,860	1,957	
200	10	1,336	1,462	1,697	1,814	

a _{oben} =16mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,808	1,808	1,808	1,808
20	1	1,627	1,726	1,782	1,795	
80	4	1,517	1,604	1,711	1,756	
200	10	1,468	1,532	1,627	1,690	

Tabelle B-26: Zusammenfassung der Kerbfaktoren für $\alpha=110^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$, eine Abhängigkeit von β_1 ist nicht mehr vorhanden

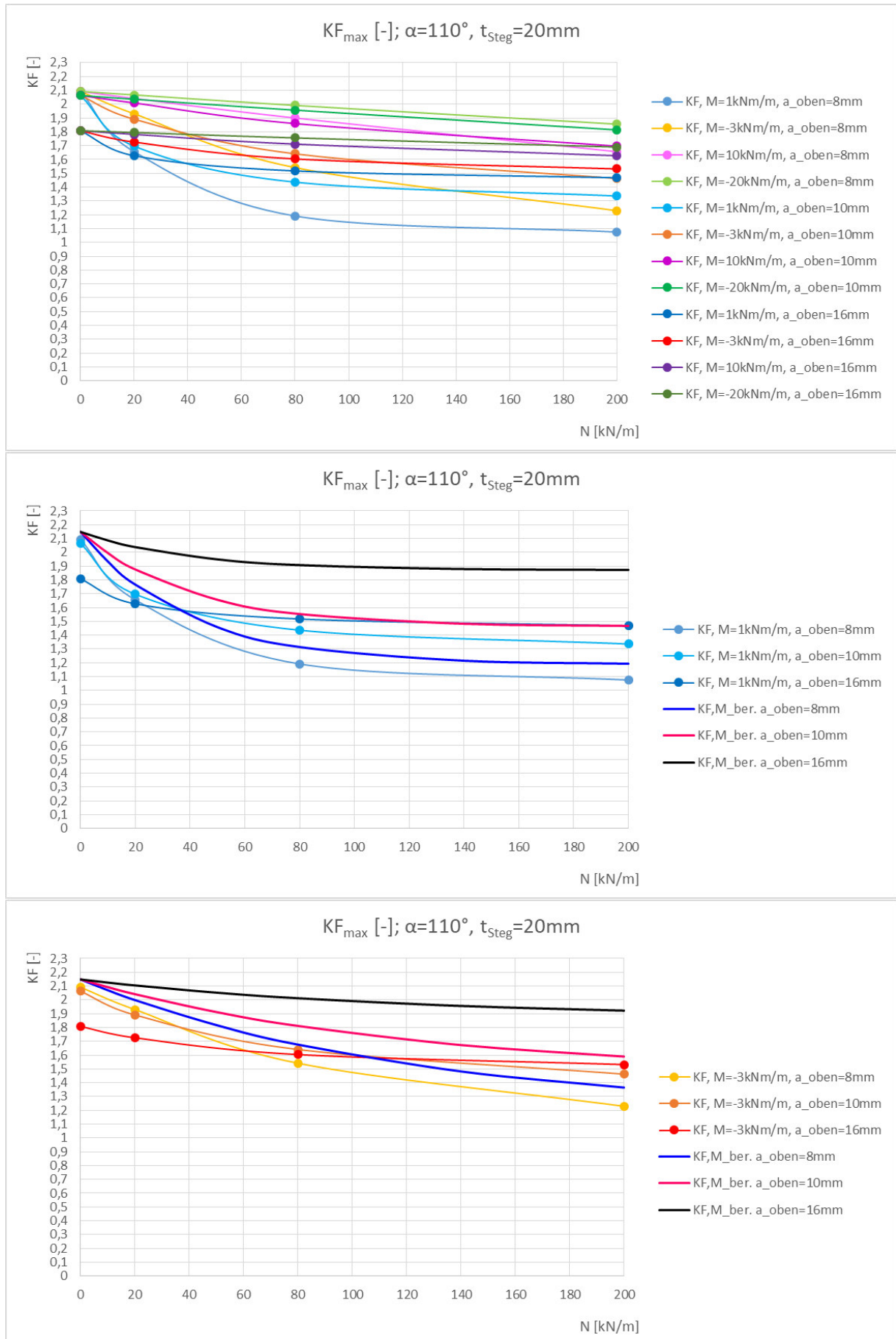


Abbildung B-8: o: KF für $\alpha=110^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$; m: KF_{ber} für $M=1\text{kNm/m}$; u: KF_{ber} für $M=3\text{kNm/m}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	60,782	-69,117	65,012	-72,122	72,967	-77,304
-80	-4	32,398	-19,520	35,387	-21,570	40,556	-25,032
-20	-1	27,395	-16,553	28,825	-16,220	31,033	-15,765
0	0	29,381	-20,911	29,971	-20,472	30,714	-19,823
20	1	33,762	-25,589	33,562	-25,060	32,837	-24,219
80	4	55,024	-40,913	54,224	-40,226	52,410	-39,218
200	10	104,846	-74,730	104,664	-74,312	104,118	-73,929

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	-1,010	-16,650	1,934	-14,951	6,895	-12,208
-80	-4	7,681	-14,787	10,156	-13,259	14,127	-10,773
-20	-1	21,216	7,976	22,517	7,513	24,426	6,814
0	0	29,381	20,911	29,971	20,472	30,714	19,823
20	1	25,185	19,410	24,855	18,752	23,886	17,612
80	4	20,717	16,196	19,395	14,995	16,605	12,789
200	10	19,079	12,938	17,592	11,235	14,606	7,857

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	29,381		29,971		30,714	
20	1	25,185		24,855		24,426	
80	4	20,717		19,395		16,605	
200	10	19,079		17,592		14,606	
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		15,00		15,00		15,00	

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,959		1,998		2,048
20	1	1,679		1,657		1,628	
80	4	1,381		1,293		1,107	
200	10	1,272		1,173		0,974	

Tabelle B-27: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$
 bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	112,152	-149,379	110,084	-146,894	107,051	-141,494
-80	-4	81,615	-107,047	79,855	-105,894	77,270	-102,540
-20	-1	67,301	-91,750	65,922	-92,703	63,721	-93,270
0	0	62,735	-88,144	61,416	-89,912	59,468	-92,143
20	1	58,232	-85,368	57,087	-87,969	55,292	-91,715
80	4	45,510	-81,764	44,671	-86,793	43,515	-94,673
200	10	43,106	-90,952	48,822	-99,179	58,470	-113,165

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	50,360	63,612	47,006	59,891	40,979	51,982
-80	-4	56,898	72,740	54,624	71,065	50,841	66,735
-20	-1	61,122	83,173	59,614	83,996	57,114	84,319
0	0	62,735	88,144	61,416	89,912	59,468	92,143
20	1	49,655	79,189	48,380	81,661	46,341	85,108
80	4	11,203	57,047	9,842	61,562	7,710	68,244
200	10	-42,662	29,160	-38,251	36,102	-31,043	47,093

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	88,144		89,912		92,143	
20	1	83,173		83,996		85,108	
80	4	72,740		71,065		68,244	
200	10	63,612		59,891		51,982	
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		45,00		45,00		45,00	

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,959		1,998		2,048
20	1	1,848		1,867		1,891	
80	4	1,616		1,579		1,517	
200	10	1,414		1,331		1,155	

Tabelle B-28: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$
 bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	273,954	-165,527	288,252	-162,204	310,328	-157,652
-80	-4	283,022	-191,139	292,261	-187,430	305,849	-181,575
-20	-1	290,736	-204,614	297,475	-200,329	306,230	-193,988
0	0	293,810	-209,110	299,710	-204,720	307,140	-198,230
20	1	297,172	-213,636	302,234	-209,202	308,054	-202,478
80	4	308,538	-227,468	311,157	-222,750	312,109	-215,268
200	10	337,615	-255,891	335,620	-250,602	328,365	-242,190

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	212,162	-251,294	225,174	75,131	244,256	68,140
-80	-4	258,305	156,832	267,030	152,601	279,420	145,770
-20	-1	284,557	196,037	291,167	191,622	299,623	185,037
0	0	293,810	209,110	299,710	204,720	307,140	198,230
20	1	288,595	207,457	293,527	202,894	299,103	195,871
80	4	274,231	202,751	276,328	197,519	276,304	188,839
200	10	251,848	194,099	248,548	187,525	238,853	176,118

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	293,810		299,710		307,140	
20	1	288,595		293,527		299,623	
80	4	274,231		276,328		279,420	
200	10	251,848		248,548		244,256	
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		150,00		150,00		150,00	

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,959		1,998		2,048
20	1	1,924		1,957		1,997	
80	4	1,828		1,842		1,863	
200	10	1,679		1,657		1,628	

Tabelle B-29: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$
 bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	464,331	-625,758	454,603	-628,838	439,394	-628,113
-80	-4	436,433	-601,551	427,436	-609,556	413,462	-618,010
-20	-1	422,735	-590,864	413,888	-601,940	400,703	-615,196
0	0	418,233	-587,627	409,440	-599,413	396,453	-614,287
20	1	413,730	-584,485	405,047	-596,941	392,197	-613,372
80	4	400,222	-575,913	392,009	-590,969	379,605	-611,665
200	10	373,518	-561,720	366,286	-581,885	354,962	-612,094

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	402,539	539,991	391,525	541,765	373,322	538,601
-80	-4	411,716	567,244	402,205	574,727	387,033	582,205
-20	-1	416,556	582,287	407,580	593,233	394,096	606,245
0	0	418,233	587,627	409,440	599,413	396,453	614,287
20	1	405,153	578,306	396,340	590,633	383,246	606,765
80	4	365,915	551,196	357,180	565,738	343,800	585,236
200	10	287,751	499,928	279,214	518,808	265,450	546,022

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	587,627		599,413		614,287	
20	1	582,287		593,233		606,765	
80	4	567,244		574,727		585,236	
200	10	539,991		541,765		546,022	
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		300,00		300,00		300,00	

$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,959		1,998		2,048
20	1	1,941		1,977		2,023	
80	4	1,891		1,916		1,951	
20							

α=130°, t _{Steg} =20mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	51,338	-64,214	54,491	-66,387	60,882	-70,388
-80	-4	26,306	-15,954	28,894	-17,608	33,590	-20,445
-20	-1	25,513	-15,102	26,686	-14,912	28,579	-14,647
0	0	29,280	-19,546	29,702	-19,245	30,233	-18,776
20	1	34,941	-24,277	34,779	-23,831	34,186	-23,215
80	4	57,086	-39,444	56,431	-38,835	54,877	-37,904
200	10	106,205	-71,849	105,707	-71,296	104,862	-70,523

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	-5,938	-19,798	-3,449	-18,407	1,114	-15,850
-80	-4	3,396	-17,651	5,718	-16,310	9,683	-14,054
-20	-1	19,785	6,701	20,892	6,433	22,602	6,022
0	0	29,280	19,546	29,702	19,245	30,233	18,776
20	1	26,540	18,549	26,300	18,037	25,561	17,238
80	4	23,481	16,533	22,513	15,659	20,378	13,997
200	10	22,193	14,572	20,912	13,356	18,615	10,756

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	29,280		29,702		30,233	
20	1	26,540		26,300		25,561	
80	4	23,481		22,513		20,378	
200	10	22,193		20,912		18,615	
|σ _{Nenn} ^M| [N/mm ²]		15,00					

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,952		1,980		2,016
20	1	1,769		1,753		1,704	
80	4	1,565		1,501		1,359	
200	10	1,480		1,394		1,241	

Tabelle B-31: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{Steg}=20mm, a_{oben}=10mm
 bei M = 1 kNm/m

α=130°, t _{Steg} =20mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	107,899	-155,555	106,141	-153,656	103,528	-149,043
-80	-4	77,697	-111,397	76,290	-110,532	74,240	-107,887
-20	-1	63,322	-92,955	62,225	-93,550	60,643	-93,944
0	0	58,639	-87,841	57,736	-89,106	56,327	-90,700
20	1	54,116	-83,300	53,283	-85,357	52,073	-88,344
80	4	41,057	-74,268	40,607	-78,495	40,076	-85,502
200	10	33,282	-74,669	37,898	-81,914	45,773	-94,676

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	50,623	71,543	48,201	68,862	43,760	62,795
-80	-4	54,787	77,792	53,114	76,614	50,333	73,388
-20	-1	57,594	84,554	56,431	85,071	54,666	85,319
0	0	58,639	87,841	57,736	89,106	56,327	90,700
20	1	45,715	77,572	44,804	79,563	43,448	82,367
80	4	7,452	51,357	6,689	55,319	5,577	61,595
200	10	-50,731	17,392	-46,897	23,974	-40,475	34,909

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	87,841		89,106		90,700	
20	1	84,554		85,071		85,319	
80	4	77,792		76,614		73,388	
200	10	71,543		68,862		62,795	
|σ _{Nenn} ^M| [N/mm ²]		45,00					

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,952		1,980		2,016
20	1	1,879		1,890		1,896	
80	4	1,729		1,703		1,631	
200	10	1,590		1,530		1,395	

Tabelle B-32: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{Steg}=20mm, a_{oben}=10mm
 bei M = -3 kNm/m

α=130°, t _{Steg} =20mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	255,133	-151,021	266,858	-149,117	285,786	-146,471
-80	-4	274,975	-177,379	282,306	-174,684	293,292	-170,599
-20	-1	288,075	-190,908	292,910	-187,965	299,702	-183,503
0	0	292,800	-195,460	297,020	-192,450	302,330	-187,760
20	1	297,697	-200,145	301,306	-196,939	305,195	-192,013
80	4	313,442	-214,194	315,120	-210,465	315,597	-205,088
200	10	349,410	-242,774	347,785	-238,311	341,862	-232,154

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	197,857	67,009	208,918	64,323	226,018	60,223
-80	-4	252,065	143,774	259,130	140,766	269,385	136,300
-20	-1	282,347	182,507	287,116	179,486	293,725	174,878
0	0	292,800	195,460	297,020	192,450	302,330	187,760
20	1	289,296	194,417	292,827	191,145	296,570	186,036
80	4	279,837	191,283	281,202	187,289	281,098	181,181
200	10	265,398	185,497	262,991	180,371	255,615	172,387

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	292,800		297,020		302,330	
20	1	289,296		292,827		296,570	
80	4	279,837		281,202		281,098	
200	10	265,398		262,991		255,615	
|σ _{Nenn} ^M| [N/mm ²]		150,00					

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,952		1,980		2,016
20	1	1,929		1,952		1,977	
80	4	1,866		1,875		1,874	
200	10	1,769		1,753		1,704	

Tabelle B-33: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{Steg}=20mm, a_{oben}=10mm
 bei M = 10 kNm/m

α=130°, t _{Steg} =20mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	437,756	-637,996	430,078	-640,191	419,078	-638,542
-80	-4	409,656	-605,518	402,853	-611,188	392,642	-616,960
-20	-1	395,607	-590,488	389,391	-598,325	379,771	-607,478
0	0	390,927	-585,607	384,907	-594,040	375,513	-604,667
20	1	386,338	-580,878	380,417	-589,783	371,262	-602,010
80	4	372,796	-566,841	367,038	-578,397	358,498	-594,381
200	10	345,842	-542,226	340,732	-558,482	333,416	-583,019

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	380,480	553,984	372,138	555,397	359,310	552,294
-80	-4	386,746	571,913	379,677	577,270	368,735	582,461
-20	-1	389,879	582,087	383,597	589,846	373,794	598,853
0	0	390,927	585,607	384,907	594,040	375,513	604,667
20	1	377,937	575,150	371,938	583,989	362,637	596,033
80	4	339,191	543,930	333,120	555,221	323,999	570,474
200	10	261,830	484,949	255,937	500,542	247,169	523,252

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	585,607		594,040		604,667	
20	1	582,087		589,846		598,853	
80	4	571,913		577,270		582,461	
200	10	553,984		555,397		552,294	
|σ _{Nenn} ^M| [N/mm ²]		300,00					

β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,952		1,980		2,016
20	1	1,940		1,966		1,996	
80	4	1,906		1,924		1,942	
200	10	1,847		1,851		1,841	

Tabelle B-34: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{Steg}=20mm, a_{oben}=10mm
 bei M = -20 kNm/m

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	39,104	-60,348	39,963	-60,946	42,599	-62,407
-80	-4	15,036	-13,136	16,620	-13,900	19,869	-15,315
-20	-1	19,041	-10,596	19,855	-10,661	21,378	-10,870
0	0	25,078	-14,962	25,426	-14,922	26,052	-14,951
20	1	32,166	-19,523	32,270	-19,384	32,299	-19,278
80	4	55,431	-33,725	55,202	-33,414	54,663	-33,006
200	10	103,674	-63,032	103,375	-62,532	102,676	-61,916

$\beta_1 [^\circ]$							
		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	-10,754	-21,003	-9,667	-20,455	-7,360	-19,224
-80	-4	-4,907	-19,404	-3,232	-18,660	-0,115	-17,337
-20	-1	14,055	2,461	14,892	2,521	16,382	2,707
0	0	25,078	14,962	25,426	14,922	26,052	14,951
20	1	24,031	14,537	24,130	14,421	24,136	14,282
80	4	22,891	13,782	22,642	13,562	22,011	13,022
200	10	22,324	13,175	21,975	12,902	21,046	11,956

$\beta_1 [^\circ]$				
		155	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
0	0	25,078	25,426	26,052
20	1	24,031	24,130	24,136
80	4	22,891	22,642	22,011
200	10	22,324	21,975	21,046
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		15,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
		155	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]	KF [-]	KF [-]
0	0	1,672	1,695	1,737
20	1	1,602	1,609	1,609
80	4	1,526	1,509	1,467
200	10	1,488	1,465	1,403

**Tabelle B-35: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	91,578	-150,420	90,745	-149,930	89,716	-148,544
-80	-4	63,166	-103,950	62,736	-104,043	62,286	-103,791
-20	-1	49,378	-82,116	49,170	-82,818	49,113	-84,050
0	0	44,885	-75,233	44,767	-76,278	44,854	-78,156
20	1	40,454	-68,735	40,426	-70,125	40,682	-72,849
80	4	27,637	-52,318	27,931	-55,254	28,747	-60,830
200	10	25,266	-42,149	27,582	-46,949	31,715	-56,419

$\beta_1 [^\circ]$							
		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	41,720	69,069	41,115	68,529	39,757	66,913
-80	-4	43,223	71,410	42,884	71,483	42,302	71,139
-20	-1	44,392	73,981	44,207	74,678	44,117	75,887
0	0	44,885	75,233	44,767	76,278	44,854	78,156
20	1	32,319	63,749	32,286	65,162	32,519	67,853
80	4	-4,903	32,375	-4,629	35,402	-3,905	40,846
200	10	-56,084	-7,709	-53,818	-2,681	-49,915	6,459

$\beta_1 [^\circ]$				
		155	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
0	0	75,233	76,278	78,156
20	1	73,981	74,678	75,887
80	4	71,410	71,483	71,139
200	10	69,069	68,529	66,913
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		45,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
		155	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]	KF [-]	KF [-]
0	0	1,672	1,695	1,737
20	1	1,644	1,660	1,686
80	4	1,587	1,589	1,581
200	10	1,535	1,523	1,487

**Tabelle B-36: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	190,411	-105,965	198,545	-106,613	213,778	-108,695
-80	-4	224,926	-131,938	229,900	-131,861	239,440	-132,864
-20	-1	244,084	-145,163	247,894	-144,883	254,921	-145,305
0	0	250,780	-149,620	254,260	-149,220	260,520	-149,510
20	1	257,526	-154,069	260,707	-153,565	266,316	-153,718
80	4	278,442	-167,658	280,539	-166,877	284,184	-166,601
200	10	321,657	-195,233	322,700	-193,838	322,990	-192,782

$\beta_1 [^\circ]$							
		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	140,553	24,614	148,915	25,212	163,819	27,064
-80	-4	204,983	99,398	210,048	99,301	219,456	100,212
-20	-1	239,098	137,028	242,931	136,743	249,925	137,142
0	0	250,780	149,620	254,260	149,220	260,520	149,510
20	1	249,391	149,083	252,567	148,602	258,153	148,722
80	4	245,902	147,715	247,979	147,025	251,532	146,617
200	10	240,307	-245,091	241,300	144,208	241,360	142,822

$\beta_1 [^\circ]$				
		155	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
0	0	250,780	254,260	260,520
20	1	249,391	252,567	258,153
80	4	245,902	247,979	251,532
200	10	240,307	241,300	241,360
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		150,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
		155	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]	KF [-]	KF [-]
0	0	1,672	1,695	1,737
20	1	1,663	1,684	1,721
80	4	1,639	1,653	1,677
200	10	1,602	1,609	1,609

**Tabelle B-37: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$**

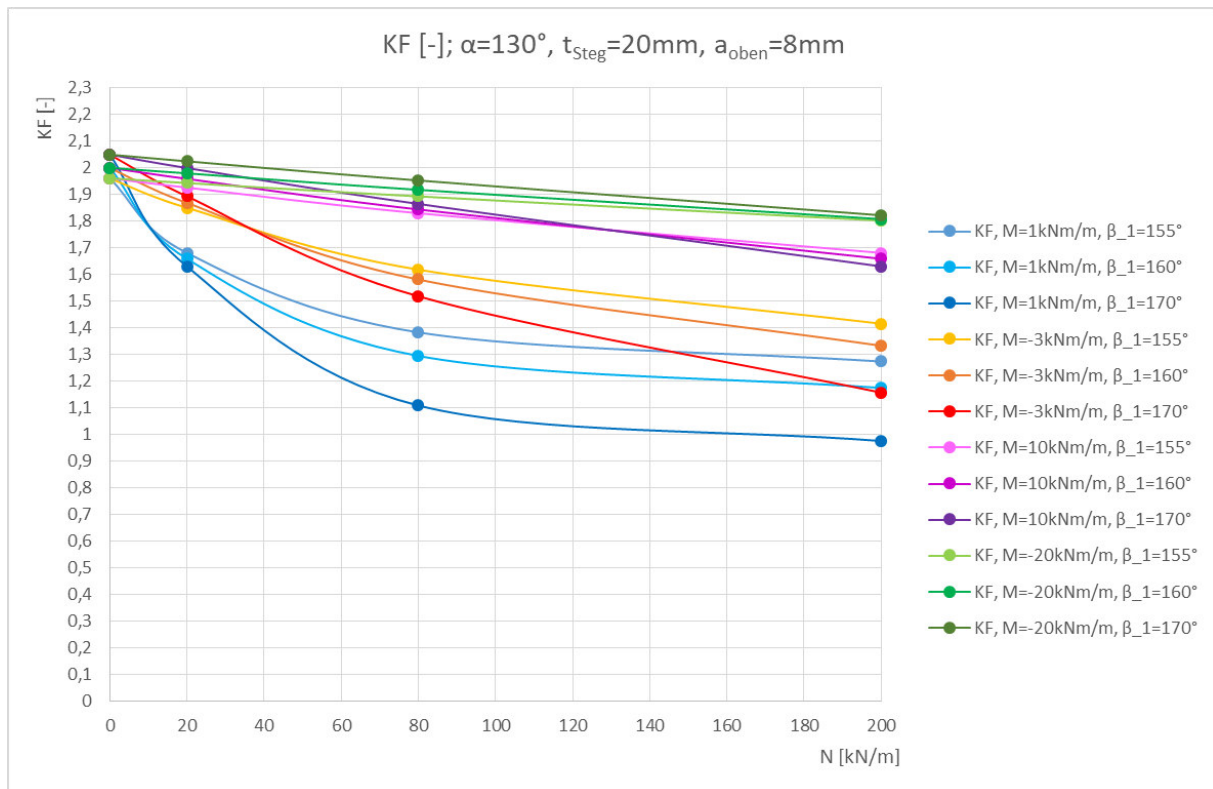
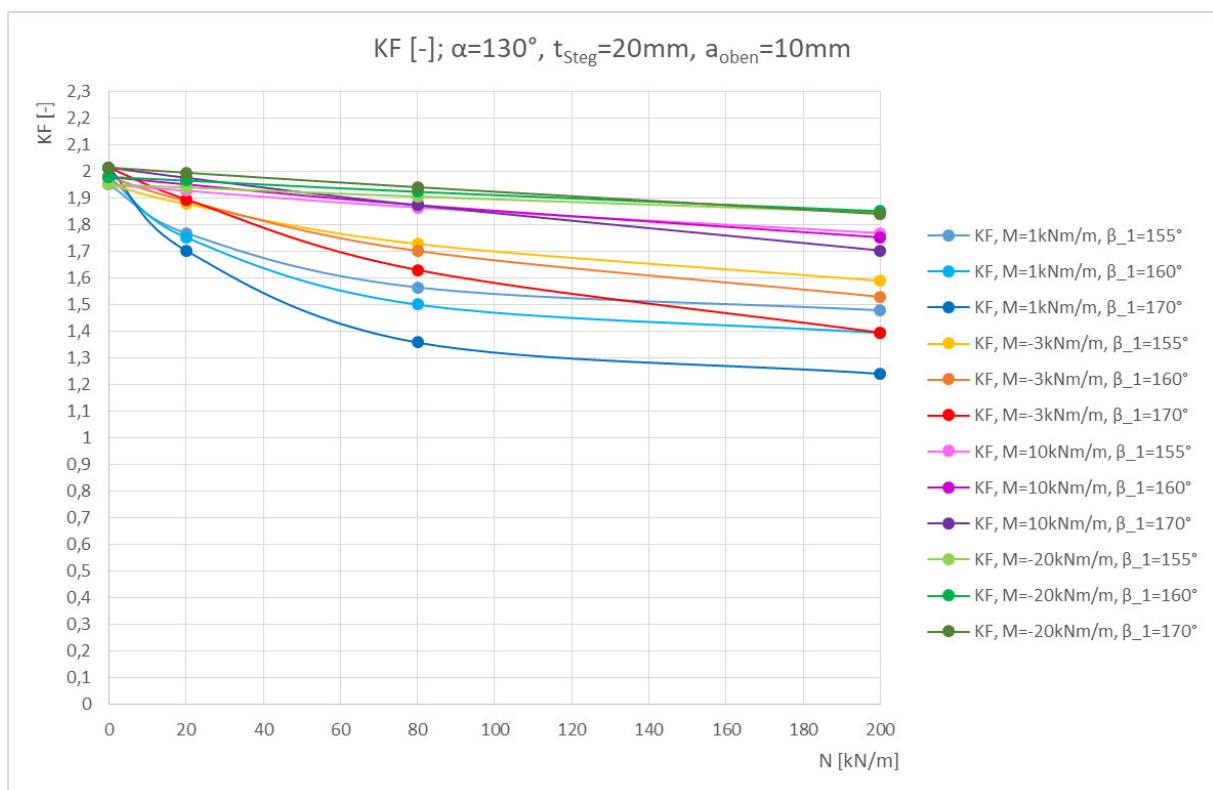
$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	344,508	-571,046	342,690	-574,519	341,874	-580,494
-80	-4	317,043	-528,558	315,882	-534,305	315,856	-544,398
-20	-1	303,685	-508,302	302,788	-514,968	303,230	-526,748
0	0	299,233	-501,553	298,447	-508,520	299,027	-521,040
20	1	294,779	-494,805	294,107	-502,076	294,817	-515,338
80	4	281,420	-475,061	281,084	-483,556	282,233	-499,441
200	10	255,147	-437,429	255,128	-448,383	257,644	-469,349

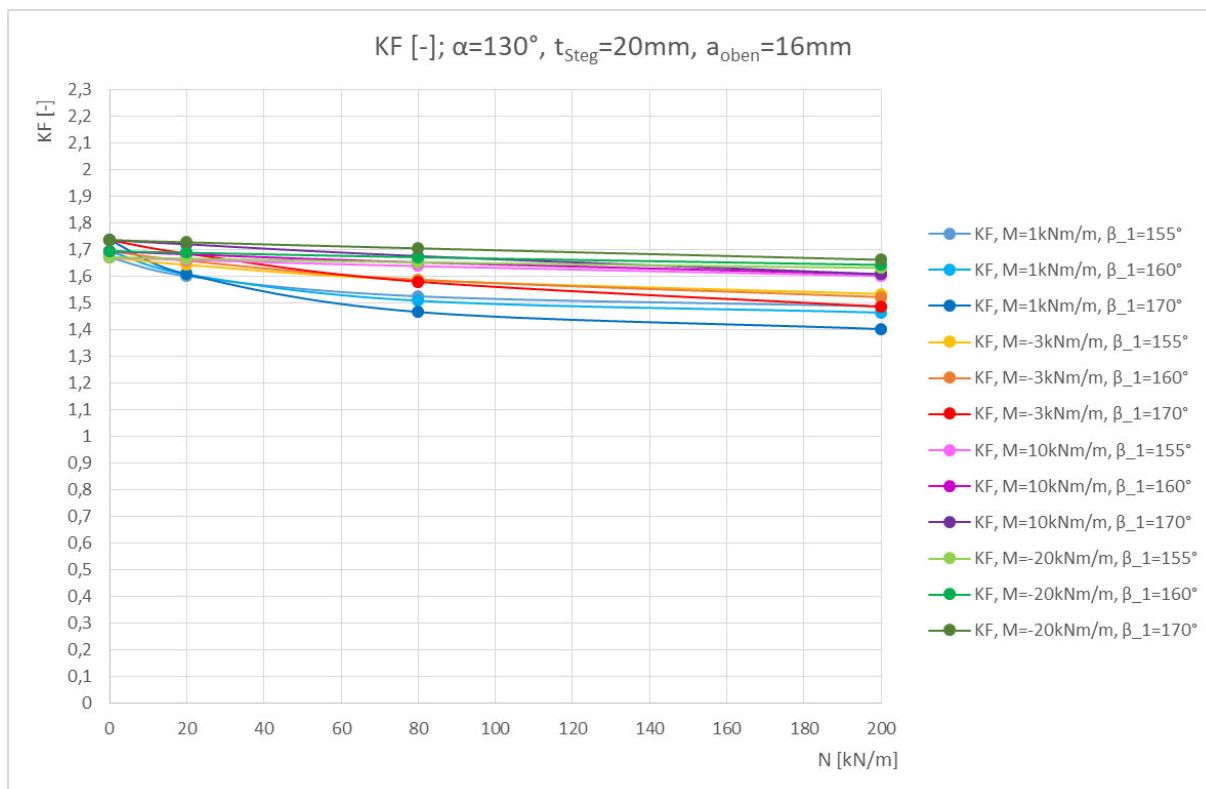
$\beta_1 [^\circ]$							
		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-200	-10	294,650	489,695	293,060	493,118	291,915	498,863
-80	-4	297,100	496,018	296,300	501,745	295,872	511,746
-20	-1	298,699	500,167	297,825	506,828	298,234	518,585
0	0	299,233	501,553	298,447	508,520	299,027	521,040
20	1	286,644	489,819	285,967	497,113	286,654	510,342
80	4	248,880	455,118	248,524	463,704	249,581	479,457
200	10	173,797	387,572	173,728	398,753	176,014	419,389

$\beta_1 [^\circ]$				
		155	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
0	0	501,553	508,520	521,040
20	1	500,167	506,828	518,585
80	4	496,018	501,745	511,746
200	10	489,695	493,118	498,863
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		300,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
		155	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]	KF [-]	KF [-]
0	0	1,672	1,695	1,737
20	1	1,667	1,689	1,729
80	4	1,653	1,672	1,706
200	10	1,632	1,644	1,663

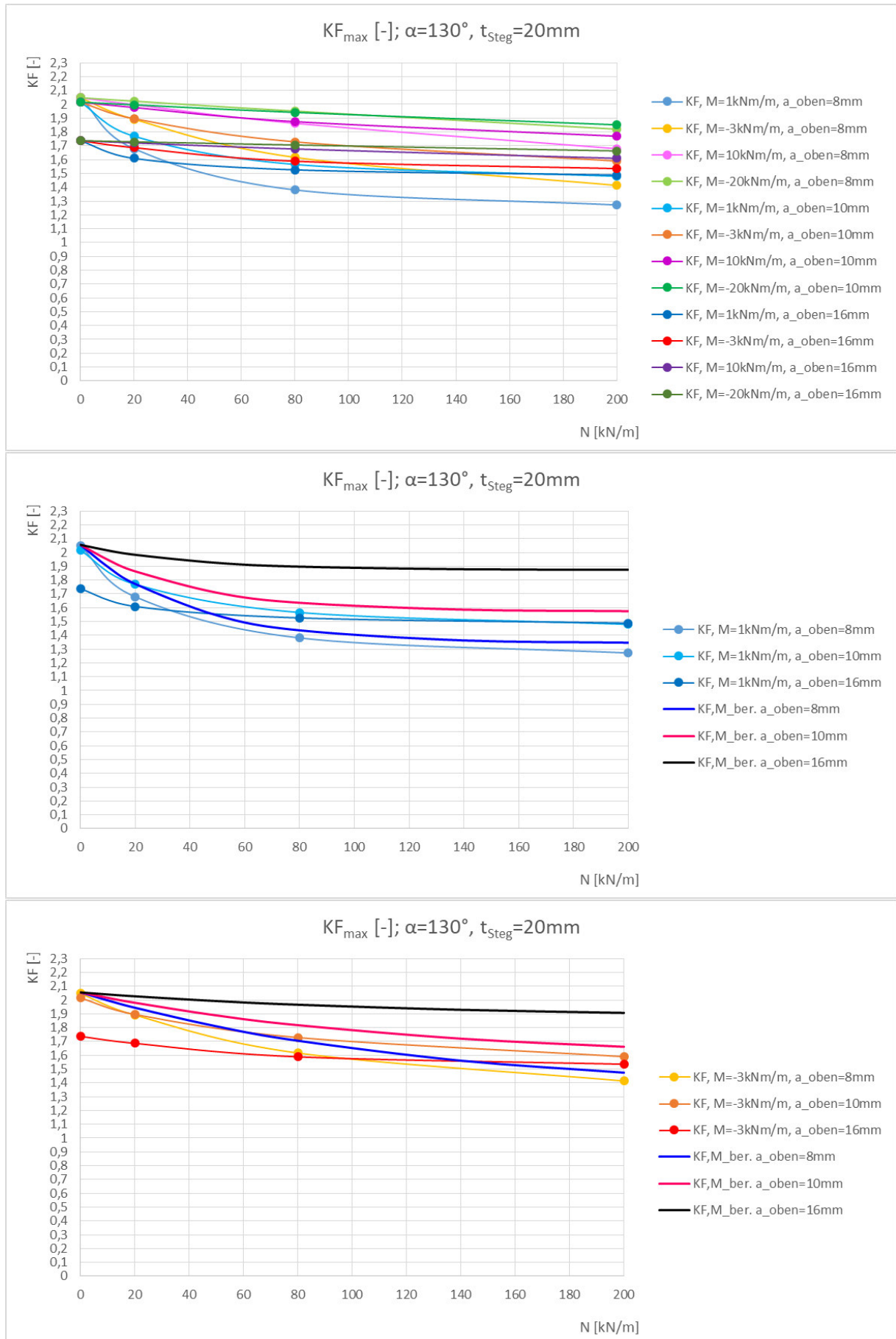
**Tabelle B-38: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = -20 \text{ kNm/m}$**

Abbildung B-9: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1 Abbildung B-10: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

Abbildung B-11: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

		$\alpha=130^\circ$, $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$				
a _{oben}	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	
	8mm	N [kN/m]	KF _{max} [-]			
σ_{Nenn}^N [N/mm ²]						
0		0	2,048	2,048	2,048	2,048
20		1	1,679	1,891	1,997	2,023
80		4	1,381	1,616	1,863	1,951
200	10	1,272	1,414	1,679	1,820	
10mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	
	N [kN/m]	KF _{max} [-]				
	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]					
	0	0	2,016	2,016	2,016	2,016
	20	1	1,769	1,896	1,977	1,996
80	4	1,565	1,729	1,875	1,942	
200	10	1,480	1,590	1,769	1,851	
16mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	
	N [kN/m]	KF _{max} [-]				
	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]					
	0	0	1,737	1,737	1,737	1,737
	20	1	1,609	1,686	1,721	1,729
80	4	1,526	1,589	1,677	1,706	
200	10	1,488	1,535	1,609	1,663	

Tabelle B-39: Zusammenfassung der Kerbfaktoren für $\alpha=130^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$, eine Abhängigkeit von β_1 ist nicht mehr vorhanden



B.2 ausgewählte Daten $t_{\text{steg}} = 30 \text{ mm}$ (Ergänzung)

$\alpha=90^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$										
β_1 [°]		135			160			170		
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	
-300	-10	130,877	-154,207	134,790	-160,531	130,734	-157,972			
-120	-4	53,112	-60,216	56,183	-64,212	54,668	-63,507			
-30	-1	17,351	-13,601	19,843	-16,407	19,829	-16,608			
0	0	10,519	-10,961	11,824	-10,253	12,378	-10,148			
30	1	19,427	-20,328	17,473	-19,267	17,131	-18,962			
120	4	65,718	-56,149	64,633	-54,866	63,045	-53,477			
300	10	159,760	-133,782	160,875	-133,265	157,513	-129,427			

β_1 [°]										
β_1 [°]		135			160			170		
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	
-300	-10	-0,614	-2,654	1,699	-0,082	1,647	0,376			
-120	-4	0,516	-2,528	2,947	-0,033	3,033	0,469			
-30	-1	4,202	-2,085	6,534	0,346	6,920	0,848			
0	0	10,519	10,961	11,824	10,253	12,378	10,148			
30	1	3,741	7,179	1,412	5,958	1,372	6,053			
120	4	2,973	3,553	0,388	1,630	0,007	1,842			
300	10	2,898	2,292	0,262	0,175	-0,082	0,339			

β_1 [°]					
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	10,961		11,824	12,378
30	1	7,179		6,534	6,920
120	4	3,553		2,947	3,033
300	10	2,898		1,699	1,647
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm²]		6,67			

β_1 [°]					
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	KF [-]		KF [-]	
		positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	1,644		1,774	1,857
30	1	1,077		0,980	1,038
120	4	0,533		0,442	0,455
300	10	0,435		0,255	0,247

Tabelle B-40: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$										
β_1 [°]		135			160			170		
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	
-300	-10	143,208	-165,943	139,399	-161,924	135,949	-157,772			
-120	-4	71,727	-73,181	68,280	-67,201	67,088	-65,389			
-30	-1	41,472	-34,117	38,908	-33,957	38,440	-35,635			
0	0	32,884	-31,557	30,759	-35,472	30,444	-37,133			
30	1	25,294	-35,429	23,593	-41,359	23,353	-42,561			
120	4	56,065	-62,453	64,972	-70,321	65,259	-69,635			
300	10	149,367	-134,055	160,608	-142,975	159,070	-139,319			

β_1 [°]										
β_1 [°]		135			160			170		
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	
-300	-10	11,717	9,082	6,308	1,311	6,862	0,176			
-120	-4	19,131	10,437	15,044	2,956	15,453	2,351			
-30	-1	28,323	18,431	25,599	17,896	25,531	19,875			
0	0	32,884	31,557	30,759	35,472	30,444	37,133			
30	1	9,608	22,280	7,532	28,050	7,594	29,652			
120	4	-6,680	9,857	0,727	17,085	2,221	18,000			
300	10	-7,495	2,565	-0,005	9,885	1,475	10,232			

β_1 [°]					
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	32,884		35,472	37,133
30	1	28,323		28,050	29,652
120	4	19,131		17,085	18,000
300	10	11,717		9,885	10,232
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm²]		20,00			

β_1 [°]					
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	KF [-]		KF [-]	
		positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	1,644		1,774	1,857
30	1	1,416		1,403	1,483
120	4	0,957		0,854	0,900
300	10	0,586		0,494	0,512

Tabelle B-41: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$										
β_1 [°]		135			160			170		
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	
-300	-10	173,512	-136,008	198,429	-164,065	198,289	-166,078			
-120	-4	122,347	-79,686	142,949	-74,269	146,400	-75,613			
-30	-1	107,332	-101,654	122,969	-94,984	128,076	-94,050			
0	0	105,190	-109,610	118,240	-102,530	123,780	-101,480			
30	1	104,912	-117,922	114,806	-110,397	120,700	-109,203			
120	4	118,852	-144,289	114,911	-135,436	119,942	-133,809			
300	10	194,273	-203,282	174,729	-192,668	171,314	-189,617			

β_1 [°]										
β_1 [°]		135			160			170		
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	
-300	-10	42,021	-20,853	65,338	3,452	69,202	8,482			
-120	-4	69,751	16,942	89,713	10,024	94,765	12,575			
-30	-1	94,183	85,968	109,660	78,923	115,167	78,290			
0	0	105,190	109,610	118,240	102,530	123,780	101,480			
30	1	89,226	104,773	98,745	97,088	104,941	96,294			
120	4	56,107	91,693	50,666	82,200	56,904	82,174			
300	10	37,411	71,792	14,117	59,578	13,719	60,530			

β_1 [°]					
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	109,610		118,240	123,780
30	1	104,773		109,660	115,167
120	4	91,693		89,713	94,765
300	10	71,792		65,338	69,202
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm²]		66,67			

β_1 [°]					
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	KF [-]		KF [-]	
		positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	1,644		1,774	1,857
30	1	1,572		1,645	1,728
120	4	1,375		1,346	1,421
300	10	1,077		0,980	1,038

Tabelle B-42: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$										
β_1 [°]		135			160			170		
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{NM}$ [N/mm²]		
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	
-300	-10	307,029	-256,887	288,815	-239,031	285,111	-247,046			
-120	-4	252,818	-213,831	236,833	-225,830	234,322	-237,520			
-30	-1	227,520	-209,625	212,850	-232,672	210,456	-244,265			
0	0	219,227	-210,380	205,060	-236,480	202,960	-247,553			
30	1	211,126	-212,061	197,396	-241,110	195,531	-251,576			
120	4	187,998	-222,176	175,541	-257,530	173,741	-266,936			
300	10	466,018	-258,608	473,299	-302,158	480,682	-307,782			

β_1 [°]										
β_1 [°]		135			160			170		
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ	
-300	-10	175,538	100,026	155,724	78,418	156,024	89,450			
-120	-4	200,222	151,087	183,597	161,585	182,687	174,482			
-30	-1	214,371	193,939	199,541	216,611	197,547	228,505			
0	0	219,227	210,380	205,060	236,480	202,960	247,553			
30	1	195,440	198,912	181,335	227,801	179,772	238,667			
120	4	125,253	169,580	111,296	204,294	110,703	215,301			
300	10	-10,845	127,118	12,687	169,068	23,087	178,695			

β_1 [°]				
N [kN/m				

$\alpha=90^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	115,623	-140,088	118,618	-145,318	115,149	-143,398
-120	-4	46,078	-53,228	48,816	-56,818	47,571	-56,369
-30	-1	15,458	-10,456	17,813	-13,138	17,867	-13,426
0	0	11,695	-11,053	12,568	-10,237	13,025	-10,097
30	1	20,965	-20,064	19,125	-18,843	18,868	-18,497
120	4	63,533	-52,683	62,051	-51,009	60,750	-49,675
300	10	150,375	-122,458	150,527	-120,831	147,641	-117,427

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	-2,557	-5,080	-0,084	-2,431	-0,082	-2,078
-120	-4	-1,194	-4,839	1,335	-2,282	1,479	-1,821
-30	-1	3,640	-4,061	5,943	-1,637	6,344	-1,122
0	0	11,695	11,053	12,568	10,237	13,025	10,097
30	1	6,448	8,246	4,350	6,973	4,321	6,974
120	4	5,466	5,411	2,951	3,528	2,560	3,582
300	10	5,208	4,278	2,777	2,129	2,166	2,194

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		
		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
0	0	11,695	12,568	13,025
30	1	8,246	6,973	6,974
120	4	5,466	3,528	3,582
300	10	5,208	2,777	2,194
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		6,67		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,754	1,885	1,954
30	1	1,237	1,046	1,046
120	4	0,820	0,529	0,537
300	10	0,781	0,417	0,329

Tabelle B-44: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm$
bei $M = 1 kNm/m$

$\alpha=90^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	135,393	-161,729	130,407	-156,780	127,154	-153,341
-120	-4	70,241	-76,414	66,221	-70,478	64,898	-69,099
-30	-1	41,561	-40,225	38,674	-39,149	38,081	-40,317
0	0	33,158	-35,085	30,712	-37,704	30,292	-39,074
30	1	25,544	-35,468	23,623	-40,491	23,328	-41,621
120	4	45,163	-54,487	53,643	-61,993	54,239	-61,653
300	10	130,827	-115,898	141,052	-124,092	140,156	-121,113

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	17,213	16,561	11,705	9,031	11,923	7,865
-120	-4	22,969	18,347	18,740	11,378	18,806	10,909
-30	-1	29,743	25,708	26,804	24,374	26,558	25,769
0	0	33,158	35,085	30,712	37,704	30,292	39,074
30	1	11,027	23,650	8,848	28,621	8,781	30,098
120	4	-12,904	7,215	-5,457	14,512	-3,951	15,560
300	10	-14,341	-2,282	-6,698	5,390	-5,319	5,880

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		
		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
0	0	35,085	37,704	39,074
30	1	29,743	28,621	30,098
120	4	22,969	18,740	18,806
300	10	17,213	11,705	11,923
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		20,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,754	1,885	1,954
30	1	1,487	1,431	1,505
120	4	1,148	0,937	0,940
300	10	0,861	0,585	0,596

Tabelle B-45: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm$
bei $M = -3 kNm/m$

$\alpha=90^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	154,581	-104,562	178,129	-131,384	178,667	-134,260
-120	-4	120,198	-80,418	138,042	-74,401	141,461	-73,440
-30	-1	115,662	-102,539	127,217	-95,027	131,717	-93,725
0	0	116,950	-110,530	125,680	-102,370	130,250	-100,970
30	1	120,040	-118,679	125,423	-110,037	130,020	-108,484
120	4	139,841	-144,378	133,665	-134,474	137,198	-132,406
300	10	209,648	-200,644	191,250	-188,427	188,676	-184,971

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	36,401	-40,606	59,427	-16,365	63,436	-11,216
-120	-4	72,926	22,351	90,561	15,301	95,369	15,250
-30	-1	103,844	88,022	115,347	80,252	120,194	79,177
0	0	116,950	110,530	125,680	102,370	130,250	100,970
30	1	105,523	106,861	110,648	98,167	115,473	96,961
120	4	81,774	97,106	74,565	86,993	79,008	86,313
300	10	64,481	82,464	43,500	69,725	43,201	69,739

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		
		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
0	0	116,950	125,680	130,250
30	1	106,861	115,347	120,194
120	4	97,106	90,561	95,369
300	10	82,464	69,725	69,739
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		66,67		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,754	1,885	1,954
30	1	1,603	1,730	1,803
120	4	1,457	1,358	1,431
300	10	1,237	1,046	1,046

Tabelle B-46: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm$
bei $M = 10 kNm/m$

$\alpha=90^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	306,589	-299,057	286,020	-279,587	281,411	-284,753
-120	-4	254,061	-249,751	235,930	-253,077	232,367	-262,015
-30	-1	229,169	-236,560	212,387	-250,681	209,347	-259,975
0	0	221,053	-233,900	204,747	-251,360	201,947	-260,493
30	1	213,034	-232,323	197,310	-252,690	194,684	-261,695
120	4	189,802	-231,901	175,701	-259,780	173,433	-268,281
300	10	147,187	-248,144	136,214	-286,897	134,418	-292,643

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	188,409	153,889	167,318	131,838	166,180	139,277
-120	-4	206,789	191,684	188,449	193,977	186,271	203,825
-30	-1	217,351	222,043	200,517	235,906	197,824	245,427
0	0	221,053	233,900	204,747	251,360	201,947	260,493
30	1	198,517	220,505	182,535	240,820	180,137	250,172
120	4	131,735	184,629	116,601	212,299	115,243	222,188
300	10	2,020	129,964	-11,536	168,195	-11,057	177,411

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		
		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
0	0	233,900	251,360	260,493
30	1	222,043	240,820	250,172
120	4	206,789	212,299	222,188
300	10	188,409	168,195	177,411
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		133,33		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,754	1,885	1,954
30	1	1,665	1,806	1,876
120	4	1,551	1,592	1,666
300	10	1,4		

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	90,631	-120,180	91,095	-122,229	88,273	-120,735
-120	-4	33,881	-42,851	35,695	-45,096	34,735	-44,762
-30	-1	11,612	-5,643	13,751	-7,787	13,869	-9,117
0	0	13,486	-10,627	13,709	-9,823	13,925	-9,633
30	1	23,735	-18,944	22,161	-17,600	21,894	-17,158
120	4	61,534	-46,577	59,310	-44,197	58,170	-42,902
300	10	138,834	-103,927	136,444	-100,275	134,094	-97,191

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	-6,034	-9,167	-3,755	-7,748	-3,585	-6,412
-120	-4	-4,785	-8,888	-2,245	-6,895	-2,008	-6,097
-30	-1	1,946	-7,292	4,266	-5,211	4,683	-4,598
0	0	13,486	10,627	13,709	9,823	13,925	9,633
30	1	10,800	9,278	9,253	8,115	9,179	7,972
120	4	9,795	7,911	7,679	6,257	7,311	6,159
300	10	9,487	7,262	7,367	5,425	6,946	5,334

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	13,486	13,709	13,925
30	1	10,800	9,253	9,179
120	4	9,795	7,679	7,311
300	10	9,487	7,367	6,946
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		6,67		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,023	2,056	2,089
30	1	1,620	1,388	1,377
120	4	1,469	1,152	1,097
300	10	1,423	1,105	1,042

Tabelle B-48: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
 bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	120,876	-158,994	114,246	-152,398	110,992	-149,462
-120	-4	65,689	-83,231	61,140	-77,968	59,599	-76,661
-30	-1	39,848	-49,070	36,867	-47,201	36,084	-47,399
0	0	31,880	-40,459	29,470	-41,126	28,898	-41,775
30	1	24,373	-35,029	22,644	-38,350	22,265	-39,113
120	4	28,260	-38,780	34,975	-45,700	35,759	-45,715
300	10	103,025	-83,733	109,756	-89,747	109,236	-87,556

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	24,211	29,647	19,396	22,421	19,134	22,315
-120	-4	27,023	31,492	23,200	25,977	22,856	25,802
-30	-1	30,182	36,135	27,382	34,203	26,898	34,684
0	0	31,880	40,459	29,470	41,126	28,898	41,775
30	1	11,438	25,363	9,736	28,865	9,550	29,927
120	4	-23,479	0,114	-16,656	7,760	-15,100	8,972
300	10	-26,323	-12,932	-19,322	-5,103	-17,912	-4,302

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	40,459	41,126	41,775
30	1	36,135	34,203	34,684
120	4	31,492	25,977	25,802
300	10	29,647	22,421	22,315
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		20,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,023	2,056	2,089
30	1	1,807	1,710	1,734
120	4	1,575	1,299	1,290
300	10	1,482	1,121	1,116

Tabelle B-49: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
 bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	116,117	-56,426	137,510	-77,870	138,694	-81,171
-120	-4	114,705	-76,527	127,333	-71,215	129,700	-70,033
-30	-1	128,206	-98,583	133,190	-91,220	135,563	-89,466
0	0	134,860	-106,270	137,090	-98,230	139,250	-96,330
30	1	142,571	-114,114	142,045	-105,513	143,988	-103,300
120	4	170,211	-138,355	162,485	-127,995	162,867	-125,200
300	10	237,345	-189,442	221,605	-176,000	218,942	-171,576

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	19,452	-72,921	42,660	-52,107	46,836	-45,976
-120	-4	76,039	24,788	89,393	19,224	92,957	19,174
-30	-1	118,540	85,648	123,705	78,222	126,377	76,745
0	0	134,860	106,270	137,090	98,230	139,250	96,330
30	1	129,636	104,448	129,137	96,028	131,273	94,114
120	4	118,472	99,689	110,854	90,055	112,008	88,457
300	10	107,998	92,777	92,528	81,150	91,795	79,719

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	134,860	137,090	139,250
30	1	129,636	129,137	131,273
120	4	118,472	110,854	112,008
300	10	107,998	92,528	91,795
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		66,67		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,023	2,056	2,089
30	1	1,945	1,937	1,969
120	4	1,777	1,663	1,680
300	10	1,620	1,388	1,377

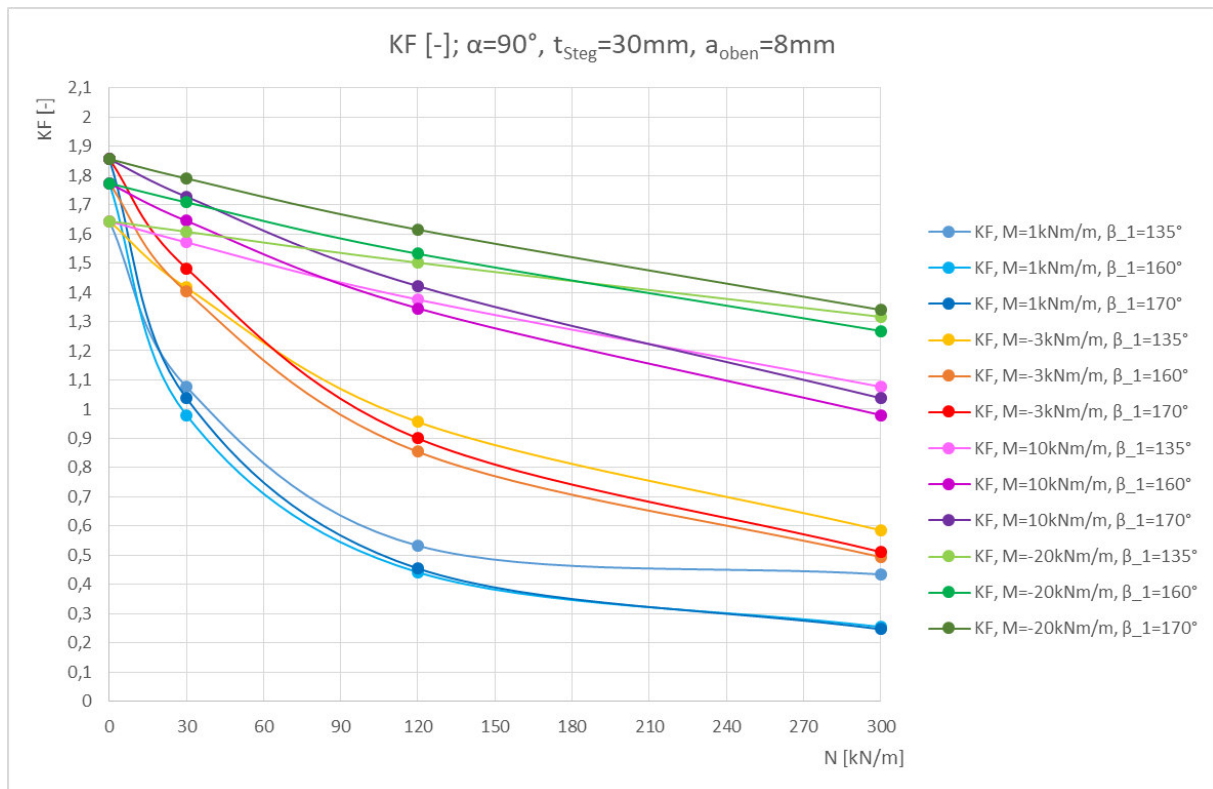
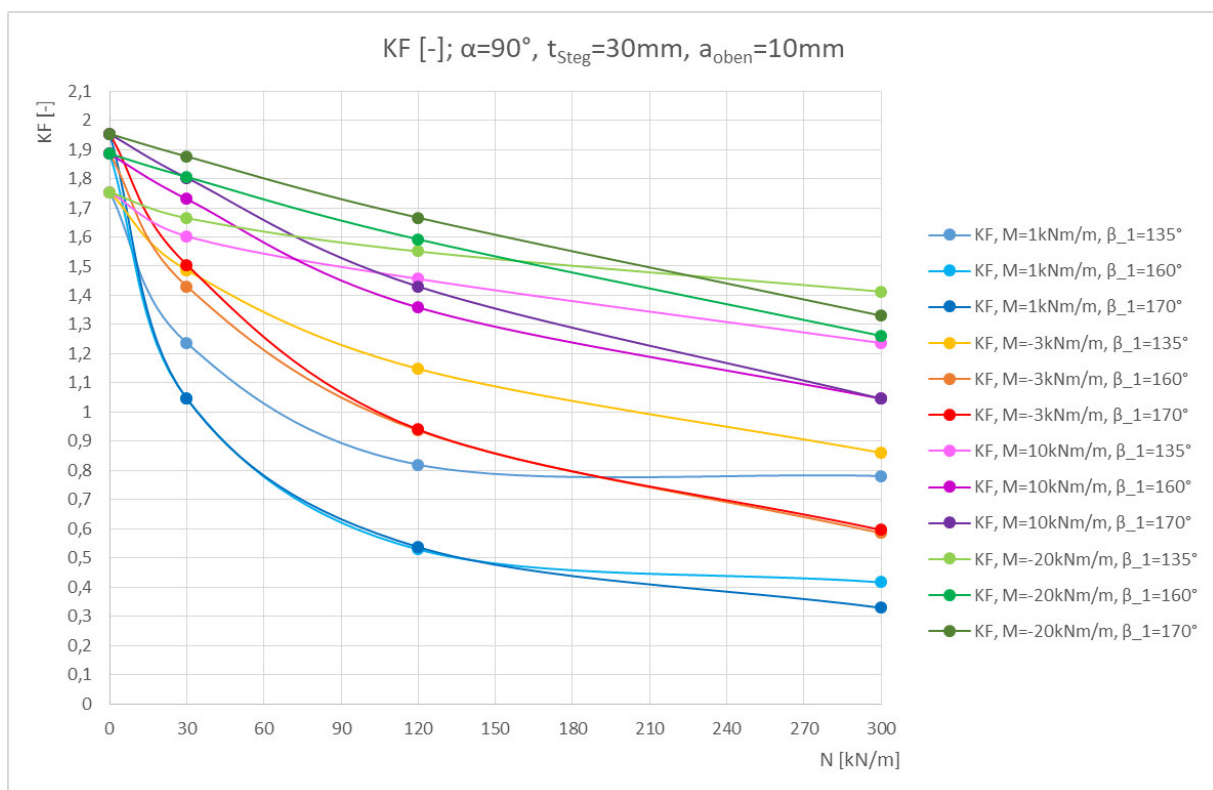
Tabelle B-50: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
 bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	293,390	-361,180	271,571	-342,026	265,356	-341,660
-120	-4	244,127	-302,386	225,796	-295,928	221,056	-298,629
-30	-1	220,382	-277,200	203,677	-278,927	199,582	-282,958
0	0	212,533	-269,727	196,467	-274,173	192,653	-278,500
30	1	204,781	-262,879	189,418	-270,108	185,781	-274,556
120	4	182,115	-245,117	168,680	-260,425	165,671	-265,532
300	10	139,182	-224,894	129,865	-254,114	127,897	-258,929

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	196,725	231,833	176,721	212,049	173,498	214,513
-120	-4	205,461	250,647	187,856	243,937	184,313	247,770
-30	-1	210,716	264,265	194,192	265,929	190,396	270,243
0	0	212,533	269,727	196,467	274,173	192,653	278,500
30	1	191,846	253,213	176,510	260,623	173,066	265,370
120	4	130,376	206,451	117,049	222,485	114,812	228,789
300	10	9,834	128,229	0,788	159,264	0,749	167,072

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	269,727	274,173	278,500
30	1	264,265	265,929	270,243
120	4	250,647	243,937	247,770
300	10	231,833	212,049	214,513
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		133,33		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	2,023	2,056	2,089

Abbildung B-13: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1 Abbildung B-14: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

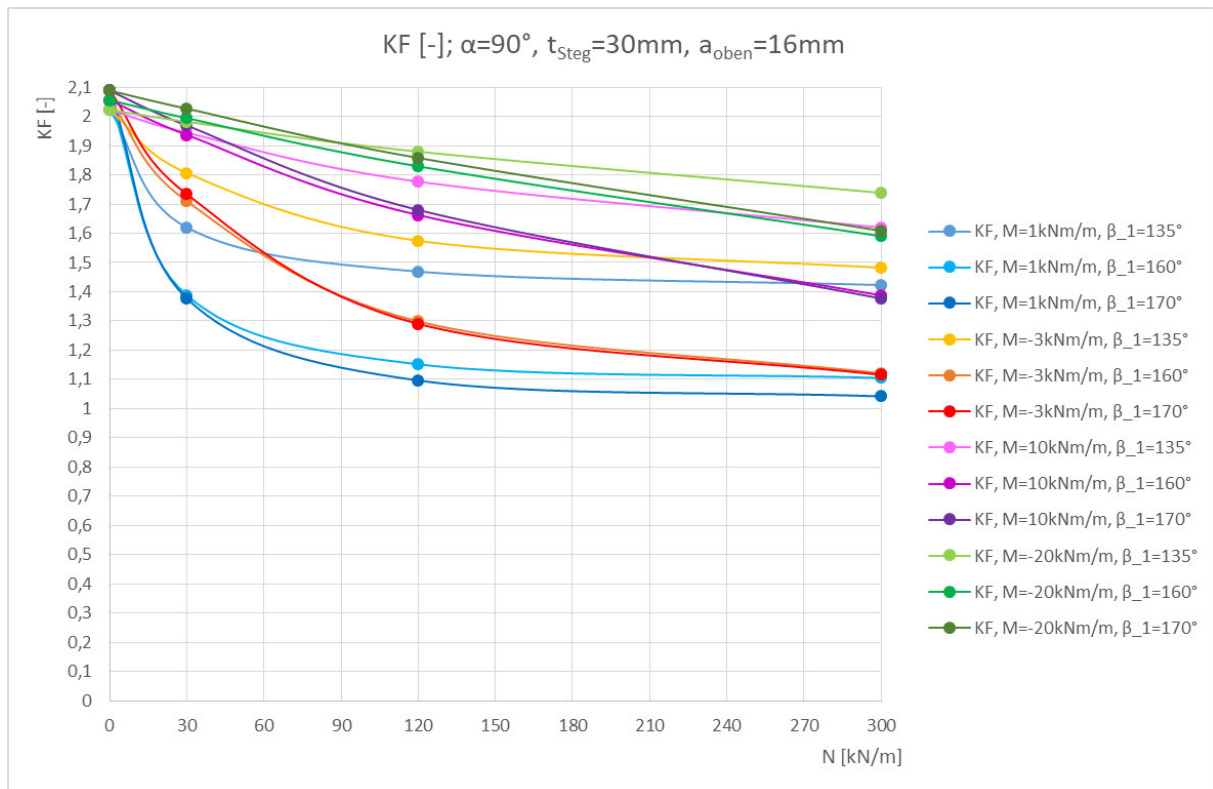


Abbildung B-15: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

Die Zusammenfassung der Kerbfaktoren, sowie die zugehörige Abbildung für für $\alpha = 90^\circ$ und $t_{\text{steg}} = 30 \text{ mm}$ ist im Hauptdokument, **Kapitel 10.2.2**, zu finden.

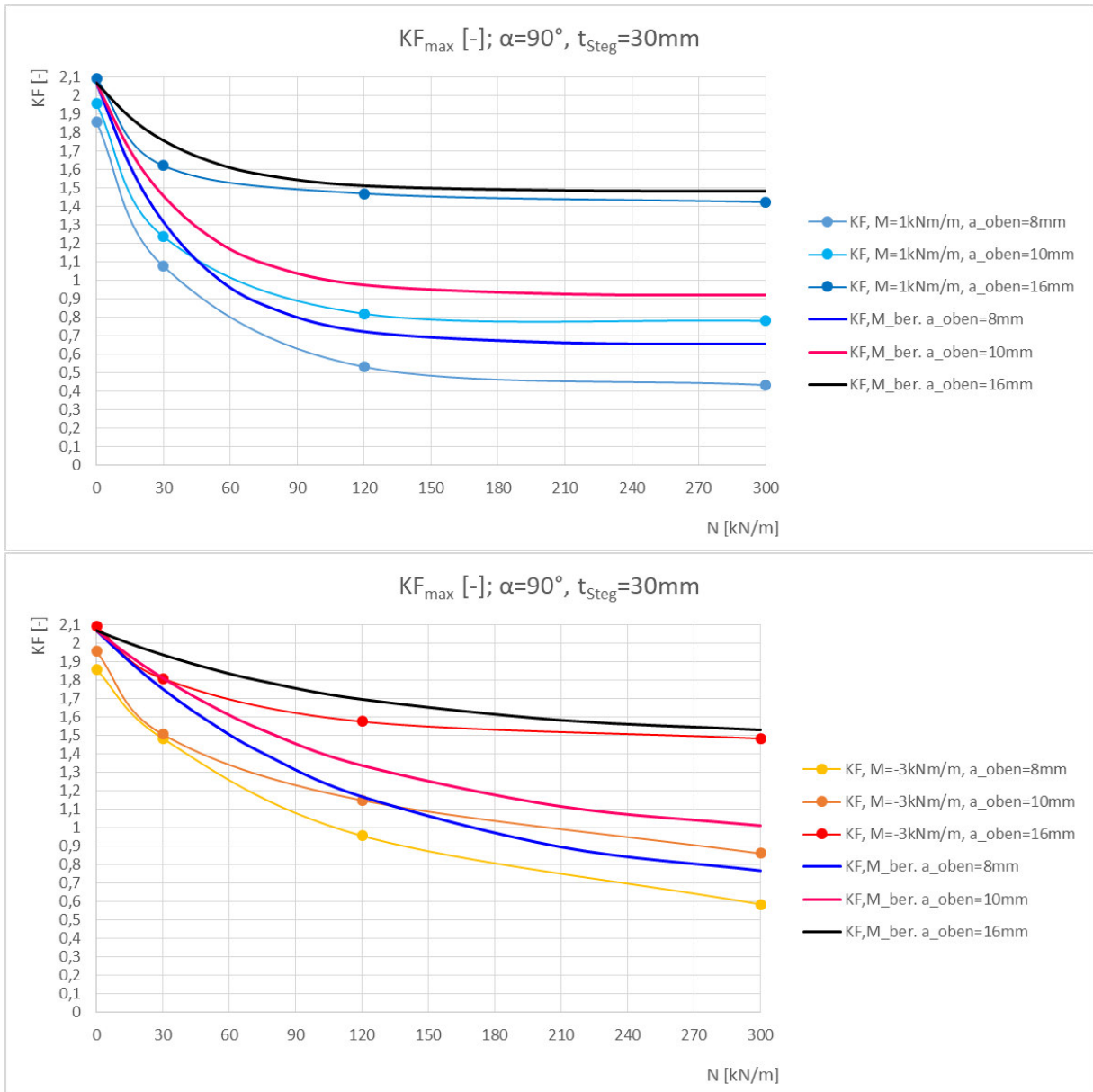


Abbildung B-16: o: $KF_{\text{ber.}}$ für $M=1\text{kNm/m}$; u: $KF_{\text{ber.}}$ für $M=-3\text{kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=30\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	116,277	-125,864	126,130	-134,974	128,855	-138,680
-120	-4	47,570	-48,932	52,924	-53,782	54,626	-55,928
-30	-1	16,044	-10,866	18,645	-13,427	19,830	-14,730
0	0	9,733	-10,735	10,403	-10,004	11,114	-9,715
30	1	16,319	-18,687	14,879	-17,838	14,133	-17,437
120	4	54,088	-49,756	54,812	-50,244	54,809	-49,937
300	10	130,971	-118,337	136,079	-123,125	137,499	-123,583

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	-0,196	-2,493	2,367	-0,512	3,597	0,728
-120	-4	0,981	-2,411	3,419	-0,412	4,523	0,747
-30	-1	4,397	-1,970	6,269	-0,122	7,304	0,935
0	0	9,733	10,735	10,403	10,004	11,114	9,715
30	1	3,483	7,040	1,330	5,462	0,338	4,911
120	4	2,745	3,167	0,617	0,739	-0,372	-0,166
300	10	2,613	1,865	0,591	-0,638	-0,453	-1,675

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	10,735	10,403	11,114
30	1	7,040	6,269	7,304
120	4	3,167	3,419	4,523
300	10	2,613	2,367	3,597
		$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		
		6,67		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,610	1,560	1,667
30	1	1,056	0,940	1,096
120	4	0,475	0,513	0,678
300	10	0,392	0,355	0,540

Tabelle B-52: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=110^\circ, t_{Steg}=30\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=30\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	127,309	-136,728	127,284	-137,451	126,351	-136,916
-120	-4	65,313	-60,949	62,690	-57,296	61,493	-55,187
-30	-1	39,483	-30,276	37,021	-28,546	36,031	-29,366
0	0	32,206	-29,200	30,012	-31,210	29,146	-33,343
30	1	25,739	-33,178	23,824	-37,749	23,123	-40,559
120	4	45,064	-57,324	53,612	-66,321	57,821	-70,117
300	10	121,232	-120,405	134,352	-134,961	140,234	-139,817

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	10,836	8,371	3,521	1,965	1,093	-1,036
-120	-4	18,724	9,606	13,185	3,102	11,390	0,006
-30	-1	27,836	17,440	24,645	14,997	23,505	15,571
0	0	32,206	29,200	30,012	31,210	29,146	33,343
30	1	12,903	21,531	10,275	25,373	9,328	28,033
120	4	-6,279	10,735	-0,583	16,816	2,640	20,014
300	10	-7,126	3,933	-1,136	11,199	2,282	14,560

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	32,206	31,210	33,343
30	1	27,836	25,373	28,033
120	4	18,724	16,816	20,014
300	10	10,836	11,199	14,560
		$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		
		20,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,610	1,561	1,667
30	1	1,392	1,269	1,402
120	4	0,936	0,841	1,001
300	10	0,542	0,560	0,728

Tabelle B-53: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=110^\circ, t_{Steg}=30\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=30\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	160,440	-108,661	186,450	-134,265	198,304	-147,300
-120	-4	114,470	-81,756	131,009	-75,671	140,844	-73,461
-30	-1	100,010	-100,626	109,590	-93,558	117,562	-90,798
0	0	97,330	-107,350	104,030	-100,040	111,140	-97,150
30	1	96,157	-114,353	99,533	-106,778	105,740	-103,710
120	4	104,469	-136,715	96,060	-128,416	97,346	-125,017
300	10	163,192	-186,874	148,792	-178,378	141,326	-174,368

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	43,967	-19,696	62,687	-1,221	73,046	9,348
-120	-4	67,881	30,413	81,504	21,477	90,741	18,280
-30	-1	88,363	87,790	97,214	80,009	105,036	77,003
0	0	97,330	107,350	104,030	100,040	111,140	97,150
30	1	83,321	102,706	85,984	94,402	91,945	91,184
120	4	53,126	90,126	41,865	78,911	42,165	74,914
300	10	34,835	70,402	13,305	54,616	3,374	49,111

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	107,350	104,030	111,140
30	1	102,706	97,214	105,036
120	4	90,126	81,504	90,741
300	10	70,402	62,687	73,046
		$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		
		66,67		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,610	1,560	1,667
30	1	1,541	1,458	1,576
120	4	1,352	1,223	1,361
300	10	1,056	0,940	1,096

Tabelle B-54: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=110^\circ, t_{Steg}=30\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=30\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	289,162	-222,771	272,350	-199,039	265,122	-196,839
-120	-4	243,215	-193,675	227,406	-192,910	221,129	-202,751
-30	-1	221,634	-193,051	206,676	-203,285	200,755	-216,655
0	0	214,707	-194,667	200,080	-208,067	194,307	-222,287
30	1	207,877	-197,055	193,548	-213,318	187,906	-228,469
120	4	188,175	-207,722	174,586	-232,098	169,577	-249,395
300	10	151,906	-241,805	140,643	-278,857	160,157	-298,998

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	172,689	94,414	148,587	63,553	139,864	58,887
-120	-4	196,626	142,332	177,901	138,716	171,026	147,570
-30	-1	209,987	180,215	194,300	189,736	188,229	202,860
0	0	214,707	194,667	200,080	208,067	194,307	222,287
30	1	195,041	185,408	179,999	200,942	174,111	215,943
120	4	136,832	161,133	120,391	182,593	114,396	199,292
300	10	23,549	125,333	5,155	155,095	22,205	173,741

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		0	0	214,707	208,067	222,287
30	1	209,987	200,942	215,943
120	4	196,626	182,593	199,292
300	10	172,689	155,095	173,741
		$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		
		133,33		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,610	1,561	1,667
30	1	1,575	1,507	1,620
120	4	1,475	1,369	1,495
300	10	1,295	1,163	1,303

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-300	-10	81,720	-99,925	85,839	-103,857	86,875
-120	-4	30,365	-34,981	33,577	-37,644	34,701
-30	-1	10,641	-4,259	12,621	-5,664	13,571
0	0	12,445	-10,443	12,365	-9,849	12,549
30	1	21,074	-17,941	19,926	-17,096	19,345
120	4	52,767	-42,929	51,989	-42,087	51,445
300	10	117,661	-94,937	118,313	-94,977	118,148

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-300	-10	-6,025	-8,606	-3,727	-7,154	-2,625
-120	-4	-4,733	-8,431	-2,249	-6,760	-1,099
-30	-1	1,867	-6,594	3,664	-5,437	4,621
0	0	12,445	10,443	12,365	9,849	12,549
30	1	10,221	9,167	8,825	8,139	8,174
120	4	9,355	7,831	7,584	6,260	6,762
300	10	9,131	7,192	7,301	5,410	6,441

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	12,445	12,365	12,549
30	1	10,221	8,825	8,174
120	4	9,355	7,584	6,762
300	10	9,131	7,301	6,441
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		6,67		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,867	1,855	1,882
30	1	1,533	1,324	1,226
120	4	1,403	1,138	1,014
300	10	1,370	1,095	0,966

Tabelle B-56: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
 bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-300	-10	111,724	-136,744	109,084	-134,137	106,841
-120	-4	61,788	-73,314	59,094	-69,858	57,348
-30	-1	38,575	-44,673	36,440	-42,597	35,230
0	0	31,328	-37,335	29,547	-37,096	28,567
30	1	24,531	-32,533	23,154	-34,639	22,453
120	4	21,169	-35,197	26,837	-42,246	29,956
300	10	83,551	-74,968	90,978	-84,308	94,779

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-300	-10	23,979	28,213	19,518	23,126	17,341
-120	-4	26,690	29,902	23,268	25,454	21,548
-30	-1	29,801	33,820	27,483	31,496	26,280
0	0	31,328	37,335	29,547	37,096	28,567
30	1	13,678	23,759	12,053	25,682	11,282
120	4	-22,243	0,099	-17,568	6,419	-14,727
300	10	-24,979	-12,777	-20,035	-5,259	-16,929

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	37,335	37,096	37,647
30	1	33,820	31,496	30,875
120	4	29,902	25,454	23,137
300	10	28,213	23,126	20,504
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		20,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,867	1,855	1,882
30	1	1,691	1,575	1,544
120	4	1,495	1,273	1,157
300	10	1,411	1,156	1,025

Tabelle B-57: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
 bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-300	-10	106,405	-42,589	126,205	-56,641	135,711
-120	-4	106,525	-77,448	115,067	-73,199	120,936
-30	-1	118,662	-97,419	120,099	-91,811	122,987
0	0	124,450	-104,430	123,650	-98,490	125,490
30	1	131,047	-111,633	128,100	-105,172	128,787
120	4	154,598	-133,574	146,723	-126,242	144,296
300	10	210,737	-179,412	199,255	-170,963	193,453

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-300	-10	18,660	-65,942	36,639	-54,370	46,211
-120	-4	71,427	34,036	79,241	28,795	85,136
-30	-1	109,888	86,566	111,142	80,710	114,037
0	0	124,450	104,430	123,650	98,490	125,490
30	1	120,194	102,859	116,999	96,215	117,616
120	4	111,186	98,476	102,318	90,415	99,613
300	10	102,207	91,667	88,243	81,396	81,746

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	124,450	123,650	125,490
30	1	120,194	116,999	117,616
120	4	111,186	102,318	99,613
300	10	102,207	88,243	81,746
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		66,67		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,867	1,855	1,882
30	1	1,803	1,755	1,764
120	4	1,668	1,535	1,494
300	10	1,533	1,324	1,226

Tabelle B-58: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
 bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-300	-10	282,122	-326,421	266,805	-308,800	258,287
-120	-4	237,678	-276,681	223,908	-267,013	216,696
-30	-1	216,060	-255,332	203,662	-251,367	196,906
0	0	208,853	-248,900	196,980	-247,307	190,447
30	1	201,762	-242,939	190,301	-243,545	184,133
120	4	181,221	-227,312	170,844	-234,916	165,491
300	10	142,248	-208,580	134,671	-230,179	130,812

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-300	-10	194,377	217,890	177,239	197,789	168,787
-120	-4	202,580	233,269	188,082	222,609	180,896
-30	-1	207,286	244,479	194,705	240,266	187,956
0	0	208,853	248,900	196,980	247,307	190,447
30	1	190,909	234,165	179,200	234,588	172,962
120	4	137,809	192,214	126,439	199,089	120,808
300	10	33,718	120,835	23,659	140,612	19,105

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	248,900	247,307	250,980
30	1	244,479	240,266	243,036
120	4	233,269	222,609	221,473
300	10	217,890	197,789	190,538
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		133,33		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		145	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,867	1,855	1,882
30	1	1,834	1,802	1,823
120	4	1,750	1,670	1,661
300	10	1,634	1,483	1,429

Tabelle B-59: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
 für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
 bei $M = -20 \text{ kNm/m}$

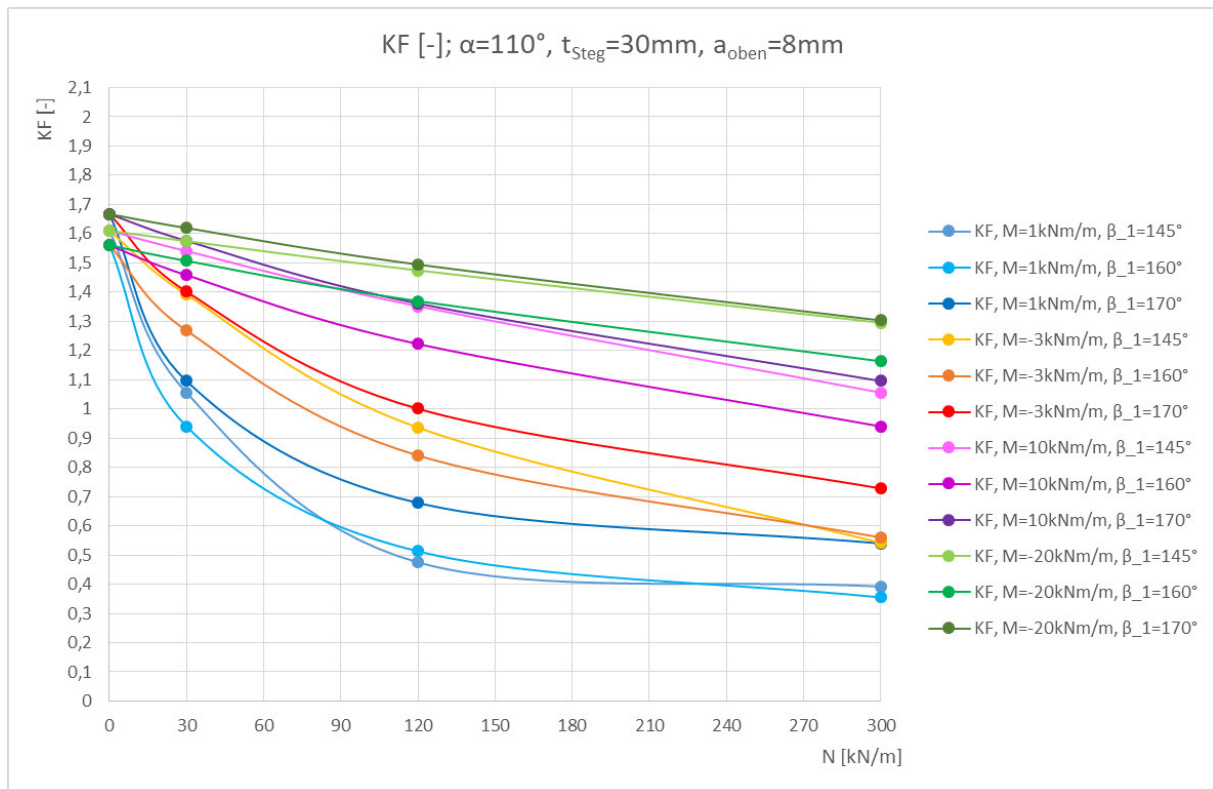


Abbildung B-17: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

Die Abbildung für $\alpha = 110^\circ$, $t_{\text{steg}} = 30 \text{ mm}$ und $a_{\text{oben}} = 10 \text{ mm}$, welche die Kerbfaktoren aus dem vierten Tabellenblock darstellt ist im Hauptdokument, **Kapitel 10.2.2**, zu finden.

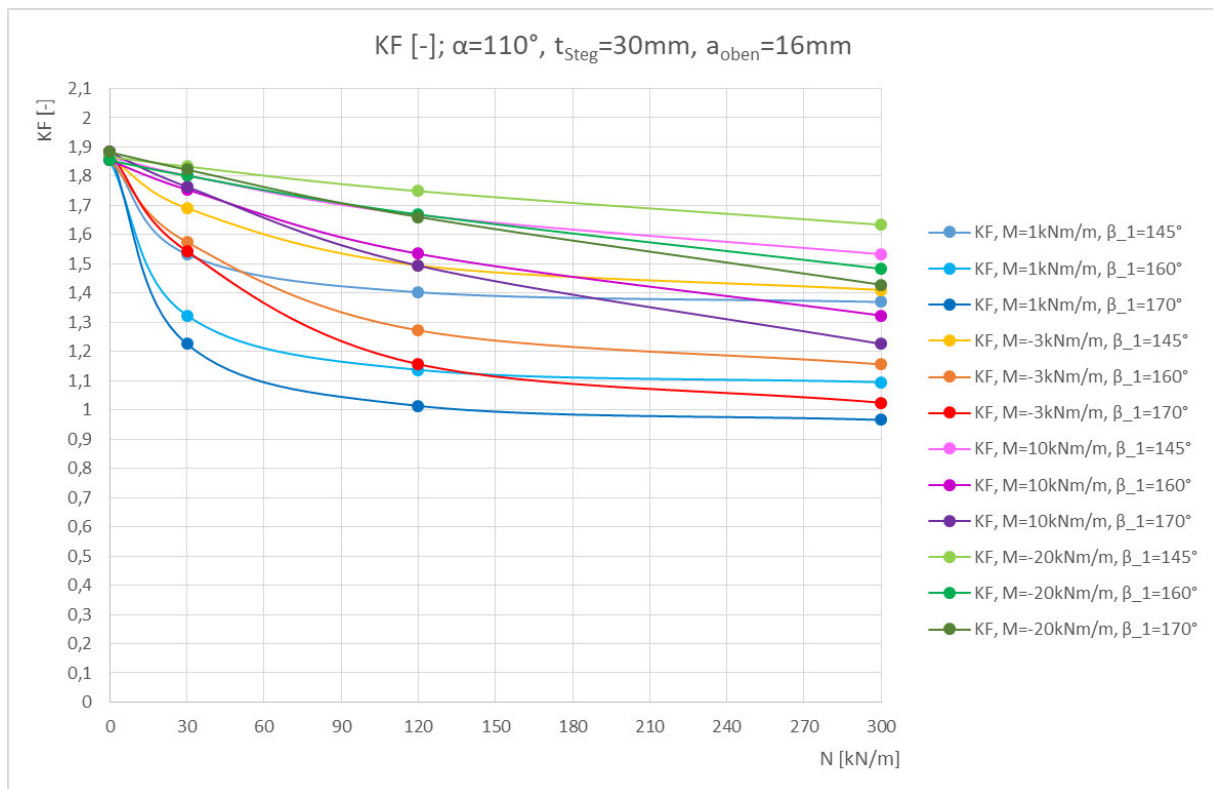


Abbildung B-18: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

Die Zusammenfassung der Kerbfaktoren, sowie die zugehörige Abbildung für für $\alpha = 110^\circ$ und $t_{\text{steg}} = 30 \text{ mm}$ ist im Hauptdokument, **Kapitel 10.2.2**, zu finden.

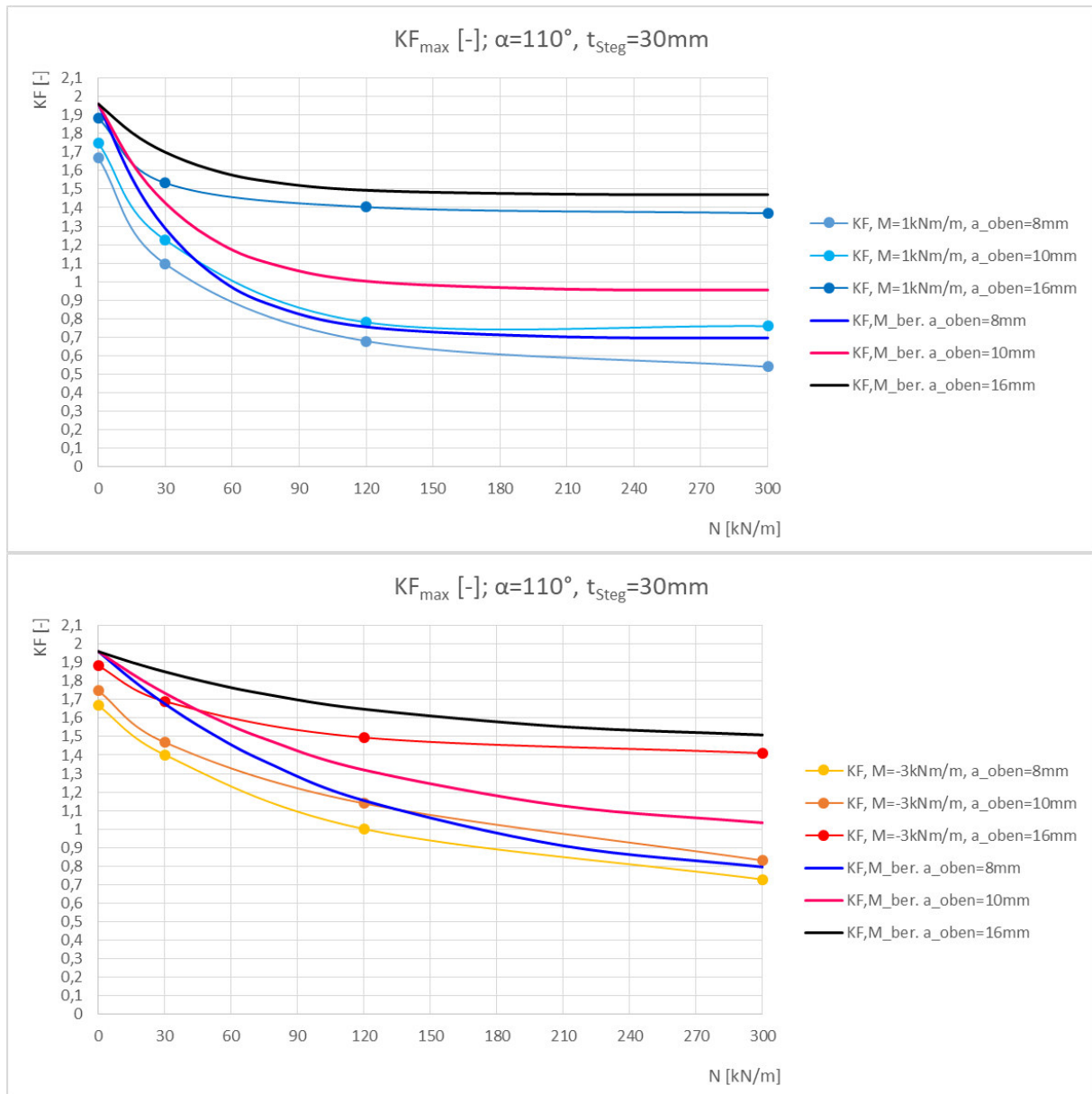


Abbildung B-19: o: $KF_{\text{ber.}}$ für $M=1\text{kNm/m}$; u: $KF_{\text{ber.}}$ für $M=-3\text{kNm/m}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	99,225	-90,720	104,005	-94,948	113,068	-102,048
-120	-4	41,400	-34,611	44,069	-36,805	48,765	-40,471
-30	-1	15,094	-6,899	16,414	-8,037	18,522	-9,910
0	0	9,583	-10,586	10,043	-10,174	10,661	-9,548
30	1	13,410	-16,943	12,895	-16,450	11,826	-15,726
120	4	40,778	-42,163	41,238	-42,271	41,975	-42,787
300	10	96,892	-99,624	99,453	-101,772	103,539	-106,157

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	0,765	-2,966	2,005	-2,176	4,329	-0,652
-120	-4	2,016	-2,863	3,269	-2,045	5,269	-0,609
-30	-1	5,248	-2,470	6,214	-1,675	7,648	-0,360
0	0	9,583	10,586	10,043	10,174	10,661	9,548
30	1	4,042	7,097	3,182	6,250	1,556	4,852
120	4	3,304	2,779	2,384	1,471	0,895	-0,709
300	10	3,207	1,164	2,318	-0,228	0,839	-2,583

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	10,586	10,174	10,661
30	1	7,097	6,250	7,648
120	4	3,304	3,269	5,269
300	10	3,207	2,318	4,329
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		6,67		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,588	1,526	1,599
30	1	1,065	0,938	1,147
120	4	0,496	0,490	0,790
300	10	0,481	0,348	0,649

Tabelle B-60: $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	108,359	-103,650	108,016	-104,391	108,275	-105,471
-120	-4	58,106	-48,789	56,670	-47,449	54,591	-44,840
-30	-1	37,600	-28,289	36,270	-28,188	34,164	-27,605
0	0	31,759	-28,748	30,523	-30,128	28,643	-31,982
30	1	26,475	-32,593	25,356	-35,060	23,726	-38,754
120	4	29,711	-52,928	33,483	-57,456	39,800	-64,877
300	10	85,131	-105,520	91,072	-112,797	100,951	-125,340

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	9,899	9,964	6,016	7,267	-0,464	2,771
-120	-4	18,722	11,315	15,870	8,599	11,095	3,760
-30	-1	27,754	18,920	26,070	18,476	23,290	17,335
0	0	31,759	28,748	30,523	30,128	28,643	31,982
30	1	17,107	22,747	15,643	24,860	13,456	27,880
120	4	-7,763	13,544	-5,371	16,656	-1,280	21,381
300	10	-8,554	7,060	-6,063	10,797	-1,749	16,600

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	31,759
30	1	27,754	26,070	27,880
120	4	18,722	16,656	21,381
300	10	9,964	10,797	16,600
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		20,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,588	1,526	1,599
30	1	1,388	1,304	1,394
120	4	0,936	0,833	1,069
300	10	0,498	0,540	0,830

Tabelle B-61: $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	150,942	-68,988	164,137	-80,366	185,224	-99,099
-120	-4	112,081	-84,995	120,945	-81,384	134,172	-76,115
-30	-1	98,728	-100,335	104,583	-96,383	112,721	-90,328
0	0	95,830	-105,860	100,430	-101,740	106,610	-95,480
30	1	93,840	-111,510	97,080	-107,236	101,105	-100,808
120	4	95,962	-129,493	94,428	-124,890	90,610	-117,864
300	10	134,096	-169,426	128,949	-164,498	118,261	-157,263

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	52,482	-24,698	62,137	-16,758	76,485	-3,601
-120	-4	72,697	47,521	80,145	42,534	90,676	35,035
-30	-1	88,882	90,966	94,383	86,671	101,847	80,058
0	0	95,830	105,860	100,430	101,740	106,610	95,480
30	1	84,472	101,664	87,367	97,036	90,835	89,934
120	4	58,488	90,109	55,574	84,090	49,530	74,368
300	10	40,411	70,966	31,814	62,498	15,561	48,523

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	105,860	101,740	106,610
30	1	101,664	97,036	101,847
120	4	90,109	84,090	90,676
300	10	70,966	62,498	76,485
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		66,67		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,588	1,526	1,599
30	1	1,525	1,456	1,528
120	4	1,352	1,261	1,360
300	10	1,064	0,937	1,147

Tabelle B-62: $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	271,464	-199,491	262,104	-193,548	247,846	-180,076
-120	-4	234,682	-186,193	225,952	-189,784	212,447	-193,063
-30	-1	217,370	-189,442	208,888	-197,323	196,227	-207,527
0	0	211,727	-191,653	203,487	-200,853	190,953	-213,213
30	1	206,109	-194,284	198,126	-204,845	185,804	-219,140
120	4	190,254	-205,054	182,258	-218,930	170,762	-239,006
300	10	160,224	-235,400	153,425	-254,713	143,436	-284,297

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	173,004	105,805	160,104	96,424	139,107	77,376
-120	-4	195,298	148,719	185,152	150,934	168,951	151,983
-30	-1	207,524	180,073	198,688	187,611	185,353	197,257
0	0	211,727	191,653	203,487	200,853	190,953	213,213
30	1	196,741	184,438	188,413	194,645	175,534	208,266
120	4	152,780	165,670	143,404	178,130	129,682	195,510
300	10	66,539	136,940	56,290	152,713	40,736	175,557

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	211,727	203,487	213,213
30	1	207,524	198,688	208,266
120	4	195,298	185,152	195,510
300	10	173,004	160,104	175,557
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		133,33		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,588	1,526	1,599
30	1	1,556	1,490	1,562
120	4	1,465	1,389	1,466
300	10	1,298	1,201	1,317

Tabelle B-63: $\sigma_{\text{Kerb}}^{\text{N-M}}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=30\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$
bei $M = -20 \text{ kNm/m}$

α=130°, t _{Steg} =30mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	87,653	-82,986	91,606	-86,447	99,055	-92,333
-120	-4	35,722	-30,234	38,043	-32,109	42,202	-35,272
-30	-1	13,512	-5,713	14,675	-5,571	16,553	-7,224
0	0	10,627	-10,719	10,886	-10,318	11,188	-9,698
30	1	15,516	-17,141	15,051	-16,647	14,010	-15,898
120	4	41,040	-40,783	41,204	-40,634	41,441	-40,664
300	10	93,751	-92,930	95,558	-94,146	98,512	-97,187

β ₁ [°]							
155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	-1,642	-5,225	-0,055	-4,399	2,116	-3,010
-120	-4	0,004	-5,050	1,379	-4,229	3,426	-2,865
-30	-1	4,583	-3,108	5,509	-3,514	6,859	-2,310
0	0	10,627	10,719	10,886	10,318	11,188	9,698
30	1	6,695	8,212	5,966	7,481	4,476	6,204
120	4	5,756	5,065	4,865	3,969	3,304	1,888
300	10	5,541	3,635	4,711	2,484	3,170	0,247

β ₁ [°]				
155		160		170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	10,719	10,886	11,188
30	1	8,212	7,481	6,859
120	4	5,756	4,865	3,426
300	10	5,541	4,711	3,170
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		6,67		

β ₁ [°]				
155		160		170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]
		0	0	1,608	1,633	1,678
30	1	1,232	1,122	1,029
120	4	0,863	0,730	0,514
300	10	0,831	0,707	0,475

Tabelle B-64: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
für α=130°, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm
bei M = 1 kNm/m

α=130°, t _{Steg} =30mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	105,747	-105,651	104,865	-105,682	104,145	-105,447
-120	-4	58,531	-54,417	57,062	-53,106	54,785	-50,255
-30	-1	38,182	-34,170	36,797	-33,725	34,772	-32,467
0	0	32,156	-31,880	30,953	-32,659	29,093	-33,563
30	1	26,626	-32,707	25,567	-34,613	23,979	-37,441
120	4	21,842	-46,277	25,157	-50,320	30,748	-57,087
300	10	73,272	-90,666	78,291	-97,072	86,925	-108,329

β ₁ [°]							
155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	16,452	17,440	13,204	14,836	7,206	10,104
-120	-4	22,813	19,133	20,398	16,768	16,009	12,118
-30	-1	29,253	25,349	27,631	24,640	25,078	22,933
0	0	32,156	31,880	30,953	32,659	29,093	33,563
30	1	17,805	23,778	16,482	25,447	14,445	27,747
120	4	-13,442	10,559	-11,182	13,655	-7,389	18,311
300	10	-14,938	1,371	-12,557	5,410	-8,418	11,389

β ₁ [°]				
155		160		170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	32,156	32,659	33,563
30	1	29,253	27,631	27,747
120	4	22,813	20,398	18,311
300	10	17,440	14,836	11,389
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		20,00		

β ₁ [°]				
155		160		170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]
		0	0	1,608	1,633	1,678
30	1	1,463	1,382	1,387
120	4	1,141	1,020	0,916
300	10	0,872	0,742	0,569

Tabelle B-65: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
für α=130°, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm
bei M = -3 kNm/m

α=130°, t _{Steg} =30mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	135,124	-57,130	146,753	-55,713	165,533	-72,238
-120	-4	110,556	-85,241	117,651	-81,863	128,129	-76,777
-30	-1	106,086	-101,494	109,899	-97,613	115,060	-91,684
0	0	106,270	-107,190	108,860	-103,180	111,880	-96,980
30	1	107,350	-113,020	108,739	-108,909	109,677	-102,459
120	4	116,773	-131,441	114,570	-126,794	108,986	-119,900
300	10	155,162	-171,406	150,512	-166,467	140,099	-158,976

β ₁ [°]							
155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	45,829	-31,081	55,092	-35,133	68,594	-23,105
-120	-4	74,838	49,957	80,987	45,525	89,353	38,640
-30	-1	97,157	92,673	100,733	88,528	105,366	82,150
0	0	106,270	107,190	108,860	103,180	111,880	96,980
30	1	98,529	104,091	99,654	99,743	100,143	92,765
120	4	81,489	95,723	78,231	90,129	70,849	81,124
300	10	66,952	82,111	59,665	74,805	44,757	62,036

β ₁ [°]				
155		160		170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	107,190	108,860	111,880
30	1	104,091	100,733	105,366
120	4	95,723	90,129	89,353
300	10	82,111	74,805	68,594
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		66,67		

β ₁ [°]				
155		160		170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]
		0	0	1,608	1,633	1,678
30	1	1,561	1,511	1,580
120	4	1,436	1,352	1,340
300	10	1,232	1,122	1,029

Tabelle B-66: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
für α=130°, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm
bei M = 10 kNm/m

α=130°, t _{Steg} =30mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	275,700	-243,519	266,298	-237,385	251,994	-222,555
-120	-4	238,128	-219,089	229,403	-219,127	216,133	-216,504
-30	-1	220,114	-213,351	212,041	-217,405	199,435	-221,348
0	0	214,373	-212,533	206,353	-217,727	193,953	-223,753
30	1	208,629	-212,141	200,717	-218,536	188,579	-226,743
120	4	191,863	-213,688	184,476	-223,523	172,996	-237,529
300	10	160,282	-226,913	153,993	-242,683	144,312	-267,142

β ₁ [°]							
155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	186,405	155,308	174,637	146,539	157,055	127,212
-120	-4	202,410	183,805	192,739	182,789	177,357	178,367
-30	-1	211,185	204,530	202,875	208,320	189,741	211,814
0	0	214,373	212,533	206,353	217,727	193,953	223,753
30	1	199,808	203,212	191,632	209,370	179,045	217,049
120	4	156,579	177,970	148,137	186,858	134,859	198,753
300	10	72,072	137,618	63,146	151,021	48,970	170,202

β ₁ [°]				
155		160		170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	214,373	217,727	223,753
30	1	211,185	209,370	217,049
120	4	202,410	192,739	198,753
300	10	186,405	174,637	170,202
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		133,33		

β ₁ [°]				
155		160		170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]
		0	0	1,608	1,633	1,678
30	1	1,584	1,570	1,628
120	4	1,518	1,446	1,491
300	10	1,398	1,310	1,277

Tabelle B-67: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
für α=130°, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=10mm
bei M = -20 kNm/m

$\alpha=130^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=16mm$							
$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	70,246	-76,153	72,014	-78,018	76,201	-81,072
-120	-4	26,034	-25,470	27,479	-26,573	30,345	-28,481
-30	-1	10,007	-4,641	10,893	-4,588	12,016	-4,492
0	0	11,918	-10,128	11,990	-9,875	12,426	-9,449
30	1	18,705	-16,639	18,451	-16,267	17,731	-15,665
120	4	43,413	-38,196	43,332	-37,791	42,971	-37,318
300	10	94,197	-83,296	94,755	-83,192	95,555	-83,813

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	-5,938	-8,900	-4,908	-8,146	-2,863	-6,999
-120	-4	-4,440	-8,551	-3,290	-7,893	-1,281	-6,747
-30	-1	2,389	-3,864	3,201	-4,028	4,520	-4,315
0	0	11,918	10,128	11,990	9,875	12,016	9,449
30	1	10,200	9,021	9,835	8,575	8,924	7,759
120	4	9,392	7,722	8,866	7,022	7,743	5,692
300	10	9,144	7,111	8,590	6,269	7,485	4,748

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	11,918		11,990		12,016	
30	1	10,200		9,835		8,924	
120	4	9,392		8,866		7,743	
300	10	9,144		8,590		7,485	
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		6,67					

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,788		1,799		1,802
30	1	1,530		1,475		1,339	
120	4	1,409		1,330		1,161	
300	10	1,372		1,289		1,123	

**Tabelle B-68: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=130^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=16mm$
bei $M = 1 kNm/m$**

$\alpha=130^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=16mm$							
$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	99,871	-113,444	98,585	-113,028	97,059	-111,534
-120	-4	56,787	-63,980	55,633	-63,136	53,682	-60,902
-30	-1	36,688	-41,642	35,759	-41,271	34,250	-40,119
0	0	30,384	-35,754	29,626	-35,971	28,347	-36,048
30	1	24,426	-31,587	23,840	-32,661	22,881	-34,350
120	4	11,957	-32,262	14,103	-35,393	17,861	-40,964
300	10	59,730	-64,566	62,724	-68,695	68,128	-76,867

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	23,687	28,391	21,663	26,864	17,995	23,463
-120	-4	26,313	29,959	24,864	28,670	22,056	25,674
-30	-1	29,070	33,137	28,067	32,655	26,344	31,312
0	0	30,384	35,754	29,626	35,971	28,347	36,048
30	1	15,921	23,969	15,224	24,969	14,074	26,444
120	4	-22,064	1,788	-20,363	4,624	-17,367	9,338
300	10	-25,323	-11,619	-23,441	-8,228	-19,942	-2,198

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	35,754		35,971		36,048	
30	1	33,137		32,655		31,312	
120	4	29,959		28,670		25,674	
300	10	28,391		26,864		23,463	
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		20,00					

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,788		1,799		1,802
30	1	1,657		1,633		1,566	
120	4	1,498		1,434		1,284	
300	10	1,420		1,343		1,173	

**Tabelle B-69: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=130^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=16mm$
bei $M = -3 kNm/m$**

$\alpha=130^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=16mm$							
$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	100,070	-46,416	108,927	-45,880	124,259	-44,923
-120	-4	103,343	-77,636	107,602	-75,788	114,382	-72,775
-30	-1	114,199	-95,257	115,859	-92,782	117,719	-88,927
0	0	119,180	-101,280	119,900	-98,750	120,160	-94,490
30	1	124,517	-107,463	124,601	-104,781	123,486	-100,239
120	4	143,175	-126,593	141,698	-123,371	137,220	-118,221
300	10	187,046	-166,393	184,505	-162,667	177,310	-156,605

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	23,886	-38,637	32,005	-40,284	45,195	-43,148
-120	-4	72,869	43,615	76,833	41,322	82,756	37,547
-30	-1	106,581	86,752	108,167	84,166	109,813	80,120
0	0	119,180	101,280	119,900	98,750	120,160	94,490
30	1	116,012	99,845	115,985	97,089	114,679	92,333
120	4	109,154	96,119	107,232	92,602	101,992	86,595
300	10	101,994	90,208	98,340	85,745	89,240	77,540

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	119,180		119,900		120,160	
30	1	116,012		115,985		114,679	
120	4	109,154		107,232		101,992	
300	10	101,994		98,340		89,240	
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		66,67					

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,788		1,799		1,802
30	1	1,740		1,740		1,720	
120	4	1,637		1,608		1,530	
300	10	1,530		1,475		1,339	

**Tabelle B-70: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=130^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=16mm$
bei $M = 10 kNm/m$**

$\alpha=130^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=16mm$							
$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	266,091	-300,075	259,587	-296,721	248,851	-285,886
-120	-4	227,382	-260,691	221,690	-259,790	212,162	-254,797
-30	-1	208,742	-243,551	203,535	-244,342	194,691	-243,427
0	0	202,560	-238,360	197,507	-239,807	188,980	-240,320
30	1	196,537	-233,275	191,490	-235,569	183,403	-237,638
120	4	178,465	-219,881	173,986	-224,829	166,767	-231,727
300	10	144,086	-202,231	140,765	-212,538	135,545	-229,257

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-300	-10	189,907	215,022	182,665	210,557	169,787	197,815
-120	-4	196,908	226,670	190,921	225,324	180,536	219,569
-30	-1	201,124	235,046	195,843	235,726	186,785	234,620
0	0	202,560	238,360	197,507	239,807	188,980	240,320
30	1	188,032	225,657	182,874	227,677	174,596	229,732
120	4	144,444	189,407	139,520	194,060	131,539	200,101
300	10	59,034	126,046	54,600	135,616	47,475	150,192

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
0	0	238,360		239,807		240,320	
30	1	235,046		235,726		234,620	
120	4	226,670		225,324		219,569	
300	10	215,022		210,557		197,815	
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		133,33					

$\beta_i [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
		0	0	1,788		1,799		1,802
30	1	1,763		1,768		1,760	
120	4	1,700		1,690		1,647	
300	10	1,613		1,579		1,484	

**Tabelle B-71: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=130^\circ, t_{Steg}=30mm, a_{oben}=16mm$
bei $M = -20 kNm/m$**

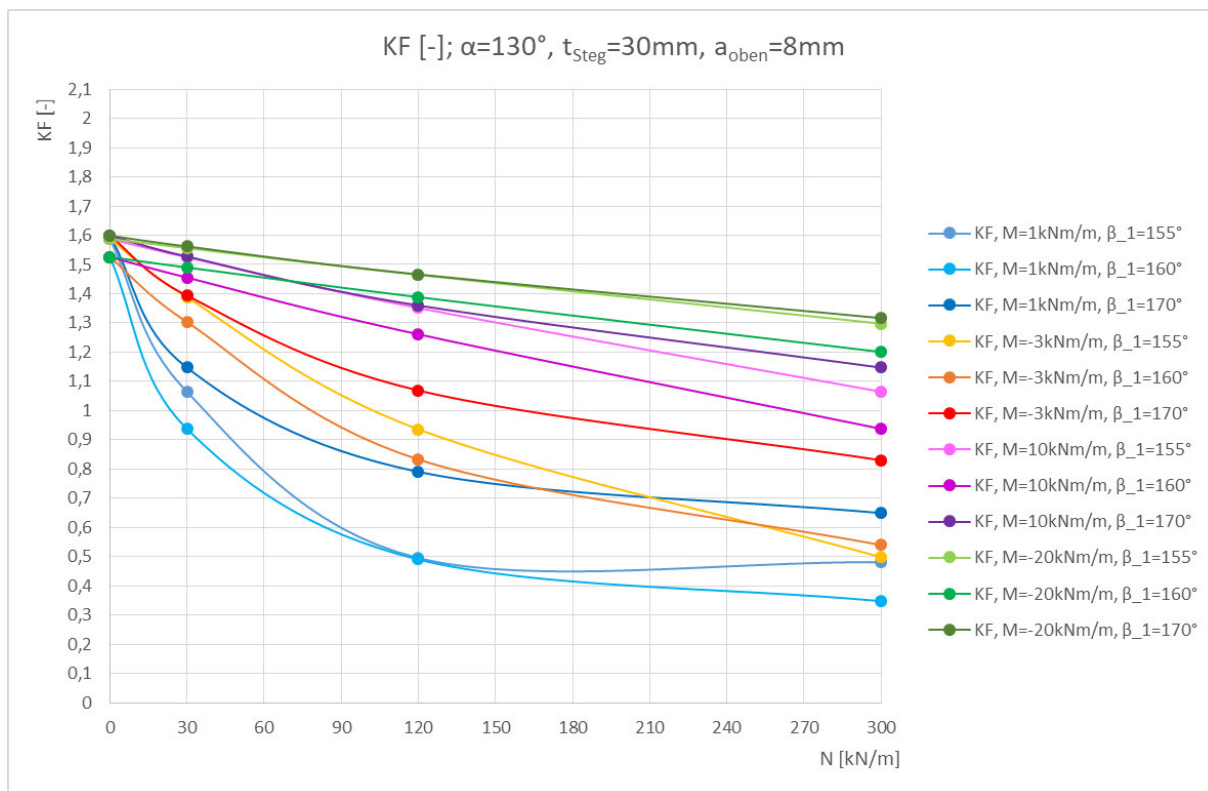


Abbildung B-20: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

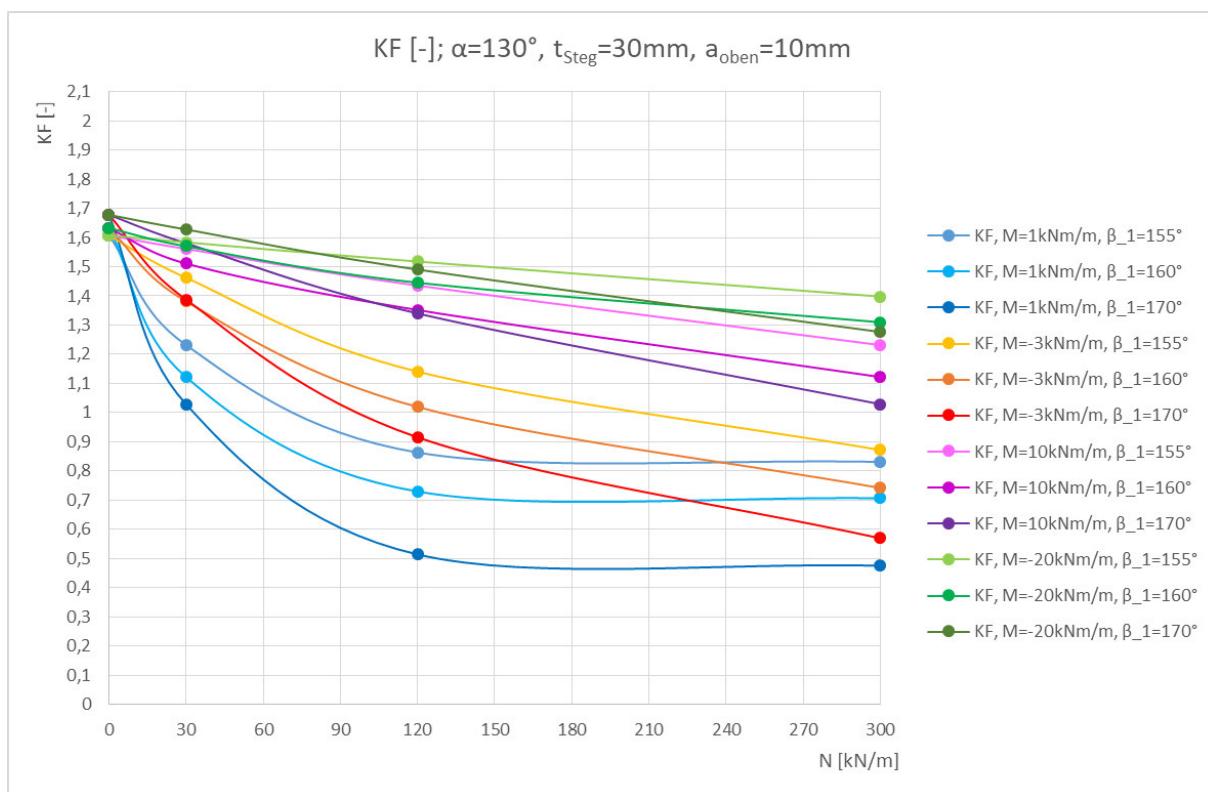


Abbildung B-21: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

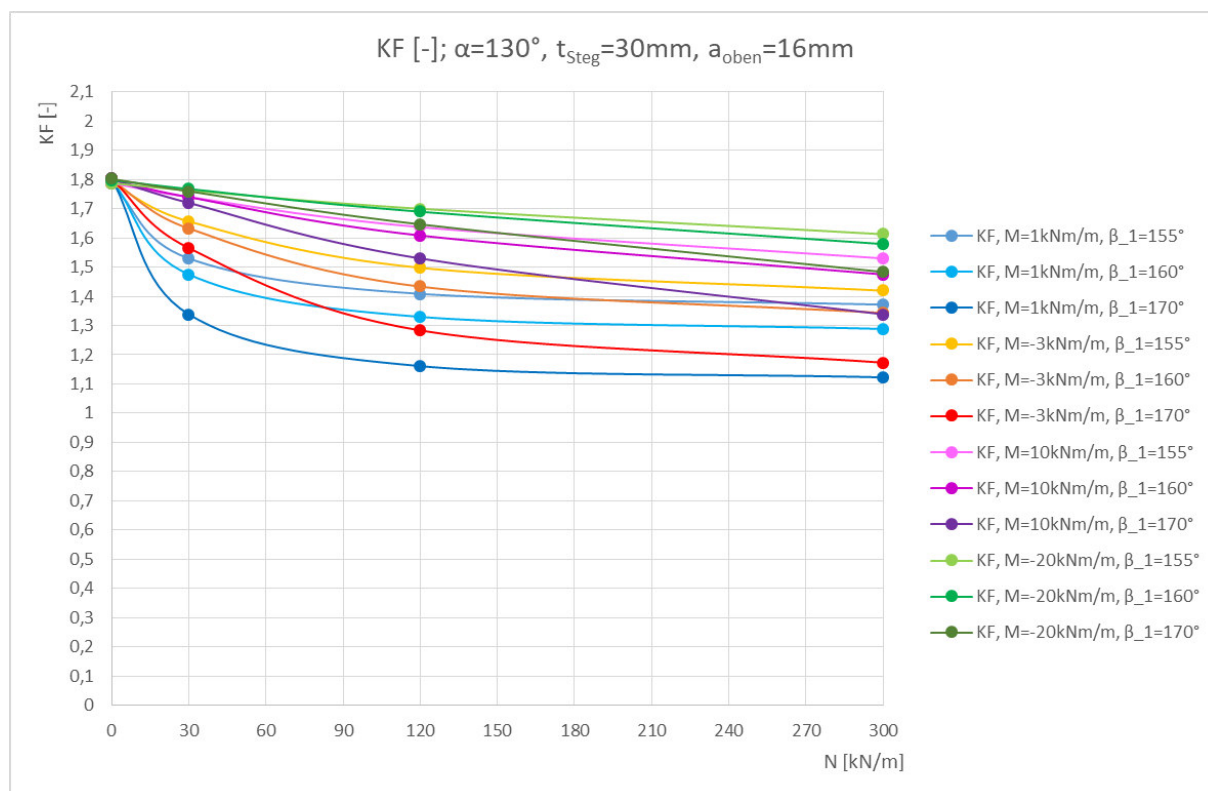


Abbildung B-22: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

Die Zusammenfassung der Kerbfaktoren, sowie die zugehörige Abbildung für für $\alpha = 130^\circ$ und $t_{\text{steg}} = 30 \text{ mm}$ ist im Hauptdokument, **Kapitel 10.2.2**, zu finden.

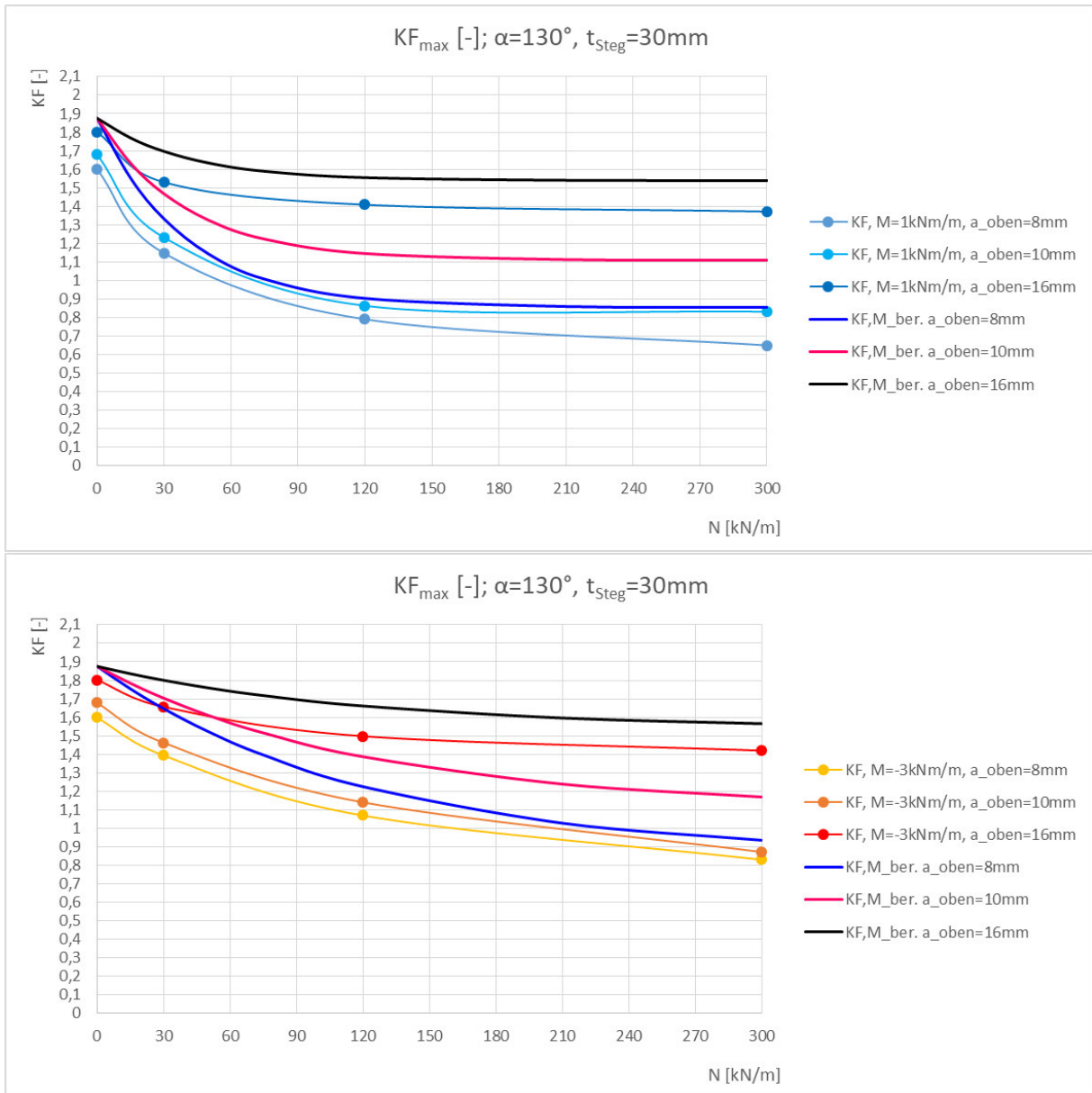


Abbildung B-23: o: $KF_{ber.}$ für $M=1kNm/m$; u: $KF_{ber.}$ für $M=-3kNm/m$

B.3 auslesene Daten $t_{steg} = 40 \text{ mm}$

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=40\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-400	-10	183,597	-197,982	186,800	-205,167	181,031
-160	-4	72,911	-78,783	75,083	-82,604	72,803
-40	-1	18,301	-19,197	19,955	-21,349	19,581
0	0	3,615	-6,676	4,499	-6,168	4,917
40	1	20,631	-21,380	19,584	-20,518	18,885
160	4	80,196	-75,669	80,854	-75,128	78,945
400	10	199,403	-186,296	203,413	-186,990	199,148

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-400	-10	-1,138	-0,697	0,116	0,877	0,193
-160	-4	-0,983	-0,689	0,409	0,888	0,468
-40	-1	-0,173	-0,671	1,287	0,920	1,497
0	0	3,615	6,676	4,499	6,168	4,917
40	1	0,763	2,907	-0,845	1,850	-1,152
160	4	0,724	1,775	-0,862	0,454	-1,202
400	10	0,723	1,561	-0,877	0,305	-1,220

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		
		135	160	170
0	0	6,676	6,168	6,108
40	1	2,907	1,850	1,930
160	4	1,775	0,888	1,242
400	10	1,561	0,877	1,242
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		3,75		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		135	160	170
0	0	1,780	1,645	1,629
40	1	0,775	0,493	0,515
160	4	0,473	0,237	0,331
400	10	0,416	0,234	0,331

Tabelle B-72: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{steg}=40\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=40\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-400	-10	190,343	-200,852	188,337	-201,709	182,550
-160	-4	81,522	-81,696	78,887	-79,158	76,803
-40	-1	32,498	-22,560	30,453	-18,395	29,995
0	0	20,029	-10,844	18,503	-13,498	18,325
40	1	18,089	-21,896	23,318	-26,272	23,984
160	4	77,415	-72,626	84,433	-77,776	83,912
400	10	196,615	-181,929	206,966	-188,071	204,093

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-400	-10	5,608	2,173	1,653	-2,581	1,712
-160	-4	7,628	2,224	4,213	-2,558	4,468
-40	-1	14,025	2,692	11,785	-2,034	11,911
0	0	20,029	10,844	18,503	13,498	18,325
40	1	-1,779	3,423	2,889	7,604	3,947
160	4	-2,057	-1,268	2,717	3,102	3,765
400	10	-2,065	-2,806	2,676	1,386	3,725

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		
		135	160	170
0	0	20,029	18,503	18,325
40	1	14,025	11,785	11,911
160	4	7,628	4,213	4,468
400	10	5,608	2,676	3,725
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		11,25		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		135	160	170
0	0	1,780	1,645	1,629
40	1	1,247	1,048	1,059
160	4	0,678	0,375	0,397
400	10	0,498	0,238	0,331

Tabelle B-73: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{steg}=40\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=40\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-400	-10	183,005	-191,969	199,545	-213,489	195,811
-160	-4	82,945	-73,360	97,882	-91,235	98,733
-40	-1	43,527	-56,365	55,413	-51,857	58,948
0	0	36,150	-66,760	44,990	-61,680	49,170
40	1	36,950	-78,127	38,592	-72,444	43,003
160	4	88,115	-117,756	74,327	-110,660	70,526
400	10	206,313	-213,795	195,836	-205,179	188,849

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-400	-10	-1,730	-6,710	12,861	9,199	14,973
-160	-4	9,051	-6,112	23,208	9,519	26,398
-40	-1	25,054	36,497	36,745	31,428	40,864
0	0	36,150	66,760	44,990	61,680	49,170
40	1	17,082	59,654	18,163	53,776	22,966
160	4	8,643	43,862	-7,389	35,986	-9,621
400	10	7,633	29,060	-8,454	18,494	-11,519

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		
		135	160	170
0	0	66,760	61,680	61,080
40	1	59,654	53,776	53,565
160	4	43,862	35,986	36,592
400	10	29,060	18,494	19,299
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		37,50		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		135	160	170
0	0	1,780	1,645	1,629
40	1	1,591	1,434	1,428
160	4	1,170	0,960	0,976
400	10	0,775	0,493	0,515

Tabelle B-74: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{steg}=40\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{steg}=40\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$						
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-400	-10	265,106	-215,208	250,082	-188,608	245,771
-160	-4	180,929	-100,983	168,536	-80,616	166,457
-40	-1	144,651	-70,171	133,872	-82,208	132,492
0	0	133,527	-72,293	123,353	-89,987	122,167
40	1	122,859	-78,354	113,278	-99,627	112,200
160	4	94,183	-109,526	101,535	-136,470	107,119
400	10	186,108	-197,170	223,179	-227,911	226,163

$\beta_1 [^\circ]$						
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv
-400	-10	80,371	16,529	63,398	-15,682	64,933
-160	-4	107,035	21,511	93,862	-1,100	94,122
-40	-1	126,178	50,303	115,204	61,779	114,408
0	0	133,527	72,293	123,353	89,987	122,167
40	1	102,991	59,881	92,849	80,959	92,163
160	4	14,711	35,632	19,819	61,796	26,972
400	10	-12,572	12,435	18,889	41,226	25,796

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		
		135	160	170
0	0	133,527	123,353	122,167
40	1	126,178	115,204	114,408
160	4	107,035	93,862	94,122
400	10	80,371	63,398	64,933
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		75,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		135	160	170
0	0	1,780	1,645	1,629
40	1	1,682	1,536	1,525
160	4	1,427	1,251	1,255
400	10	1,072	0,845	0,866

Tabelle B-75: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=90^\circ, t_{steg}=40\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$
bei $M = -20 \text{ kNm/m}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
β_1 [°]		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	163,689	-179,124	166,207	-185,777	161,263	-183,172
-160	-4	64,545	-70,481	66,443	-74,061	64,506	-73,236
-40	-1	16,048	-16,214	17,611	-18,297	17,307	-18,336
0	0	4,741	-6,864	5,256	-6,266	5,606	-6,182
40	1	20,267	-20,403	19,174	-19,428	18,620	-18,966
160	4	74,499	-68,947	74,904	-68,093	73,448	-66,051
400	10	183,131	-168,109	186,609	-167,854	183,332	-162,899

β_1 [°]							
β_1 [°]		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-1,992	-1,992	-0,673	-0,416	-0,570	-0,075
-160	-4	-1,727	-1,965	-0,309	-0,416	-0,227	-0,063
-40	-1	-0,520	-1,898	0,923	-0,322	1,124	0,011
0	0	4,741	6,864	5,256	6,266	5,606	6,182
40	1	2,155	3,835	0,555	2,740	0,295	2,783
160	4	2,052	2,675	0,427	1,341	0,149	1,318
400	10	2,013	2,429	0,417	0,974	0,084	1,066

β_1 [°]				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	6,864	6,266	6,182
40	1	3,835	2,740	2,783
160	4	2,675	1,341	1,318
400	10	2,429	0,974	1,066
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm²]		3,75		

β_1 [°]				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	KF [-]		
		0	0	1,830	1,671	1,649
40	1	1,023	0,731	0,742
160	4	0,713	0,358	0,351
400	10	0,648	0,260	0,284

**Tabelle B-76: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
β_1 [°]		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	173,898	-187,306	171,186	-187,500	166,230	-183,750
-160	-4	76,764	-78,831	73,718	-76,044	71,831	-73,980
-40	-1	32,482	-25,469	30,171	-21,675	29,661	-21,261
0	0	20,592	-14,222	18,799	-15,769	18,547	-16,819
40	1	13,052	-20,710	18,082	-24,654	18,852	-25,124
160	4	66,656	-63,619	73,419	-68,397	73,223	-66,935
400	10	175,236	-160,763	184,951	-166,185	183,076	-161,460

β_1 [°]							
β_1 [°]		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	8,217	6,190	4,306	1,307	4,397	0,503
-160	-4	10,492	6,385	6,966	1,567	7,098	0,681
-40	-1	15,914	7,357	13,483	3,056	13,478	2,936
0	0	20,592	14,222	18,799	15,769	18,547	16,819
40	1	-5,060	4,142	-0,537	7,966	0,527	8,941
160	4	-5,791	-2,653	-1,058	1,645	-0,076	2,202
400	10	-5,882	-4,917	-1,242	-0,695	-0,172	-0,373

β_1 [°]				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	20,592	18,799	18,547
40	1	15,914	13,483	13,478
160	4	10,492	6,966	7,098
400	10	8,217	4,306	4,397
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm²]		11,25		

β_1 [°]				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	KF [-]		
		0	0	1,830	1,671	1,649
40	1	1,415	1,198	1,198
160	4	0,933	0,619	0,631
400	10	0,730	0,383	0,391

**Tabelle B-77: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
β_1 [°]		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	160,480	-162,140	176,110	-182,967	173,073	-183,360
-160	-4	76,714	-55,093	90,358	-72,394	91,449	-74,712
-40	-1	49,583	-58,361	58,640	-53,077	61,807	-52,352
0	0	47,410	-68,640	52,560	-62,660	56,060	-61,820
40	1	52,031	-79,701	50,675	-73,204	53,993	-72,146
160	4	96,237	-117,144	83,172	-109,016	80,821	-107,075
400	10	202,667	-204,028	191,744	-194,277	186,198	-189,664

β_1 [°]							
β_1 [°]		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-5,201	-18,976	9,230	-3,226	11,240	0,113
-160	-4	10,442	-17,353	23,606	-2,083	26,716	1,413
-40	-1	33,015	40,249	41,952	34,458	45,624	34,027
0	0	47,410	68,640	52,560	62,660	56,060	61,820
40	1	33,919	63,133	32,056	56,516	35,668	55,963
160	4	23,790	50,872	8,695	42,264	7,522	42,342
400	10	21,550	38,348	5,552	27,397	2,951	27,832

β_1 [°]				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	68,640	62,660	61,820
40	1	63,133	56,516	55,963
160	4	50,872	42,264	42,342
400	10	38,348	27,397	27,832
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm²]		37,50		

β_1 [°]				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	KF [-]		
		0	0	1,830	1,671	1,649
40	1	1,684	1,507	1,492
160	4	1,357	1,127	1,129
400	10	1,023	0,731	0,742

**Tabelle B-78: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$							
β_1 [°]		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	261,505	-227,258	244,441	-201,033	239,755	-194,372
-160	-4	183,053	-127,738	168,935	-110,463	166,343	-114,103
-40	-1	148,205	-97,465	135,717	-101,933	133,739	-108,969
0	0	137,280	-94,813	125,327	-105,127	123,647	-112,127
40	1	126,852	-95,669	115,494	-110,334	113,966	-117,150
160	4	98,087	-112,342	88,687	-135,128	87,534	-140,066
400	10	145,379	-178,182	181,283	-206,793	185,328	-207,300

β_1 [°]							
β_1 [°]		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	95,824	46,142	77,561	14,840	77,922	11,125
-160	-4	116,781	55,292	102,183	35,986	101,610	40,804
-40	-1	131,637	79,353	119,029	83,314	117,556	90,644
0	0	137,280	94,813	125,327	105,127	123,647	112,127
40	1	108,740	79,101	96,875	93,646	95,641	100,967
160	4	25,640	46,070	14,210	68,376	14,235	75,333
400	10	-35,739	12,502	-4,910	39,913	2,081	45,468

β_1 [°]				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	137,280	125,327	123,647
40	1	131,637	119,029	117,556
160	4	116,781	102,183	101,610
400	10	95,824	77,561	77,922
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm²]		75,00		

β_1 [°]				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm²]	KF [-]		
		0	0	1,830	1,671	1,649
40	1	1,755	1,587	1,567
160	4	1,557	1,362	1,355
400	10	1,278	1,034	1,039

**Tabelle B-79: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N-M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$
bei $M = -20 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	130,316	-152,009	130,586	-155,975	126,673	-154,456
-160	-4	50,162	-58,025	51,180	-60,560	49,662	-60,080
-40	-1	11,835	-11,327	13,239	-13,085	13,036	-13,219
0	0	7,023	-7,090	6,961	-6,402	7,142	-6,268
40	1	20,766	-18,787	19,569	-17,589	19,186	-17,126
160	4	67,516	-58,126	67,005	-56,348	66,015	-54,687
400	10	161,512	-138,374	162,462	-135,778	160,354	-131,709

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-3,828	-4,741	-2,351	-3,177	-2,275	-2,949
-160	-4	-3,496	-4,675	-1,995	-3,101	-1,917	-2,872
-40	-1	-1,579	-4,348	-0,055	-2,830	0,141	-2,522
0	0	7,023	7,090	6,961	6,402	7,142	6,268
40	1	5,091	5,373	3,654	4,295	3,446	4,231
160	4	4,816	4,468	3,344	3,173	3,053	3,108
400	10	4,762	4,229	3,309	2,840	2,949	2,762

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	7,090	6,961	7,142
40	1	5,373	4,295	4,231
160	4	4,816	3,344	3,108
400	10	4,762	3,309	2,949
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		3,75		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,891	1,856	1,905
40	1	1,433	1,145	1,128
160	4	1,284	0,892	0,829
400	10	1,270	0,883	0,786

**Tabelle B-80: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = 1 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	147,832	-171,266	142,737	-169,195	138,632	-166,643
-160	-4	69,098	-77,701	65,202	-74,331	63,407	-72,867
-40	-1	32,130	-32,521	29,429	-29,434	28,570	-29,227
0	0	21,271	-21,069	19,205	-20,884	18,804	-21,427
40	1	12,060	-19,243	10,777	-22,198	10,570	-22,599
160	4	49,334	-47,024	54,903	-51,165	55,078	-50,068
400	10	142,787	-124,025	149,902	-127,356	148,860	-123,711

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	13,688	14,516	9,800	10,043	9,684	9,238
-160	-4	15,440	15,001	12,027	10,670	11,828	9,905
-40	-1	18,716	16,846	16,135	13,519	15,855	13,487
0	0	21,271	21,069	19,205	20,884	18,804	21,427
40	1	-3,615	5,829	-5,138	8,904	-5,171	9,704
160	4	-13,366	-6,634	-8,758	-2,010	-7,884	-1,511
400	10	-13,963	-10,120	-9,251	-5,582	-8,545	-5,236

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	21,271	20,884	21,427
40	1	18,716	16,135	15,855
160	4	15,440	12,027	11,828
400	10	14,516	10,043	9,684
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		11,25		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,891	1,856	1,905
40	1	1,664	1,434	1,409
160	4	1,372	1,069	1,051
400	10	1,290	0,893	0,861

**Tabelle B-81: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = -3 \text{ kNm/m}$**

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	118,347	-113,271	132,388	-130,846	130,356	-132,189
-160	-4	66,831	-35,009	77,722	-45,873	78,775	-42,734
-40	-1	64,453	-60,992	67,830	-54,818	69,783	-53,738
0	0	70,230	-70,900	69,610	-64,020	71,420	-62,680
40	1	79,307	-81,263	74,758	-73,717	75,980	-72,205
160	4	117,698	-114,772	106,761	-105,387	105,510	-102,987
400	10	207,662	-187,865	195,689	-175,890	191,862	-171,261

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-15,797	-43,479	-0,549	-28,306	1,408	-25,216
-160	-4	13,173	-27,691	24,547	-17,788	27,196	-20,228
-40	-1	51,039	45,317	54,536	38,903	56,888	37,998
0	0	70,230	70,900	69,610	64,020	71,420	62,680
40	1	63,632	67,849	58,843	60,423	60,240	59,310
160	4	54,998	61,114	43,100	52,212	42,548	51,408
400	10	50,912	53,720	36,537	42,953	34,457	42,314

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	70,900	69,610	71,420
40	1	67,849	60,423	60,240
160	4	61,114	52,212	51,408
400	10	53,720	42,953	42,314
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		37,50		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,891	1,856	1,905
40	1	1,809	1,611	1,606
160	4	1,630	1,392	1,371
400	10	1,433	1,145	1,128

**Tabelle B-82: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = 10 \text{ kNm/m}$**

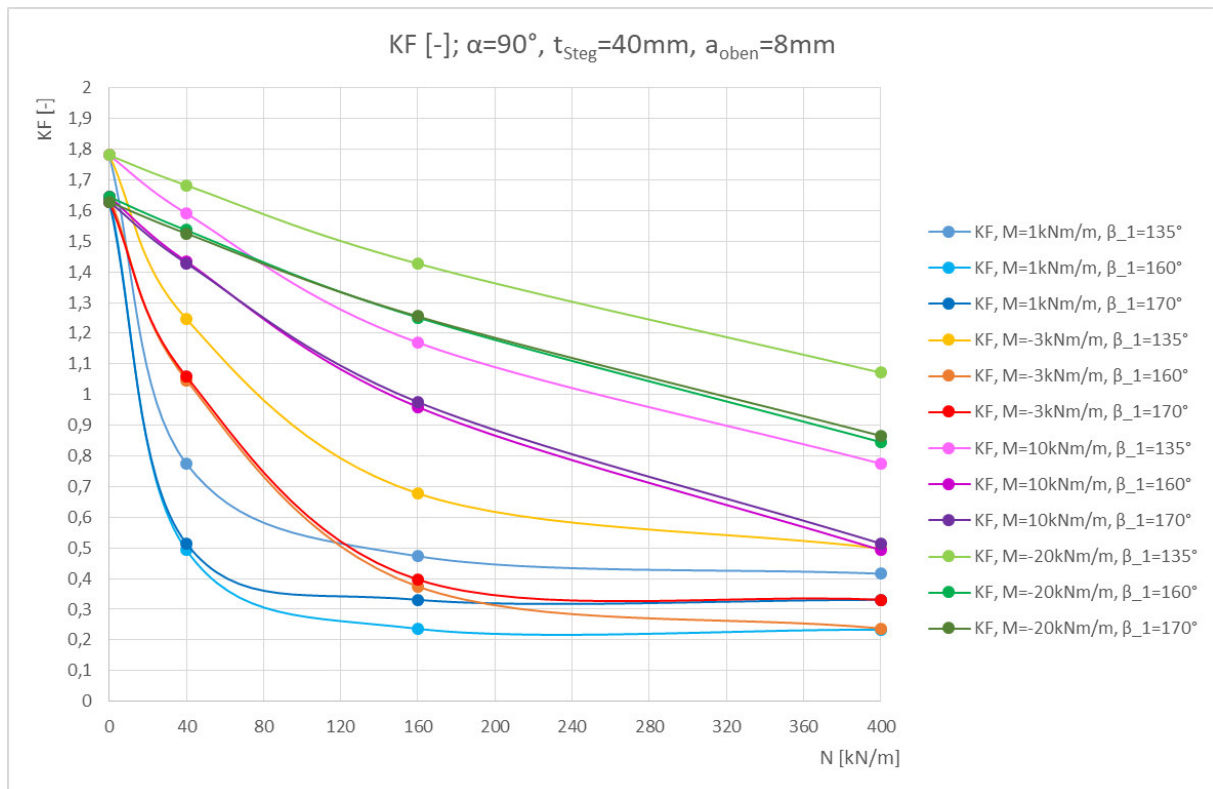
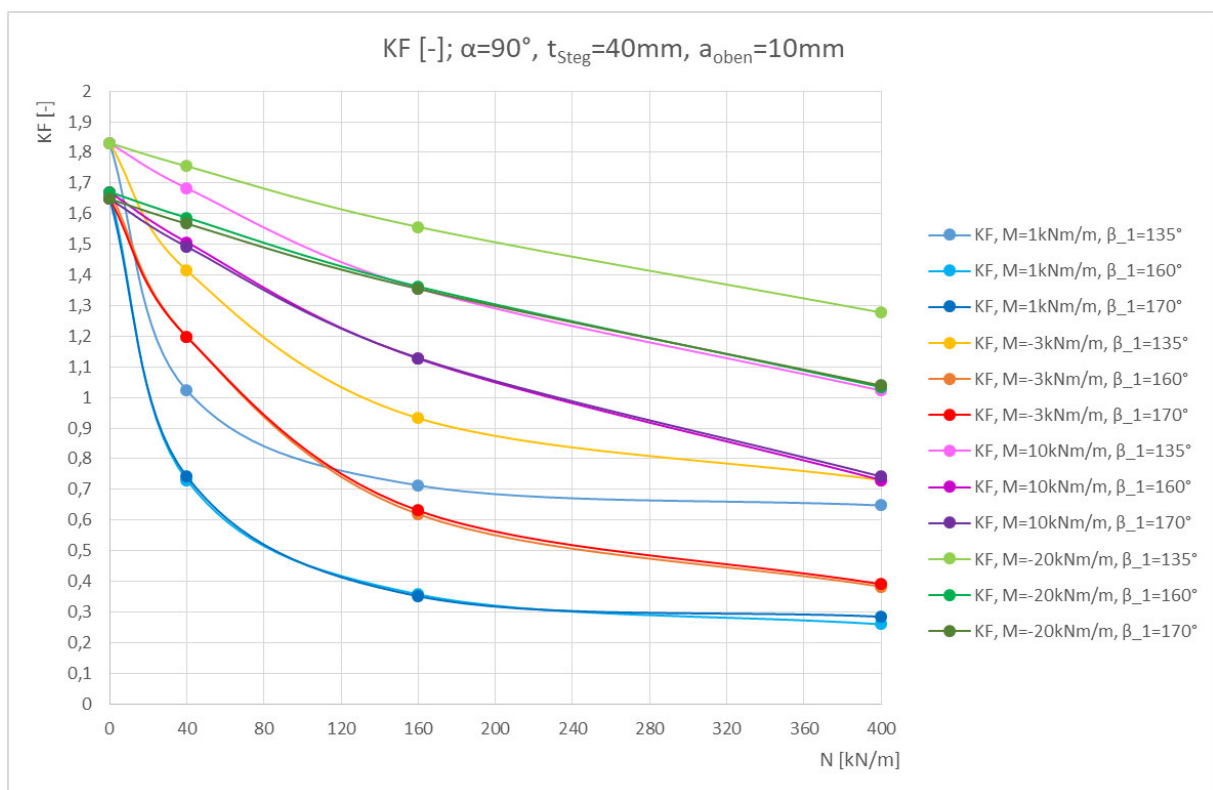
$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	253,165	-264,289	233,205	-241,127	227,611	-237,366
-160	-4	184,199	-181,728	167,820	-166,175	164,214	-167,031
-40	-1	152,055	-148,866	137,652	-143,511	134,811	-146,791
0	0	141,807	-140,460	128,033	-139,227	125,360	-142,847
40	1	131,719	-133,837	118,630	-136,664	116,304	-140,517
160	4	103,181	-124,489	92,515	-137,750	90,786	-141,415
400	10	78,296	-145,021	109,225	-169,203	113,988	-170,316

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		135		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	119,021	107,539	100,268	81,975	98,663	79,961
-160	-4	130,541	119,028	114,645	102,514	112,635	104,069
-40	-1	138,641	133,191	124,358	127,596	121,916	131,051
0	0	141,807	140,460	128,033	139,227	125,360	142,847
40	1	116,044	120,423	102,715	123,370	100,564	127,622
160	4	40,481	70,831	28,854	84,575	27,824	89,836
400	10	-78,454	10,876	-49,928	36,266	-43,417	41,369

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M$ [N/mm ²]
		0	0	141,807	139,227	142,847
40	1	138,641	127,596	131,051
160	4	130,541	114,645	112,635
400	10	119,021	100,268	98,663
$|\sigma_{\text{Nenn}}^M|$ [N/mm ²]		75,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
$\beta_1 [^\circ]$		135	160	170
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,891	1,856	1,905
40	1	1,701	1,606	1,747
160	4	1,741	1,529	1,502
400	10	1,587	1,337	1,316

**Tabelle B-83: $\sigma_{\text{Kerb}}^{N,M}, \Delta\sigma_{\text{Kerb}}^M, \Delta\sigma_{\text{Kerb,max}}^M, \text{KF}$
für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$
bei $M = -20 \text{ kNm/m}$**

Abbildung B-24: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1 Abbildung B-25: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

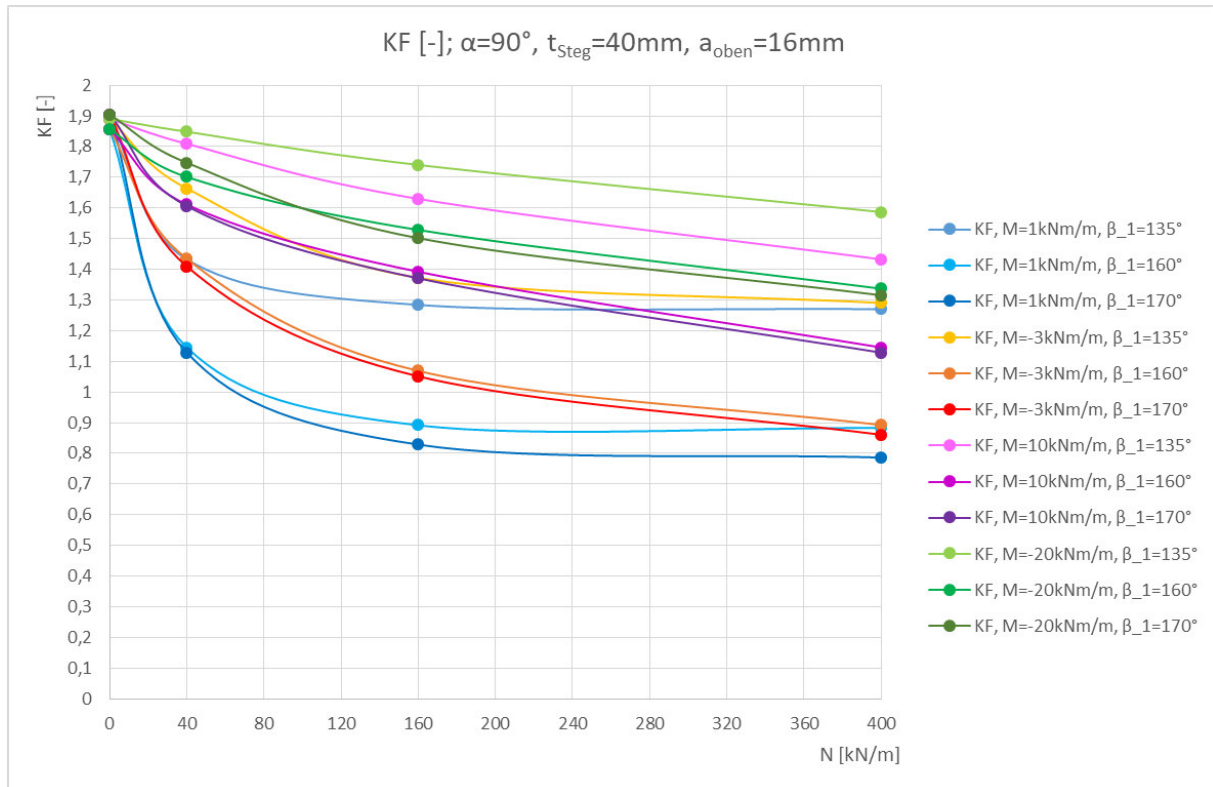


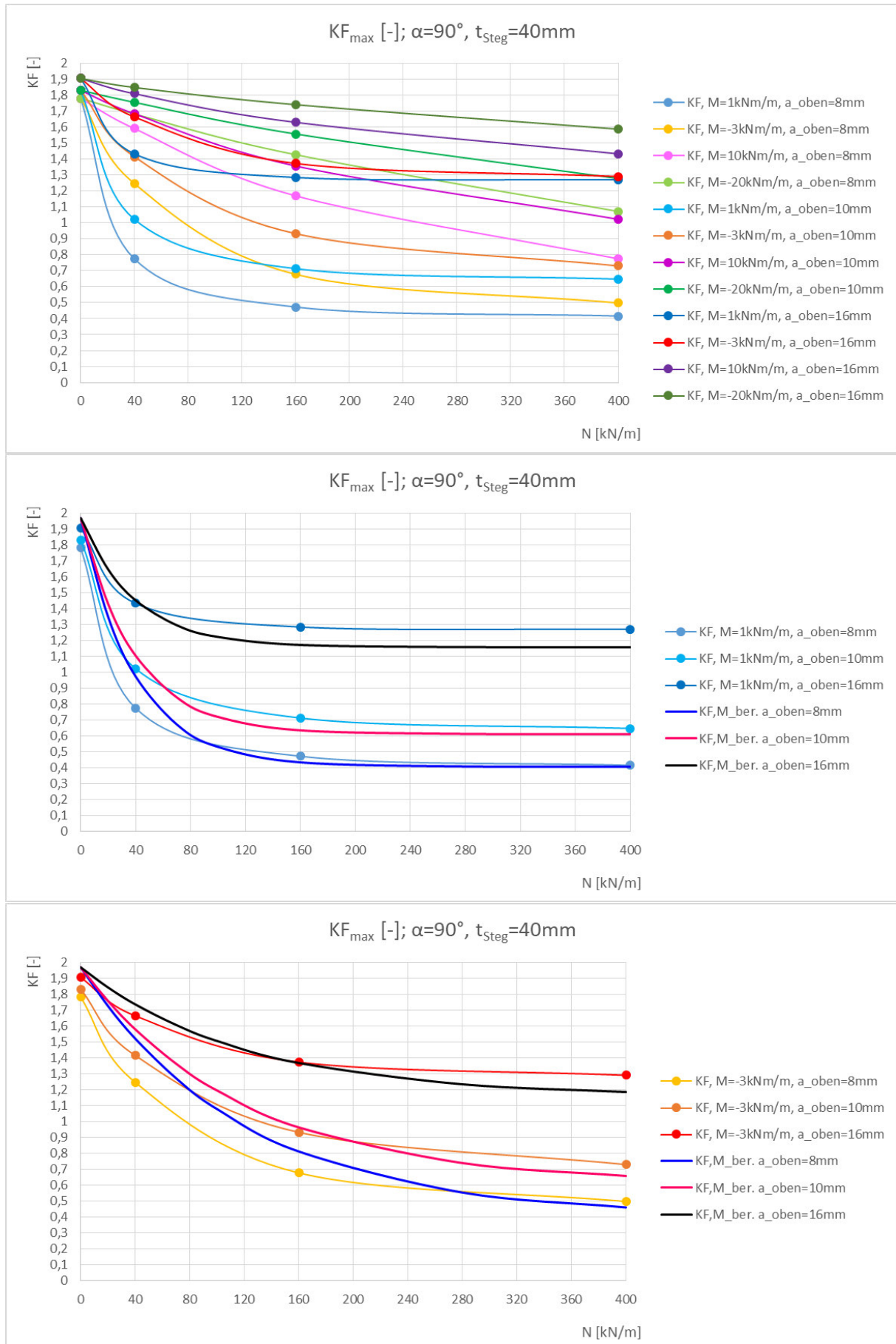
Abbildung B-26: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

$\alpha=90^\circ$, $t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,780	1,780	1,780	1,780
	40	1	0,775	1,247	1,591	1,682
	160	4	0,473	0,678	1,170	1,427
400	10	0,416	0,498	0,775	1,072	

a _{oben} =10mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,830	1,830	1,830	1,830
	40	1	1,023	1,415	1,684	1,755
	160	4	0,713	0,933	1,357	1,557
400	10	0,648	0,730	1,023	1,278	

a _{oben} =16mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,905	1,905	1,905	1,905
	40	1	1,433	1,664	1,809	1,849
	160	4	1,284	1,372	1,630	1,741
400	10	1,270	1,290	1,433	1,587	

Tabelle B-84: Zusammenfassung der Kerbfaktoren für $\alpha=90^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$, eine Abhängigkeit von β_1 ist nicht mehr vorhanden



$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	162,327	-158,121	173,716	-169,482	176,213	-173,909
-160	-4	64,713	-63,129	70,038	-68,416	71,411	-70,582
-40	-1	16,523	-15,662	18,782	-17,882	19,576	-18,918
0	0	2,983	-6,323	3,499	-5,788	4,018	-5,587
40	1	16,069	-18,685	15,827	-18,333	15,530	-18,049
160	4	63,548	-66,404	66,359	-68,986	67,188	-69,103
400	10	158,549	-164,046	167,426	-172,713	170,515	-173,733

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-0,633	-0,214	0,723	1,037	1,274	1,697
-160	-4	-0,471	-0,205	0,841	1,038	1,435	1,697
-40	-1	0,227	-0,172	1,483	1,038	2,082	1,697
0	0	2,983	6,323	3,499	5,788	4,018	5,587
40	1	0,235	2,389	-1,018	1,034	-1,691	0,555
160	4	0,214	1,220	-1,019	-0,211	-1,697	-0,873
400	10	0,214	1,086	-1,019	-0,280	-1,698	-1,207

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	6,323	5,788	5,587
40	1	2,389	1,483	2,082
160	4	1,220	1,038	1,697
400	10	1,086	1,037	1,697
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		3,75		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,686	1,543	1,490
40	1	0,637	0,395	0,555
160	4	0,325	0,277	0,453
400	10	0,290	0,277	0,453

**Tabelle B-85: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=110^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$
bei $M = 1 kNm/m$**

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	166,822	-158,977	172,539	-165,389	172,693	-167,122
-160	-4	71,112	-64,018	71,020	-64,323	70,147	-63,807
-40	-1	29,170	-16,733	27,376	-13,870	26,613	-12,211
0	0	18,968	-8,948	17,364	-10,498	16,761	-12,053
40	1	15,403	-20,014	19,958	-24,078	22,316	-26,124
160	4	62,800	-65,219	70,492	-73,080	73,975	-75,754
400	10	157,733	-161,695	171,558	-175,732	177,302	-179,375

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	3,862	0,642	-0,454	-3,056	-2,246	-5,090
-160	-4	5,928	0,684	1,823	-3,055	0,171	-5,078
-40	-1	12,874	0,900	10,077	-2,975	9,119	-5,010
0	0	18,968	8,948	17,364	10,498	16,761	12,053
40	1	-0,431	3,718	3,114	6,779	5,095	8,630
160	4	-0,534	0,035	3,114	3,883	5,090	5,778
400	10	-0,602	-1,265	3,113	2,739	5,089	4,435

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	18,968	17,364	16,761
40	1	12,874	10,077	9,119
160	4	5,928	3,883	5,778
400	10	3,862	3,113	5,089
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		11,25		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,686	1,543	1,490
40	1	1,144	0,896	0,811
160	4	0,527	0,345	0,514
400	10	0,343	0,277	0,452

**Tabelle B-86: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=110^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$
bei $M = -3 kNm/m$**

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	165,228	-156,623	187,815	-178,824	195,757	-189,179
-160	-4	75,784	-61,824	90,434	-77,757	97,504	-85,852
-40	-1	38,436	-54,818	47,066	-49,824	52,956	-48,055
0	0	29,830	-63,230	34,990	-57,880	40,180	-55,870
40	1	26,681	-72,501	25,816	-66,783	29,638	-64,625
160	4	66,118	-105,221	57,413	-98,964	52,078	-96,328
400	10	160,686	-186,848	158,270	-183,333	155,296	-180,491

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	2,268	-1,712	14,822	10,379	20,818	16,967
-160	-4	10,600	-1,510	21,237	10,379	27,528	16,967
-40	-1	22,140	38,985	29,767	32,980	35,462	30,834
0	0	29,830	63,230	34,990	57,880	40,180	55,870
40	1	10,848	56,205	8,972	49,484	12,417	47,131
160	4	2,784	40,037	-9,965	29,767	-16,807	26,352
400	10	2,351	23,888	-10,175	10,341	-16,917	5,551

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	63,230	57,880	55,870
40	1	56,205	49,484	47,131
160	4	40,037	29,767	27,528
400	10	23,888	14,822	20,818
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		37,50		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,686	1,543	1,490
40	1	1,499	1,320	1,257
160	4	1,068	0,794	0,734
400	10	0,637	0,395	0,555

**Tabelle B-87: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=110^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$
bei $M = 10 kNm/m$**

$\alpha=110^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]		$\sigma_{Kerb}^{N,M}$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	235,165	-163,549	223,224	-148,377	217,571	-138,410
-160	-4	165,145	-71,667	153,234	-49,785	148,530	-47,670
-40	-1	135,488	-54,417	124,436	-59,800	120,264	-69,039
0	0	126,453	-59,653	115,760	-69,987	111,740	-80,353
40	1	117,822	-67,413	107,507	-81,617	103,702	-92,728
160	4	94,421	-99,221	88,198	-121,473	102,935	-134,143
400	10	155,118	-179,905	189,203	-212,149	206,146	-226,656

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		145		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	72,205	5,214	50,231	-20,068	42,632	-33,802
-160	-4	99,961	8,333	84,037	-17,593	78,554	-21,215
-40	-1	119,192	38,584	107,137	42,956	102,770	51,818
0	0	126,453	59,653	115,760	69,987	111,740	80,353
40	1	101,989	51,117	90,663	64,318	86,481	75,234
160	4	31,087	34,037	20,820	52,276	34,050	64,167
400	10	-3,217	16,945	20,758	39,157	33,934	51,716

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	126,453	115,760	111,740
40	1	119,192	107,137	102,770
160	4	99,961	84,037	78,554
400	10	72,205	50,231	51,716
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		75,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,686	1,543	1,490
40	1	1,589	1,428	1,370
160	4	1,333	1,120	1,047
400	10	0,963	0,670	0,690

**Tabelle B-88: $\sigma_{Kerb}^{N,M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=110^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$
bei $M = -20 kNm/m$**

α=110°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	145,141	-142,780	154,774	-152,806	156,867	-156,819
-160	-4	57,499	-56,230	62,047	-60,938	63,265	-62,974
-40	-1	14,502	-12,999	16,555	-15,068	17,315	-16,077
0	0	4,019	-6,595	4,185	-5,996	4,556	-5,768
40	1	16,066	-18,101	15,662	-17,650	15,324	-17,299
160	4	59,281	-60,861	61,553	-62,699	62,208	-62,700
400	10	145,849	-148,548	153,421	-155,306	156,057	-156,297

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-1,504	-1,500	-0,137	-0,308	0,470	0,381
-160	-4	-1,159	-1,482	0,083	-0,308	0,706	0,399
-40	-1	-0,163	-1,429	1,064	-0,243	1,675	0,433
0	0	4,019	6,595	4,185	5,996	4,556	5,768
40	1	1,638	3,437	0,351	2,159	-0,320	1,659
160	4	1,569	2,203	0,307	0,735	-0,367	0,141
400	10	1,569	1,903	0,306	0,396	-0,381	-0,100

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	6,595	5,996	5,768
40	1	3,437	2,159	1,675
160	4	2,203	0,735	0,706
400	10	1,903	0,396	0,470
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		3,75		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,759	1,599	1,538
40	1	0,916	0,576	0,447
160	4	0,587	0,196	0,188
400	10	0,507	0,106	0,125

Tabelle B-89: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
für α=110°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=10mm
bei M = 1 kNm/m

α=110°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	153,563	-148,992	157,346	-154,035	157,114	-155,352
-160	-4	67,859	-62,536	67,148	-62,212	66,120	-61,588
-40	-1	29,738	-20,028	27,758	-16,985	26,858	-15,464
0	0	19,784	-12,056	17,987	-12,556	17,303	-13,667
40	1	12,066	-18,910	14,819	-22,395	17,087	-24,229
160	4	53,367	-57,264	60,486	-64,285	63,841	-66,802
400	10	139,841	-143,367	152,201	-155,495	157,644	-158,793

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	6,918	4,712	2,435	0,921	0,717	-1,086
-160	-4	9,201	4,824	5,184	0,966	3,561	-0,987
-40	-1	15,074	5,600	12,267	1,674	11,218	-0,180
0	0	19,784	12,056	17,987	12,556	17,303	13,667
40	1	-2,362	4,246	-0,493	6,904	1,443	8,589
160	4	-4,345	-1,394	-0,760	2,321	1,266	4,243
400	10	-4,439	-3,278	-0,914	0,585	1,207	2,396

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	19,784	17,987	17,303
40	1	15,074	12,267	11,218
160	4	9,201	5,184	4,243
400	10	6,918	2,435	2,396
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		11,25		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,759	1,599	1,538
40	1	1,340	1,090	0,997
160	4	0,818	0,461	0,377
400	10	0,615	0,216	0,213

Tabelle B-90: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
für α=110°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=10mm
bei M = -3 kNm/m

α=110°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	145,019	-129,986	165,553	-150,683	173,151	-160,765
-160	-4	70,065	-44,542	82,868	-59,417	89,253	-67,290
-40	-1	43,835	-57,384	49,541	-51,879	54,324	-49,707
0	0	40,190	-65,950	41,850	-59,960	45,560	-57,680
40	1	41,903	-75,151	37,833	-68,900	39,649	-66,425
160	4	75,707	-106,694	66,135	-99,779	61,073	-96,769
400	10	160,655	-181,014	156,618	-176,502	153,239	-172,992

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-1,626	-14,294	10,642	-2,431	16,754	4,327
-160	-4	11,407	-13,170	20,904	-1,829	26,694	4,715
-40	-1	29,171	42,956	34,050	36,568	38,684	34,063
0	0	40,190	65,950	41,850	59,960	45,560	57,680
40	1	27,475	60,487	22,522	53,409	24,005	50,785
160	4	17,995	48,036	4,889	37,815	-1,502	34,210
400	10	16,375	34,369	3,503	21,592	-3,199	16,595

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	65,950	59,960	57,680
40	1	60,487	53,409	50,785
160	4	48,036	37,815	34,210
400	10	34,369	21,592	16,754
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		37,50		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,759	1,599	1,538
40	1	1,613	1,424	1,354
160	4	1,281	1,008	0,912
400	10	0,917	0,576	0,447

Tabelle B-91: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
für α=110°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=10mm
bei M = 10 kNm/m

α=110°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =10mm							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	236,423	-178,976	222,822	-161,712	216,340	-152,020
-160	-4	170,021	-100,462	156,981	-81,543	151,468	-77,888
-40	-1	140,998	-80,465	128,677	-78,441	123,724	-84,304
0	0	131,893	-80,373	119,913	-83,707	115,353	-91,113
40	1	123,121	-82,972	111,613	-90,703	107,227	-99,296
160	4	99,069	-101,482	88,998	-118,847	85,201	-129,798
400	10	117,227	-162,663	149,062	-191,672	165,580	-204,809

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	89,778	34,696	67,911	8,598	59,943	-4,418
-160	-4	111,363	42,750	95,017	20,297	88,909	15,313
-40	-1	126,334	66,037	113,186	63,130	108,084	68,660
0	0	131,893	80,373	119,913	83,707	115,353	91,113
40	1	108,693	68,308	96,302	75,212	91,583	83,656
160	4	41,357	42,824	27,752	56,883	22,626	67,239
400	10	-27,053	16,018	-4,053	36,762	9,143	48,412

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	131,893	119,913	115,353
40	1	126,334	113,186	108,084
160	4	111,363	95,017	88,909
400	10	89,778	67,911	59,943
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		75,00		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,759	1,599	1,538
40	1	1,684	1,509	1,441
160	4	1,485	1,267	1,185
400	10	1,197	0,905	0,799

Tabelle B-92: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
für α=110°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=10mm
bei M = -20 kNm/m

α=110°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =16mm							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	116,703	-122,778	122,408	-129,083	123,573	-131,994
-160	-4	44,888	-46,633	48,039	-49,878	48,891	-51,420
-40	-1	10,661	-8,839	12,385	-10,464	13,065	-11,314
0	0	6,206	-6,939	5,917	-6,334	5,983	-6,055
40	1	17,232	-17,247	16,546	-16,565	16,174	-16,138
160	4	55,111	-52,450	55,944	-52,736	56,163	-52,335
400	10	131,255	-124,357	135,081	-127,123	136,704	-127,062

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-3,699	-4,192	-2,138	-2,980	-1,495	-2,296
-160	-4	-3,273	-4,155	-1,779	-2,947	-1,136	-2,296
-40	-1	-1,379	-3,858	-0,070	-2,742	0,558	-2,115
0	0	6,206	6,939	5,917	6,334	5,983	6,055
40	1	4,535	5,207	3,340	4,111	2,745	3,631
160	4	4,323	4,289	3,119	2,918	2,447	2,308
400	10	4,285	3,955	3,018	2,578	2,414	1,995

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
		145	160	170
0	0	6,939	6,334	6,055
40	1	5,207	4,111	3,631
160	4	4,323	3,119	2,447
400	10	4,285	3,018	2,414
|σ _{Nenn} ^M| [N/mm ²]		3,75		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		145	160	170
0	0	1,850	1,689	1,615
40	1	1,388	1,096	0,968
160	4	1,153	0,832	0,653
400	10	1,143	0,805	0,644

Tabelle B-93: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=110°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=16mm
 bei M = 1 kNm/m

α=110°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =16mm							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	133,510	-139,951	133,704	-141,504	132,323	-141,701
-160	-4	63,022	-64,154	61,198	-62,602	59,769	-61,686
-40	-1	30,309	-27,676	28,241	-25,004	27,156	-23,851
0	0	20,816	-18,617	19,002	-17,750	18,166	-17,948
40	1	12,681	-17,497	11,434	-19,823	10,884	-21,184
160	4	38,914	-42,163	44,389	-48,054	47,167	-50,178
400	10	114,596	-110,987	123,256	-119,515	127,401	-122,047

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	13,108	12,981	9,158	9,441	7,255	7,411
-160	-4	14,861	13,366	11,380	9,777	9,742	7,970
-40	-1	18,269	14,979	15,786	11,798	14,649	10,422
0	0	20,816	18,617	19,002	17,750	18,166	17,948
40	1	-0,016	5,457	-1,772	7,369	-2,545	8,677
160	4	-11,874	-5,998	-8,436	-1,764	-6,549	0,151
400	10	-12,374	-9,416	-8,807	-5,030	-6,889	-3,021

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
		145	160	170
0	0	20,816	19,002	18,166
40	1	18,269	15,786	14,649
160	4	14,861	11,380	9,742
400	10	13,108	9,441	7,411
|σ _{Nenn} ^M| [N/mm ²]		11,25		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		145	160	170
0	0	1,850	1,689	1,615
40	1	1,624	1,403	1,302
160	4	1,321	1,012	0,866
400	10	1,165	0,839	0,659

Tabelle B-94: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=110°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=16mm
 bei M = -3 kNm/m

α=110°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =16mm							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	106,614	-88,387	123,852	-104,642	130,649	-113,136
-160	-4	60,791	-37,599	70,141	-33,851	75,109	-35,812
-40	-1	57,682	-60,607	58,286	-55,046	60,500	-52,615
0	0	62,060	-69,390	59,170	-63,340	59,830	-60,550
40	1	69,158	-78,503	63,165	-72,106	62,126	-69,057
160	4	99,763	-107,791	90,885	-100,718	86,601	-97,011
400	10	172,318	-172,471	165,460	-165,653	161,739	-161,375

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-13,788	-38,583	-0,694	-27,421	5,581	-21,154
-160	-4	12,630	-13,189	20,323	-18,974	25,082	-17,904
-40	-1	45,642	47,910	45,831	41,840	47,993	39,186
0	0	62,060	69,390	59,170	63,340	59,830	60,550
40	1	56,461	66,463	49,959	59,652	48,697	56,550
160	4	48,975	59,630	38,060	50,900	32,885	46,984
400	10	45,348	52,069	33,398	41,108	27,449	36,308

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
		145	160	170
0	0	69,390	63,340	60,550
40	1	66,463	59,652	56,550
160	4	59,630	50,900	46,984
400	10	52,069	41,108	36,308
|σ _{Nenn} ^M| [N/mm ²]		37,50		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		145	160	170
0	0	1,850	1,689	1,615
40	1	1,772	1,591	1,508
160	4	1,590	1,357	1,253
400	10	1,388	1,096	0,968

Tabelle B-95: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=110°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=16mm
 bei M = 10 kNm/m

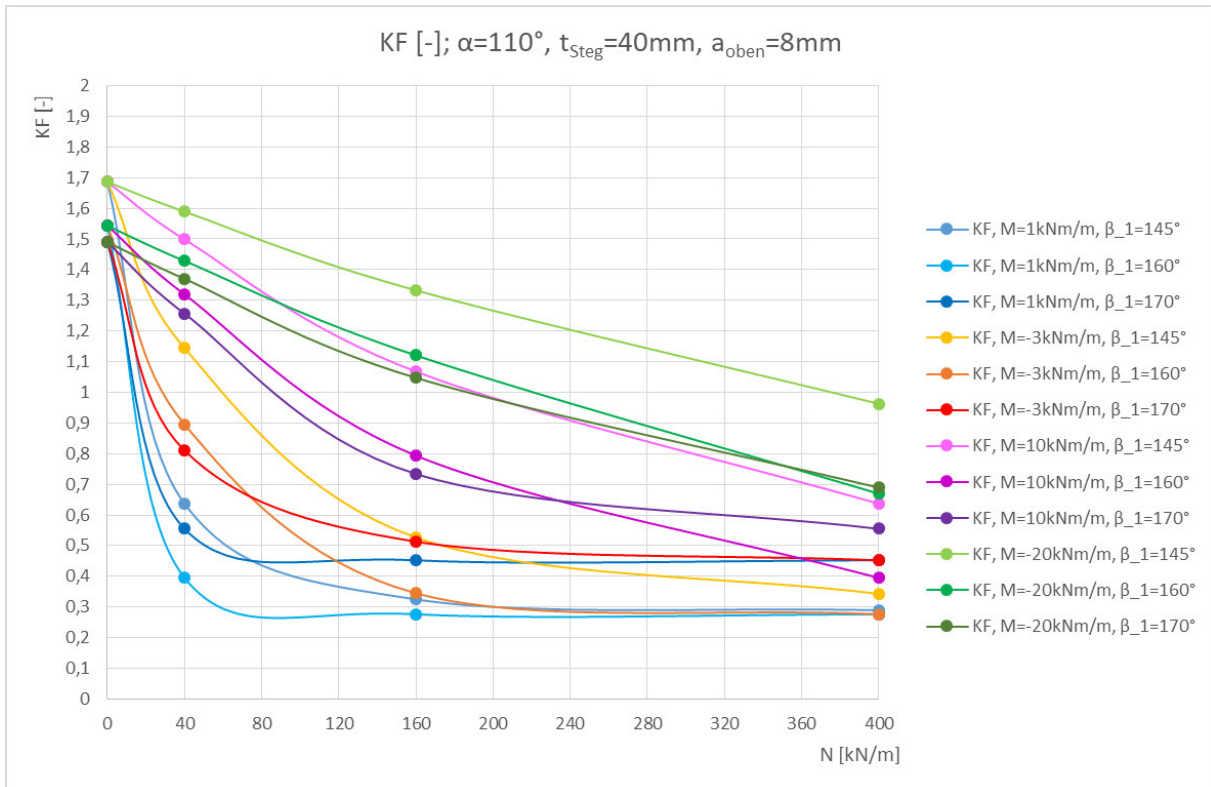
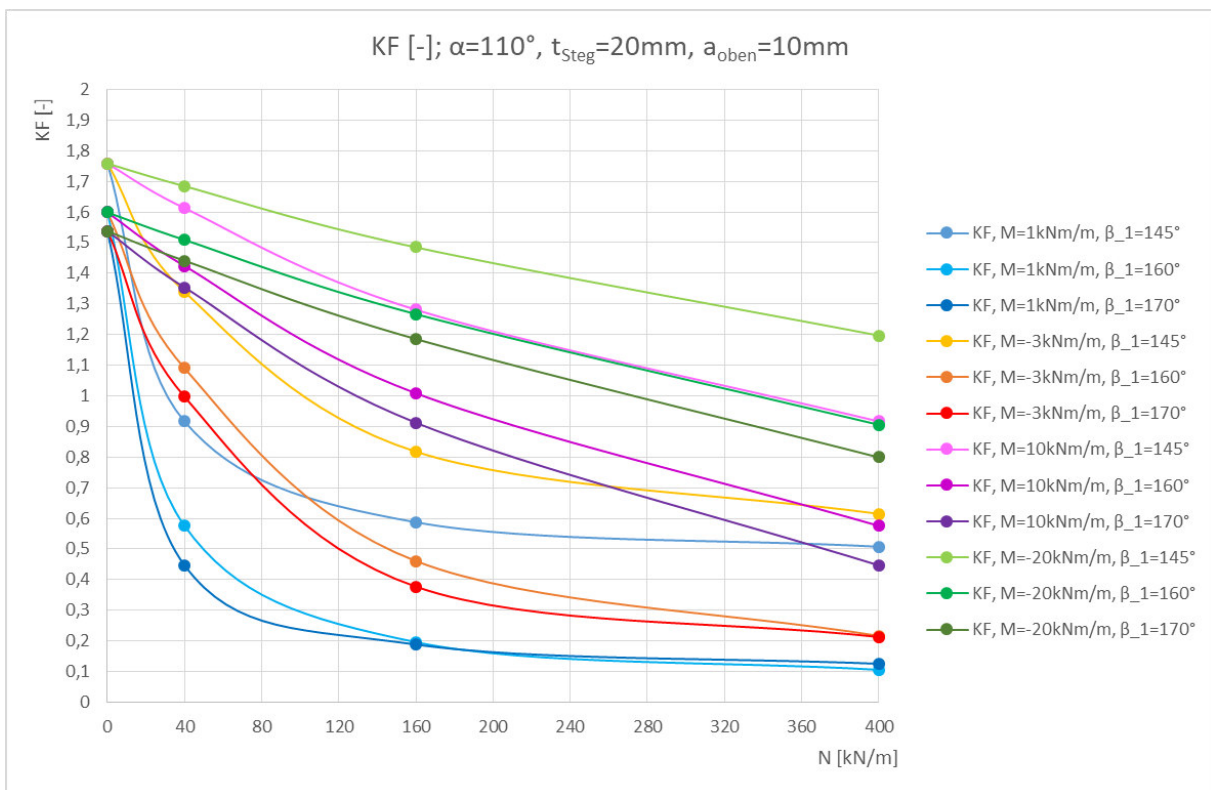
α=110°, t _{Steg} =20mm, a _{oben} =16mm							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	236,331	-222,769	222,044	-205,131	214,210	-196,236
-160	-4	176,035	-156,499	162,505	-140,723	156,067	-135,457
-40	-1	147,817	-130,630	135,175	-121,475	129,458	-121,202
0	0	138,773	-124,113	126,680	-118,333	121,107	-119,653
40	1	129,771	-119,046	118,292	-116,702	113,036	-119,696
160	4	104,801	-112,494	94,831	-120,423	90,419	-127,293
400	10	62,290	-131,912	82,732	-154,490	96,479	-165,346

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		145		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	115,929	95,799	97,498	73,068	89,142	61,946
-160	-4	127,874	105,711	112,687	87,898	106,040	81,741
-40	-1	135,777	117,933	122,720	108,269	116,951	107,773
0	0	138,773	124,113	126,680	118,333	121,107	119,653
40	1	117,074	107,006	105,086	104,248	99,607	107,189
160	4	54,013	64,333	42,006	70,605	36,703	77,266
400	10	-64,680	11,510	-49,331	29,945	-37,811	40,279

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
		145	160	170
0	0	138,773	126,680	121,107
40	1	135,777	122,720	116,951
160	4	127,874	112,687	106,040
400	10	115,929	97,498	89,142
|σ _{Nenn} ^M| [N/mm ²]		75,00		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		145	160	170
0	0	1,850	1,689	1,615
40	1	1,810	1,636	1,559
160	4	1,705	1,502	1,414
400	10	1,546	1,300	1,189

Tabelle B-96: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=110°, t_{Steg}=20mm, a_{oben}=16mm
 bei M = -20 kNm/m

Abbildung B-28: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1 Abbildung B-29: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

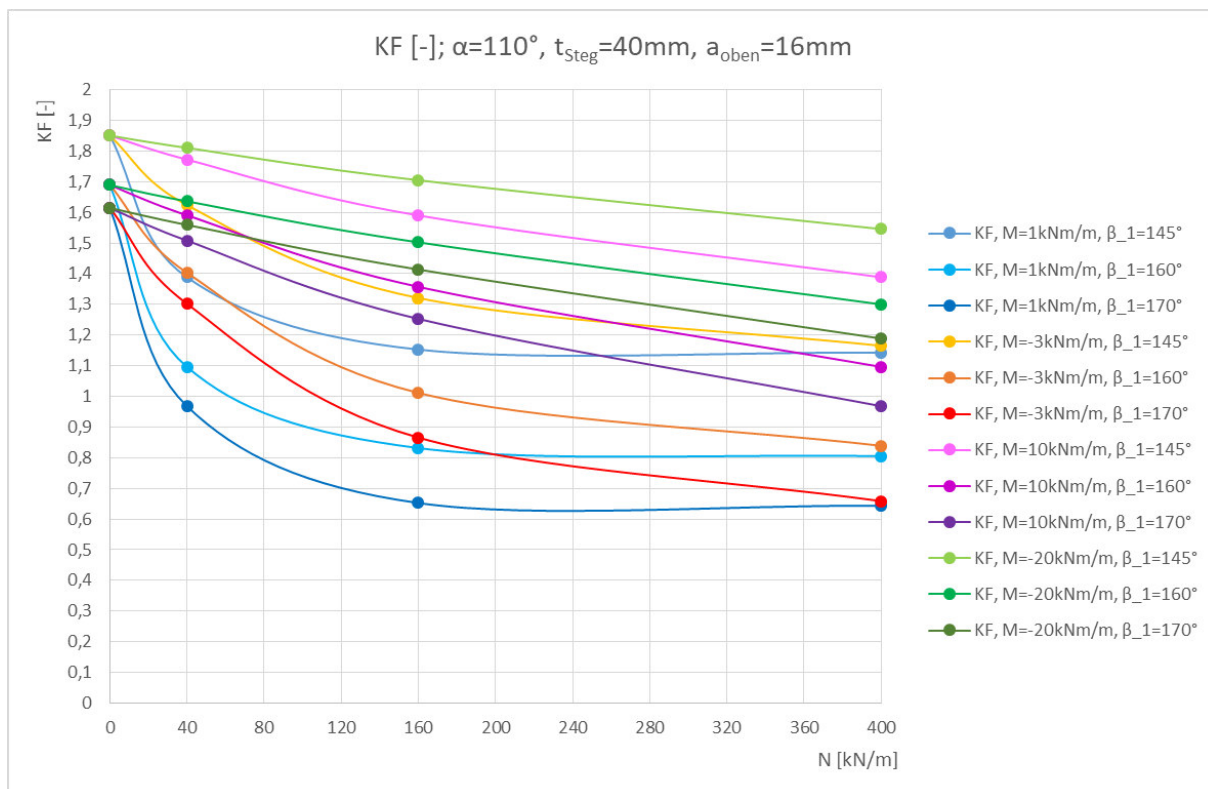


Abbildung B-30: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

$\alpha=110^\circ$, $t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,686	1,686	1,686	1,686
40	1	0,637	1,144	1,499	1,589	
160	4	0,453	0,527	1,068	1,333	
400	10	0,453	0,452	0,637	0,963	

a _{oben} =10mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,759	1,759	1,759	1,759
40	1	0,916	1,340	1,613	1,684	
160	4	0,587	0,818	1,281	1,485	
400	10	0,507	0,615	0,917	1,197	

a _{oben} =16mm	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,850	1,850	1,850	1,850
40	1	1,388	1,624	1,772	1,810	
160	4	1,153	1,321	1,590	1,705	
400	10	1,143	1,165	1,388	1,546	

Tabelle B-97: Zusammenfassung der Kerbfaktoren für $\alpha=110^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$, eine Abhängigkeit von β_1 ist nicht mehr vorhanden

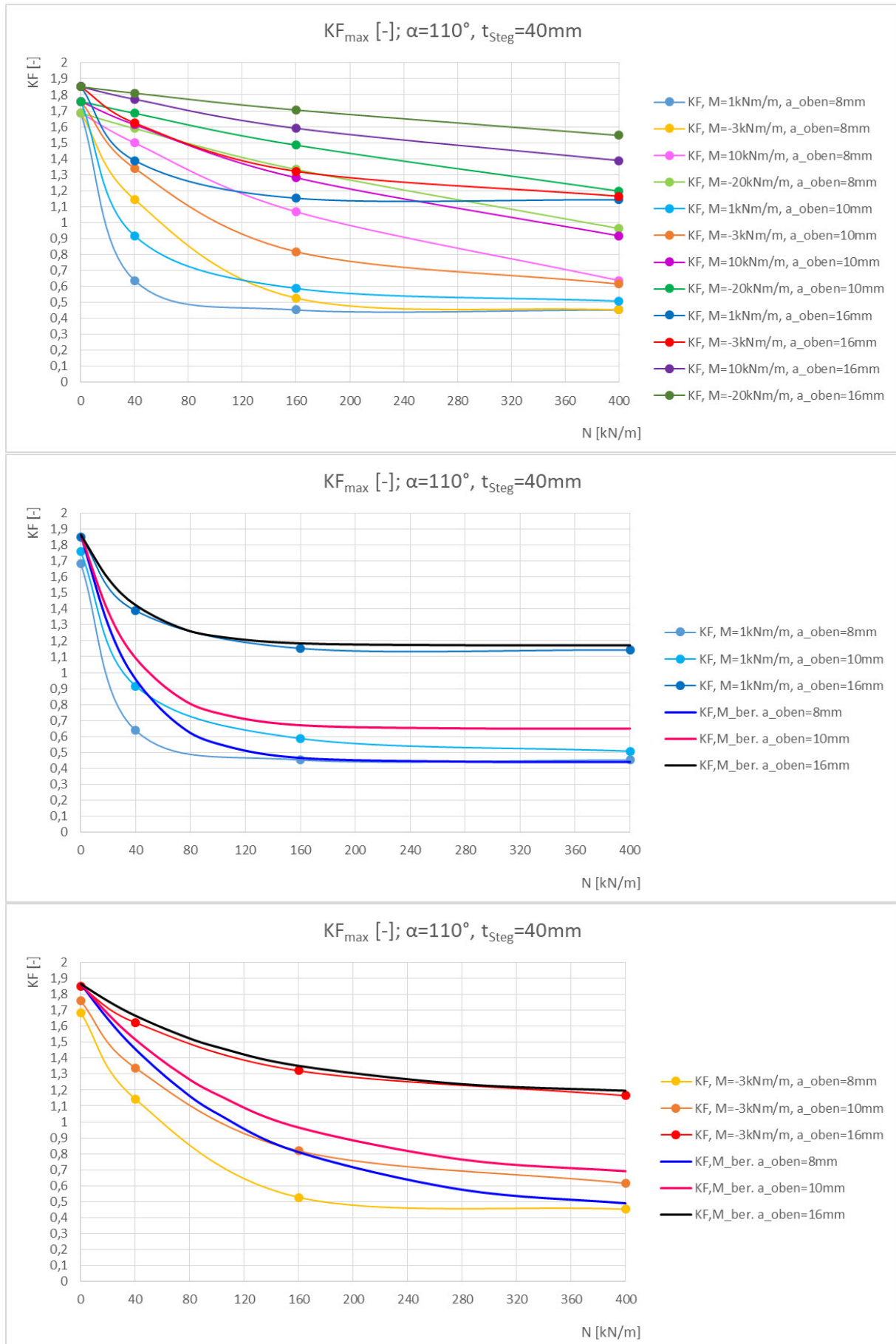


Abbildung B-31: o: KF für $\alpha=110^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$; m: $KF_{\text{ber.}}$ für $M=1\text{kNm/m}$; u: $KF_{\text{ber.}}$ für $M=3\text{kNm/m}$

$\alpha=130^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	138,013	-108,303	143,660	-113,465	154,071	-122,348
-160	-4	55,608	-43,305	58,255	-45,796	63,037	-49,883
-40	-1	14,855	-10,953	16,010	-11,962	17,907	-13,651
0	0	2,783	-5,997	3,203	-5,690	3,785	-5,234
40	1	10,646	-15,382	10,595	-15,150	10,504	-14,865
160	4	43,010	-55,242	44,429	-56,506	46,737	-58,981
400	10	107,738	-137,602	112,098	-141,706	119,202	-150,120

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	0,338	0,142	1,099	0,683	2,172	1,573
-160	-4	0,538	0,153	1,231	0,683	2,277	1,573
-40	-1	1,088	0,165	1,754	0,684	2,717	1,574
0	0	2,783	5,997	3,203	5,690	3,785	5,234
40	1	-0,142	1,615	-0,683	0,894	-1,574	-0,325
160	4	-0,142	0,172	-0,684	-0,518	-1,573	-1,779
400	10	-0,142	-0,073	-0,685	-0,854	-1,573	-1,780

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	5,997	5,690	5,234
40	1	1,615	1,754	2,717
160	4	0,538	1,231	2,277
400	10	0,338	1,099	2,172
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		3,75		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,599	1,517	1,396
40	1	0,431	0,468	0,725
160	4	0,143	0,328	0,607
400	10	0,090	0,293	0,579

**Tabelle B-98: $\sigma_{Kerb}^{N-M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=130^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$
bei $M = 1 kNm/m$**

$\alpha=130^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	138,492	-107,453	141,179	-110,731	146,781	-116,055
-160	-4	58,406	-42,725	58,081	-43,062	58,093	-43,591
-40	-1	25,527	-10,399	24,492	-9,261	22,952	-7,358
0	0	17,990	-8,349	17,069	-9,610	15,703	-11,356
40	1	12,344	-19,128	13,347	-21,343	16,797	-24,742
160	4	43,642	-57,874	47,163	-61,901	53,029	-68,552
400	10	108,347	-139,439	114,832	-146,449	125,494	-158,856

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	0,817	-0,428	1,382	-2,051	-5,118	-4,720
-160	-4	3,336	-0,427	1,057	-2,051	-2,667	-4,719
-40	-1	11,760	-0,389	10,236	-2,017	7,762	-4,720
0	0	17,990	8,349	17,069	9,610	15,703	11,356
40	1	1,556	5,361	2,069	7,087	4,720	9,552
160	4	0,490	2,804	2,050	4,877	4,719	7,792
400	10	0,467	1,764	2,049	3,889	4,719	6,956

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	17,990	17,069	15,703
40	1	11,760	10,236	9,552
160	4	3,336	4,877	7,792
400	10	1,764	3,889	6,956
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		11,25		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,599	1,517	1,396
40	1	0,045	0,910	0,849
160	4	0,297	0,434	0,693
400	10	0,157	0,346	0,618

**Tabelle B-99: $\sigma_{Kerb}^{N-M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=130^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$
bei $M = -3 kNm/m$**

$\alpha=130^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	148,553	-109,526	160,095	-119,617	179,068	-136,506
-160	-4	71,767	-44,822	79,667	-52,001	91,850	-64,041
-40	-1	37,491	-53,730	42,852	-50,769	50,641	-46,528
0	0	27,830	-59,970	32,030	-56,900	37,850	-52,340
40	1	20,439	-66,809	22,835	-63,626	26,085	-58,752
160	4	41,770	-90,890	38,335	-87,449	32,579	-82,332
400	10	106,457	-153,817	105,946	-151,496	105,043	-148,651

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	10,878	1,645	17,534	6,835	27,169	15,731
-160	-4	16,697	1,670	22,643	6,888	31,090	15,731
-40	-1	23,724	42,942	28,596	39,491	35,451	34,451
0	0	27,830	59,970	32,030	56,900	37,850	52,340
40	1	9,651	53,042	11,557	49,370	14,008	43,562
160	4	-1,382	35,820	-6,778	30,425	-15,731	21,572
400	10	-1,423	16,142	-6,837	8,936	-15,732	-3,249

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	59,970	56,900	52,340
40	1	53,042	49,370	43,562
160	4	35,820	30,425	31,090
400	10	16,142	17,534	27,169
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		37,50		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,599	1,517	1,396
40	1	1,414	1,317	1,162
160	4	0,955	0,811	0,829
400	10	0,430	0,468	0,725

**Tabelle B-100: $\sigma_{Kerb}^{N-M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=130^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$
bei $M = 10 kNm/m$**

$\alpha=130^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]		σ_{Kerb}^{N-M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	200,199	-105,033	193,342	-99,155	183,223	-89,312
-160	-4	148,487	-41,640	141,819	-35,057	131,726	-32,602
-40	-1	126,601	-47,455	120,359	-54,318	110,969	-63,685
0	0	119,933	-55,660	113,793	-64,067	104,687	-75,707
40	1	113,458	-64,901	107,557	-74,623	98,681	-88,361
160	4	95,999	-96,492	90,537	-109,252	82,664	-128,032
400	10	111,212	-168,284	126,533	-185,292	152,238	-212,093

$\beta_1 [^\circ]$							
$\beta_1 [^\circ]$		155		160		170	
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb}^M$ [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	62,524	-2,848	50,781	-13,627	31,324	-31,463
-160	-4	93,417	-1,512	84,795	-10,056	70,966	-15,708
-40	-1	112,834	36,667	106,103	43,040	95,779	51,608
0	0	119,933	55,660	113,793	64,067	104,687	75,707
40	1	102,670	51,134	96,279	60,367	86,604	73,171
160	4	52,847	41,422	45,424	52,228	34,354	67,272
400	10	3,332	30,609	13,751	42,732	31,463	60,193

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]		$\Delta\sigma_{Kerb,max}^M$ [N/mm ²]
		positiv	negativ	positiv
0	0	119,933	113,793	104,687
40	1	112,834	106,103	95,779
160	4	93,417	84,795	70,966
400	10	62,524	50,781	60,193
$|\sigma_{Nenn}^M|$ [N/mm ²]		75,00		

$\beta_1 [^\circ]$				
N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,599	1,517	1,396
40	1	1,504	1,415	1,277
160	4	1,246	1,131	0,946
400	10	0,834	0,677	0,803

**Tabelle B-101: $\sigma_{Kerb}^{N-M}, \Delta\sigma_{Kerb}^M, \Delta\sigma_{Kerb,max}^M, KF$
für $\alpha=130^\circ, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=8mm$
bei $M = -20 kNm/m$**

α=130°, t _{steg} =40mm, a _{oben} =10mm									
β ₁ [°]		155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]			
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ		
-400	-10	123,365	-97,467	128,135	-102,168	137,036	-109,836		
-160	-4	49,277	-38,302	51,598	-40,469	55,818	-44,079		
-40	-1	13,076	-8,743	14,115	-9,665	15,842	-11,202		
0	0	3,647	-6,325	3,880	-6,003	4,194	-5,514		
40	1	11,125	-15,326	11,019	-15,028	10,779	-14,639		
160	4	40,601	-50,979	41,801	-51,728	43,641	-53,613		
400	10	99,752	-125,101	103,495	-128,204	109,396	-134,759		

M=1 [kNm/m]									
β ₁ [°]		155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]			
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ		
-400	-10	-0,596	-1,143	0,117	-0,663	1,258	0,241		
-160	-4	-0,307	-1,142	0,391	-0,663	1,507	0,241		
-40	-1	0,680	-1,118	1,313	-0,618	2,264	0,243		
0	0	3,647	6,325	3,880	6,003	4,194	5,514		
40	1	1,264	2,930	0,736	2,226	-0,181	1,061		
160	4	1,157	1,395	0,668	0,521	-0,197	-0,698		
400	10	1,142	1,141	0,662	0,186	-0,199	-1,019		

M=1 [kNm/m]				
β ₁ [°]		155	160	170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
0	0	6,325	6,003	5,514
40	1	2,930	2,226	2,264
160	4	1,395	0,668	1,507
400	10	1,142	0,186	1,258
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		3,75		

M=1 [kNm/m]				
β ₁ [°]		155	160	170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,687	1,601	1,470
40	1	0,781	0,594	0,604
160	4	0,372	0,178	0,402
400	10	0,305	0,177	0,335

Tabelle B-102: σ_{Kerb}^{N-M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{steg}=40mm, a_{oben}=10mm
 bei M = 1 kNm/m

α=130°, t _{steg} =40mm, a _{oben} =10mm									
β ₁ [°]		155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]			
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ		
-400	-10	128,486	-102,125	129,972	-104,861	134,022	-109,004		
-160	-4	56,919	-43,191	56,315	-43,294	55,757	-43,281		
-40	-1	26,616	-14,278	25,547	-13,167	23,888	-10,921		
0	0	18,976	-10,942	18,011	-11,640	16,542	-12,582		
40	1	12,965	-18,107	12,203	-19,989	11,799	-22,864		
160	4	36,026	-50,743	39,242	-54,394	44,561	-60,464		
400	10	95,183	-123,244	100,841	-129,411	110,318	-140,570		

M=-3 [kNm/m]									
β ₁ [°]		155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]			
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ		
-400	-10	4,525	3,515	1,954	2,030	-1,756	-0,591		
-160	-4	7,335	3,747	5,108	2,162	1,446	-0,557		
-40	-1	14,220	4,417	12,745	2,884	10,310	-0,039		
0	0	18,976	10,942	18,011	11,640	16,542	12,582		
40	1	3,104	5,711	1,920	7,187	0,839	9,286		
160	4	-3,418	1,159	-1,891	3,187	0,723	6,153		
400	10	-3,427	-0,716	-1,992	1,393	0,723	4,792		

M=-3 [kNm/m]				
β ₁ [°]		155	160	170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
0	0	18,976	18,011	16,542
40	1	14,220	12,745	10,310
160	4	7,335	5,108	6,153
400	10	4,525	2,030	4,792
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		11,25		

M=-3 [kNm/m]				
β ₁ [°]		155	160	170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,687	1,601	1,470
40	1	1,264	1,133	0,916
160	4	0,652	0,454	0,547
400	10	0,402	0,180	0,426

Tabelle B-103: σ_{Kerb}^{N-M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{steg}=40mm, a_{oben}=10mm
 bei M = -3 kNm/m

α=130°, t _{steg} =40mm, a _{oben} =10mm									
β ₁ [°]		155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]			
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ		
-400	-10	130,762	-87,435	141,154	-96,652	158,418	-112,023		
-160	-4	66,589	-39,852	73,391	-37,505	83,914	-46,804		
-40	-1	41,755	-56,694	45,626	-53,643	51,146	-49,033		
0	0	36,470	-63,250	38,800	-60,030	41,940	-55,140		
40	1	34,366	-70,368	34,487	-66,900	34,432	-61,783		
160	4	53,573	-94,467	50,028	-90,838	43,033	-85,279		
400	10	111,253	-153,262	110,191	-150,281	107,787	-146,388		

M=10 [kNm/m]									
β ₁ [°]		155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]			
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ		
-400	-10	6,801	-11,175	13,136	-6,179	22,640	2,428		
-160	-4	17,005	0,408	22,184	-3,627	29,603	2,742		
-40	-1	29,359	46,833	32,824	43,360	37,568	38,074		
0	0	36,470	63,250	38,800	60,030	41,940	55,140		
40	1	24,505	57,972	24,204	54,098	23,473	48,205		
160	4	14,129	44,883	8,895	39,631	-0,805	30,968		
400	10	12,643	29,302	7,358	22,264	-1,808	10,611		

M=10 [kNm/m]				
β ₁ [°]		155	160	170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
0	0	63,250	60,030	55,140
40	1	57,972	54,098	48,205
160	4	44,883	39,631	30,968
400	10	29,302	22,264	22,640
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		37,50		

M=10 [kNm/m]				
β ₁ [°]		155	160	170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,687	1,601	1,470
40	1	1,546	1,443	1,285
160	4	1,197	1,057	0,826
400	10	0,781	0,594	0,604

Tabelle B-104: σ_{Kerb}^{N-M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{steg}=40mm, a_{oben}=10mm
 bei M = 10 kNm/m

α=130°, t _{steg} =40mm, a _{oben} =10mm									
β ₁ [°]		155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N-M} [N/mm ²]			
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ		
-400	-10	206,614	-125,936	199,469	-119,458	188,331	-107,065		
-160	-4	155,881	-74,761	148,779	-69,409	138,036	-60,304		
-40	-1	133,531	-69,809	126,850	-72,501	116,745	-75,861		
0	0	126,507	-72,947	120,073	-77,600	110,280	-83,880		
40	1	119,831	-77,661	113,528	-83,966	104,061	-92,736		
160	4	101,199	-97,871	95,500	-107,957	87,014	-122,818		
400	10	77,377	-152,860	91,330	-167,867	114,908	-191,736		

M=-20 [kNm/m]									
β ₁ [°]		155		160		170			
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]			
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ		
-400	-10	82,653	27,326	71,451	16,627	52,553	-2,530		
-160	-4	106,297	35,317	97,572	28,277	83,725	16,466		
-40	-1	121,135	59,948	114,048	62,218	103,167	64,902		
0	0	126,507	72,947	120,073	77,600	110,280	83,880		
40	1	109,970	65,265	103,245	71,164	93,102	79,158		
160	4	61,755	48,287	54,367	56,750	43,176	68,507		
400	10	-21,233	28,900	-11,503	39,850	5,313	55,959		

M=-20 [kNm/m]				
β ₁ [°]		155	160	170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
0	0	126,507	120,073	110,280
40	1	121,135	114,048	103,167
160	4	106,297	97,572	83,725
400	10	82,653	71,451	55,959
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		75,00		

M=-20 [kNm/m]				
β ₁ [°]		155	160	170
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		0	0	1,687	1,601	1,470
40	1	1,615	1,521	1,376
160	4	1,417	1,301	1,116
400	10	1,102	0,953	0,746

Tabelle B-105: σ_{Kerb}^{N-M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{steg}=40mm, a_{oben}=10mm
 bei M = -20 kNm/m

α=130°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =16mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	99,608	-86,795	102,347	-89,864	108,118	-94,607
-160	-4	38,386	-32,462	39,956	-33,393	42,992	-36,375
-40	-1	9,559	-5,589	10,402	-6,263	11,836	-7,432
0	0	5,646	-6,709	5,623	-6,424	5,512	-5,956
40	1	13,234	-15,236	13,056	-14,892	12,596	-14,397
160	4	40,153	-44,991	40,780	-45,117	41,517	-45,709
400	10	94,475	-106,148	96,623	-107,469	99,787	-110,873

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-2,914	-3,840	-2,210	-3,359	-1,101	-2,551
-160	-4	-2,623	-3,792	-1,867	-3,896	-0,696	-2,488
-40	-1	-0,693	-3,475	-0,054	-3,059	0,914	-2,284
0	0	5,646	6,709	5,623	6,424	5,512	5,956
40	1	4,171	4,984	3,734	4,436	2,880	3,475
160	4	3,899	3,982	3,491	3,294	2,654	2,021
400	10	3,840	3,625	3,401	2,911	2,630	1,653

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
		155	160	170
0	0	6,709	6,424	5,956
40	1	4,984	4,436	3,475
160	4	3,982	3,491	2,654
400	10	3,840	3,401	2,630
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		3,75		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		155	160	170
0	0	1,789	1,713	1,588
40	1	1,329	1,183	0,927
160	4	1,062	0,931	0,708
400	10	1,024	0,907	0,701

Tabelle B-106: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=16mm
 bei M = 1 kNm/m

α=130°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =16mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	114,718	-102,406	114,701	-103,724	115,698	-105,128
-160	-4	55,216	-48,547	54,201	-48,224	52,951	-47,274
-40	-1	27,976	-22,892	26,975	-22,139	25,357	-20,276
0	0	20,128	-16,939	19,271	-16,868	17,868	-16,536
40	1	13,364	-16,707	12,753	-17,923	11,775	-19,835
160	4	25,523	-37,077	27,836	-39,961	31,808	-45,012
400	10	79,336	-94,963	83,212	-99,310	89,729	-107,475

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	12,196	11,771	10,144	10,501	6,479	7,970
-160	-4	14,207	12,293	12,378	10,935	9,263	8,411
-40	-1	17,724	13,829	16,519	12,817	14,435	10,560
0	0	20,128	16,939	19,271	16,868	17,868	16,536
40	1	4,301	6,455	3,431	7,467	2,059	8,913
160	4	-10,731	-3,932	-9,453	-1,862	-7,055	1,324
400	10	-11,299	-7,560	-10,011	-5,248	-7,429	-1,745

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
		155	160	170
0	0	20,128	19,271	17,868
40	1	17,724	16,519	14,435
160	4	14,207	12,378	9,263
400	10	12,196	10,501	7,970
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		11,25		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		155	160	170
0	0	1,789	1,713	1,588
40	1	1,575	1,468	1,283
160	4	1,263	1,100	0,823
400	10	1,084	0,933	0,708

Tabelle B-107: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=16mm
 bei M = -3 kNm/m

α=130°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =16mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	95,589	-55,892	104,024	-62,632	118,355	-74,321
-160	-4	57,847	-40,641	62,597	-38,717	70,097	-35,700
-40	-1	53,945	-59,898	55,071	-57,211	56,399	-59,929
0	0	56,460	-67,090	56,230	-64,240	55,120	-59,560
40	1	60,914	-74,643	59,546	-71,574	56,104	-66,606
160	4	81,443	-98,851	78,817	-95,461	72,515	-89,958
400	10	132,338	-152,357	130,557	-148,918	125,961	-143,969

β ₁ [°]							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	-6,933	-34,743	-0,533	-30,591	9,136	-22,837
-160	-4	16,838	4,387	20,774	1,428	26,409	-3,163
-40	-1	43,693	50,835	44,615	47,889	45,475	43,213
0	0	56,460	67,090	56,230	64,240	55,120	59,560
40	1	51,851	64,391	50,224	61,118	46,388	55,684
160	4	45,189	57,842	41,528	53,638	33,652	46,270
400	10	41,703	49,835	37,335	44,361	28,804	34,749

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
		155	160	170
0	0	67,090	64,240	59,560
40	1	64,391	61,118	55,684
160	4	57,842	53,638	46,270
400	10	49,835	44,361	34,749
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		37,50		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		155	160	170
0	0	1,789	1,713	1,588
40	1	1,717	1,630	1,485
160	4	1,542	1,430	1,234
400	10	1,329	1,183	0,927

Tabelle B-108: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=16mm
 bei M = 10 kNm/m

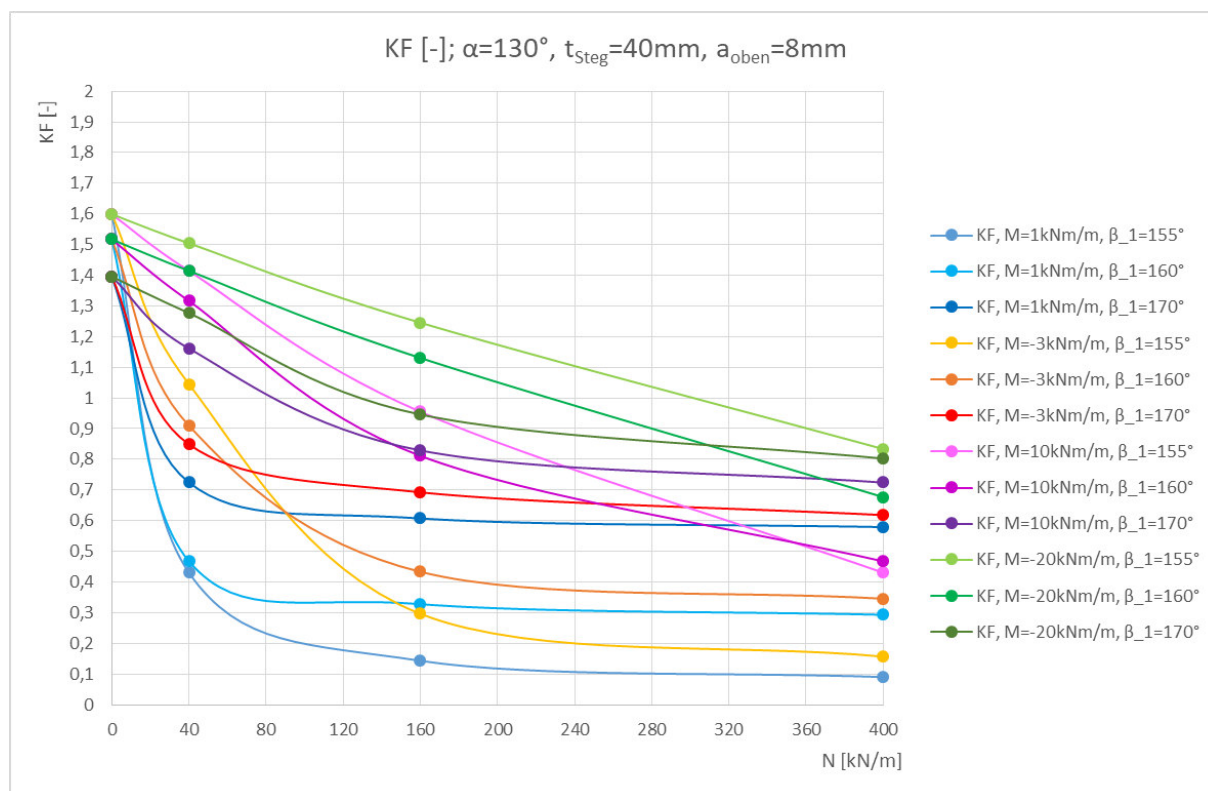
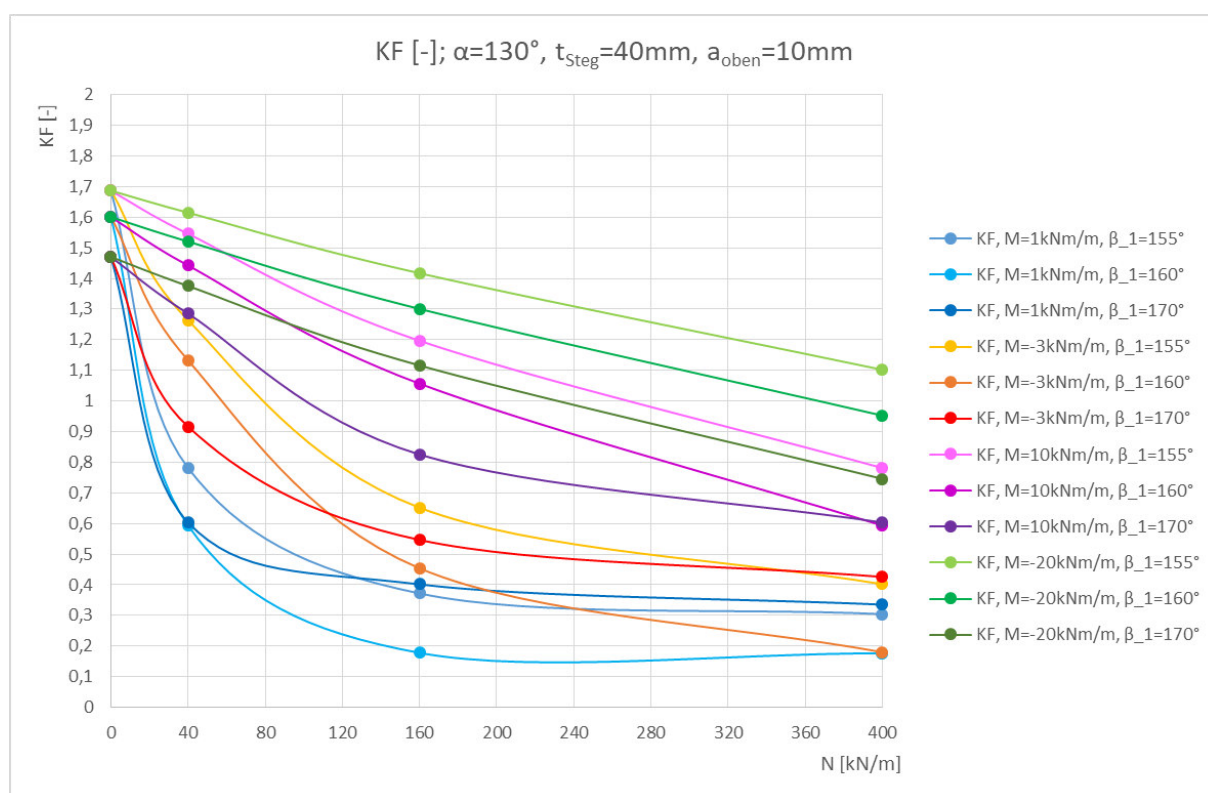
α=130°, t _{Steg} =40mm, a _{oben} =16mm							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]		σ _{Kerb} ^{N,M} [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	214,726	-178,992	207,859	-173,836	196,586	-161,198
-160	-4	164,881	-133,650	158,525	-129,566	148,129	-119,170
-40	-1	141,578	-116,902	135,701	-115,223	126,057	-110,552
0	0	134,187	-112,927	128,473	-112,453	119,120	-110,240
40	1	126,951	-109,899	121,312	-110,780	112,462	-110,955
160	4	106,104	-106,933	101,243	-111,970	93,447	-119,205
400	10	70,105	-124,337	66,920	-135,549	61,733	-153,471

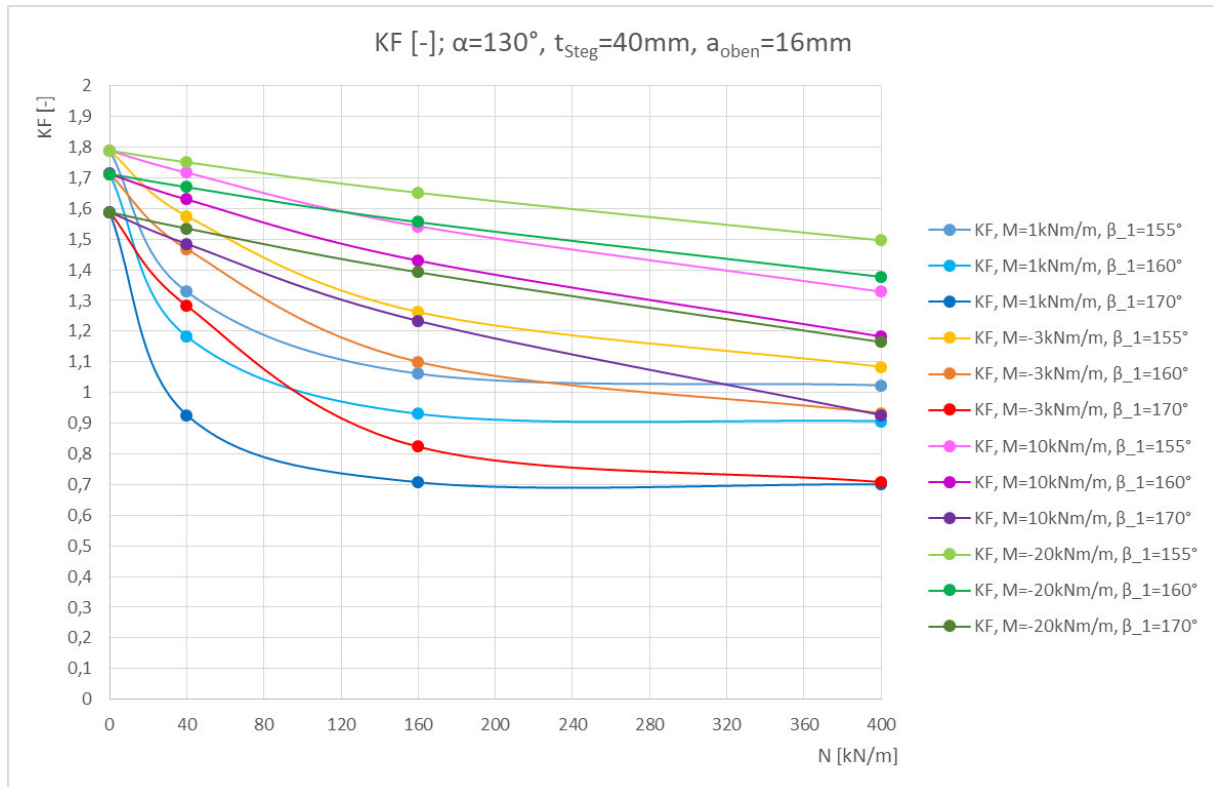
β ₁ [°]							
β ₁ [°]		155		160		170	
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]		Δσ _{Kerb} ^M [N/mm ²]	
		positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
-400	-10	112,204	88,357	103,302	80,613	87,367	64,040
-160	-4	123,872	97,396	116,702	92,277	104,441	80,307
-40	-1	131,326	107,839	125,245	105,901	115,135	100,836
0	0	134,187	112,927	128,473	112,453	119,120	110,240
40	1	117,888	99,647	111,990	100,324	102,746	100,033
160	4	69,850	65,924	63,954	70,147	54,584	75,517
400	10	-20,530	21,815	-26,303	30,992	-35,425	44,251

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	Δσ _{Kerb,max} ^M [N/mm ²]		
		155	160	170
0	0	134,187	128,473	119,120
40	1	131,326	125,245	115,135
160	4	123,872	116,702	104,441
400	10	112,204	103,302	87,367
|σ _{Nenn} ^M [N/mm ²]|		75,00		

β ₁ [°]				
N [kN/m]	σ _{Nenn} ^N [N/mm ²]	KF [-]		
		155	160	170
0	0	1,789	1,713	1,588
40	1	1,751	1,670	1,535
160	4	1,652	1,556	1,393
400	10	1,496	1,377	1,165

Tabelle B-109: σ_{Kerb}^{N,M}, Δσ_{Kerb}^M, Δσ_{Kerb,max}^M, KF
 für α=130°, t_{Steg}=40mm, a_{oben}=16mm
 bei M = -20 kNm/m

Abbildung B-32: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1 Abbildung B-33: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

Abbildung B-34: Kerbfaktoren aus viertem Tabellenblock für alle β_1

$\alpha=130^\circ$, $t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$						
$a_{\text{oben}}=8\text{mm}$	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,599	1,599	1,599	1,599
40	1	0,725	1,045	1,414	1,504	
160	4	0,607	0,693	0,955	1,246	
400	10	0,579	0,618	0,725	0,834	

$a_{\text{oben}}=10\text{mm}$	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,687	1,687	1,687	1,687
40	1	0,781	1,264	1,546	1,615	
160	4	0,402	0,652	1,197	1,417	
400	10	0,335	0,426	0,781	1,102	

$a_{\text{oben}}=16\text{mm}$	M [kNm/m]		1	-3	10	-20
	N [kN/m]	σ_{Nenn}^N [N/mm ²]	KF _{max} [-]			
	0	0	1,789	1,789	1,789	1,789
40	1	1,329	1,575	1,717	1,751	
160	4	1,062	1,263	1,542	1,652	
400	10	1,024	1,084	1,329	1,496	

Tabelle B-110: Zusammenfassung der Kerbfaktoren für $\alpha=130^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$, eine Abhängigkeit von β_1 ist nicht mehr vorhanden

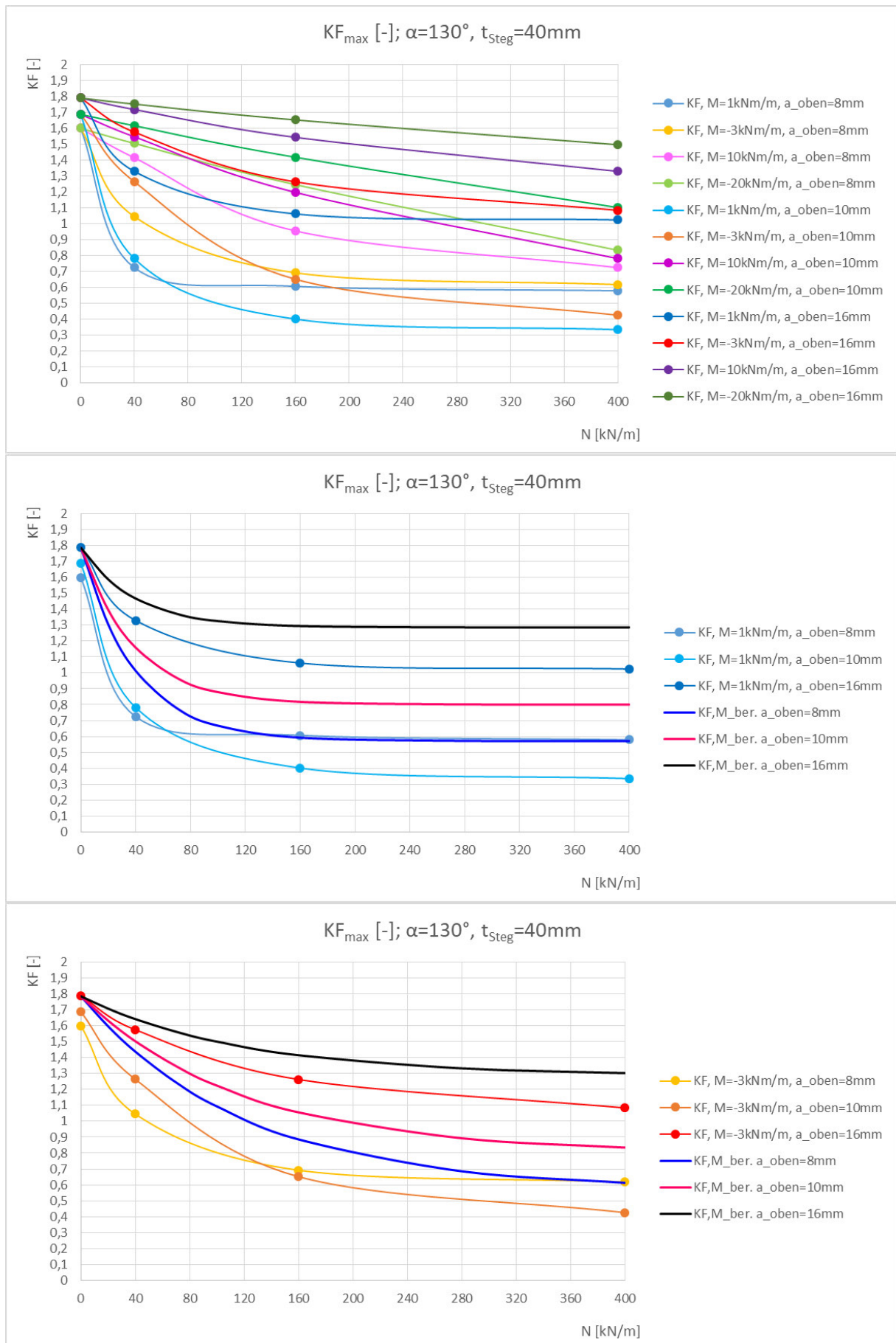


Abbildung B-35: o: KF für $\alpha=130^\circ$ und $t_{Steg}=40mm$; m: $KF_{ber.}$ für $M=1kNm/m$; u: $KF_{ber.}$ für $M=3kNm/m$

B.4 $KF_N(N)$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,993	0,993	0,993	0,993	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	20	0,762	0,908	0,966	0,979	...
	80	0,513	0,699	0,891	0,941	...
	200	0,464	0,531	0,762	0,867	...
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,977	0,977	0,977	0,977	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	20	0,773	0,900	0,953	0,965	...
	80	0,631	0,736	0,886	0,930	...
	200	0,584	0,645	0,773	0,865	...
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,850	0,850	0,850	0,850	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	20	0,758	0,810	0,837	0,844	...
	80	0,698	0,745	0,803	0,825	...
	200	0,671	0,705	0,758	0,792	...

Tabelle B-111: $KF_N(N)$ für $\alpha=90^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,974	0,974	0,974	0,974	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	20	0,771	0,899	0,950	0,962	...
	80	0,555	0,718	0,884	0,927	...
	200	0,500	0,572	0,771	0,864	...
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,960	0,960	0,960	0,960	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	20	0,790	0,880	0,935	0,948	...
	80	0,669	0,764	0,866	0,911	...
	200	0,622	0,681	0,790	0,844	...
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,842	0,842	0,842	0,842	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	20	0,758	0,803	0,829	0,836	...
	80	0,706	0,747	0,797	0,818	...
	200	0,683	0,713	0,757	0,787	...

Tabelle B-112: $KF_N(N)$ für $\alpha=110^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,996	0,996	0,996	0,996	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	20	0,817	0,920	0,972	0,984	...
	80	0,672	0,786	0,906	0,949	...
200	0,619	0,688	0,817	0,885	...	
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,981	0,981	0,981	0,981	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	20	0,861	0,922	0,962	0,971	...
	80	0,762	0,841	0,912	0,945	...
200	0,720	0,773	0,861	0,901	...	
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,845	0,845	0,845	0,845	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	20	0,783	0,820	0,837	0,841	...
	80	0,742	0,773	0,816	0,830	...
200	0,724	0,747	0,783	0,809	...	

Tabelle B-113: $KF_N(N)$ für $\alpha=130^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$

Die Tabellen zu $KF_N(N)$ für $t_{\text{Steg}} = 30\text{ mm}$ sind im Hauptdokument, **Kapitel 10.2.2.2**, zu finden.

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,905	0,905	0,905	0,905	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	40	0,394	0,634	0,808	0,855	...
	160	0,241	0,345	0,594	0,725	...
400	0,212	0,253	0,394	0,545	...	
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,930	0,930	0,930	0,930	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	40	0,520	0,719	0,856	0,892	...
	160	0,363	0,474	0,689	0,791	...
400	0,329	0,371	0,520	0,649	...	
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,968	0,968	0,968	0,968	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	40	0,728	0,845	0,919	0,939	...
	160	0,653	0,697	0,828	0,885	...
400	0,645	0,656	0,728	0,806	...	

Tabelle B-114: $KF_N(N)$ für $\alpha=90^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,903	0,903	0,903	0,903	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	40	0,341	0,613	0,803	0,852	...
	160	0,243	0,282	0,572	0,714	...
	400	0,242	0,242	0,341	0,516	...
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,942	0,942	0,942	0,942	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	40	0,491	0,718	0,864	0,903	...
	160	0,315	0,438	0,686	0,796	...
	400	0,272	0,330	0,491	0,641	...
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,992	0,991	0,992	0,991	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	40	0,744	0,870	0,950	0,970	...
	160	0,618	0,708	0,852	0,914	...
	400	0,612	0,624	0,744	0,828	...

Tabelle B-115: $KF_N(N)$ für $\alpha=110^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$						
a _{oben} =8mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,896	0,895	0,896	0,895	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	40	0,406	0,585	0,792	0,842	...
	160	0,340	0,388	0,535	0,698	...
	400	0,324	0,346	0,406	0,467	...
a _{oben} =10mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	0,945	0,945	0,945	0,945	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	40	0,438	0,708	0,866	0,904	...
	160	0,225	0,365	0,670	0,794	...
	400	0,188	0,239	0,438	0,617	...
a _{oben} =16mm	M [kNm/m]	1	-3	10	-20	Anmerkung
	N [kN/m]	$KF_N(N) = K_{F_{\text{max}}}/K_{F_0} [-]$				
	0	1,002	1,002	1,002	1,002	berechnet
	0	1,000	1,000	1,000	1,000	gewählt
	40	0,744	0,882	0,962	0,981	...
	160	0,595	0,707	0,864	0,925	...
	400	0,573	0,607	0,744	0,838	...

Tabelle B-116: $KF_N(N)$ für $\alpha=130^\circ$ und $t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,962	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	16,280	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,486	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	25,444	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,475	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,015	0,00023849	1,000
20	0,762	0,728	0,00111437	0,791
80	0,513	0,509	1,5519E-05	0,544
200	0,464	0,486	0,00047847	0,478
	Σ Abw. ²		0,00184686	

Tabelle B-117: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 90^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,962	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	23,350	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,596	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	38,415	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,622	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,998	5,1699E-06	1,000
20	0,773	0,780	4,3632E-05	0,850
80	0,631	0,614	0,00028809	0,672
200	0,584	0,596	0,00016028	0,624
	Σ Abw. ²		0,00049717	

Tabelle B-118: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 90^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,962	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	29,586	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,663	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	75,693	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,853	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,978	0,0004804	1,000
20	0,758	0,807	0,00249003	0,942
80	0,698	0,677	0,00042865	0,872
200	0,671	0,664	5,2782E-05	0,854
	Σ Abw. ²		0,00345186	

Tabelle B-119: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 90^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,962	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	18,336	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,523	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	28,763	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,517	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,012	0,00013458	1,000
20	0,771	0,747	0,00059358	0,808
80	0,555	0,545	0,00010193	0,581
200	0,500	0,523	0,0005229	0,520
		Σ Abw. ²	0,00135299	

Tabelle B-120: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 110^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,962	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	25,998	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,634	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	42,706	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,661	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,996	1,4438E-05	1,000
20	0,790	0,800	0,00010172	0,865
80	0,669	0,650	0,00034689	0,706
200	0,622	0,634	0,00015262	0,663
		Σ Abw. ²	0,00061566	

Tabelle B-121: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 110^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,962	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	30,543	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,673	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	81,466	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,873	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,976	0,0005718	1,000
20	0,758	0,812	0,00293632	0,949
80	0,706	0,686	0,00040553	0,890
200	0,683	0,673	0,00010244	0,874
		Σ Abw. ²	0,00401609	

Tabelle B-122: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 110^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 20\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,962	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	25,746	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,640	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	38,367	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,621	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,005	2,753E-05	1,000
20	0,817	0,807	9,8045E-05	0,850
80	0,672	0,656	0,00026531	0,671
200	0,619	0,640	0,00043913	0,624
Σ Abw. ²			0,00083001	

Tabelle B-123: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 130^\circ$, $t_{\text{steg}} = 20\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,962	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	33,812	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,735	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	54,609	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,749	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,002	4,6625E-06	1,000
20	0,861	0,857	1,0974E-05	0,900
80	0,762	0,747	0,00021048	0,782
200	0,720	0,735	0,00024594	0,751
Σ Abw. ²			0,00047206	

Tabelle B-124: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 130^\circ$, $t_{\text{steg}} = 20\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{steg}}=20\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,962	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	34,060	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,713	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	96,536	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,913	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,977	0,00051294	1,000
20	0,783	0,834	0,00262481	0,966
80	0,742	0,725	0,00031431	0,925
200	0,724	0,713	0,00011725	0,914
Σ Abw. ²			0,00356931	

$$\Sigma(\Sigma \text{ Abw.}^2) \quad 0,01665202$$

Tabelle B-125: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 130^\circ$, $t_{\text{steg}} = 20\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$;
Berechnung von $\Sigma(\Sigma \text{ Abw.}^2)$

Die Berechnungstabellen zu $KF_N(N)_{fin}$ für $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$ sind im Kapitel 10.2.2.2 zu finden.

$\alpha=90^\circ, t_{Steg}=40\text{mm}, a_{oben}=8\text{mm}$				
Eingangswerte				
$C_{ber.}$	0,964	berechnet		
$\Delta N_{ber.}$	6,931	berechnet		
$\lambda_{ber.}$	0,222	berechnet		
Endwerte				
C_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	8,052	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,184	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{fin}$ [-]
0	1,000	0,998	3,345E-06	1,000
40	0,394	0,402	6,5597E-05	0,481
160	0,241	0,224	0,00027275	0,199
400	0,212	0,222	0,00010471	0,184
Σ Abw. ²			0,0004464	

Tabelle B-126: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{fin}$ für $\alpha = 90^\circ$, $t_{Steg} = 40\text{mm}$, $a_{oben} = 8\text{mm}$

$\alpha=90^\circ, t_{Steg}=40\text{mm}, a_{oben}=10\text{mm}$				
Eingangswerte				
$C_{ber.}$	0,964	berechnet		
$\Delta N_{ber.}$	11,688	berechnet		
$\lambda_{ber.}$	0,351	berechnet		
Endwerte				
C_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	13,605	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,291	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{fin}$ [-]
0	1,000	1,004	1,5608E-05	1,000
40	0,520	0,503	0,00028503	0,549
160	0,363	0,353	8,5746E-05	0,304
400	0,329	0,351	0,00049211	0,291
Σ Abw. ²			0,0008785	

Tabelle B-127: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{fin}$ für $\alpha = 90^\circ$, $t_{Steg} = 40\text{mm}$, $a_{oben} = 10\text{mm}$

$\alpha=90^\circ, t_{Steg}=40\text{mm}, a_{oben}=16\text{mm}$				
Eingangswerte				
$C_{ber.}$	0,964	berechnet		
$\Delta N_{ber.}$	28,614	berechnet		
$\lambda_{ber.}$	0,648	berechnet		
Endwerte				
C_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	35,379	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,592	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{fin}$ [-]
0	1,000	1,000	1,1222E-07	1,000
40	0,728	0,730	2,2144E-06	0,740
160	0,653	0,649	1,3841E-05	0,599
400	0,645	0,648	6,6398E-06	0,592
Σ Abw. ²			2,2808E-05	

Tabelle B-128: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{fin}$ für $\alpha = 90^\circ$, $t_{Steg} = 40\text{mm}$, $a_{oben} = 16\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,964	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	7,255	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,220	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	9,373	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,211	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,987	0,00016974	1,000
40	0,341	0,398	0,00318253	0,498
160	0,243	0,222	0,00042426	0,225
400	0,242	0,220	0,00051964	0,211
	Σ Abw. ²		0,00429617	

Tabelle B-129: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 110^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,964	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	9,619	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,302	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	15,673	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,328	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,006	3,5426E-05	1,000
40	0,491	0,465	0,00065288	0,572
160	0,315	0,304	0,00011267	0,339
400	0,272	0,302	0,00091263	0,328
	Σ Abw. ²		0,00171361	

Tabelle B-130: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 110^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,964	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	26,425	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,626	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	39,472	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,632	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,007	4,7302E-05	1,000
40	0,744	0,714	0,00088185	0,766
160	0,618	0,627	8,5604E-05	0,638
400	0,612	0,626	0,00018432	0,632
	Σ Abw. ²		0,00119908	

Tabelle B-131: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 110^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=8\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,964	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	10,644	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,308	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	13,582	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,291	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	0,986	0,00019081	1,000
40	0,406	0,466	0,00358005	0,549
160	0,340	0,310	0,00089366	0,303
400	0,324	0,308	0,00025991	0,291
Σ Abw. ²			0,00492444	

Tabelle B-132: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 130^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 8\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=10\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,964	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	6,479	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,219	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	22,020	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,427	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,008	6,7704E-05	1,000
40	0,438	0,402	0,00125609	0,635
160	0,225	0,221	1,4652E-05	0,437
400	0,188	0,219	0,00096321	0,427
Σ Abw. ²			0,00230165	

Tabelle B-133: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 130^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 10\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, a_{\text{oben}}=16\text{mm}$				
Eingangswerte				
$c_{\text{ber.}}$	0,964	berechnet		
$\Delta N_{\text{ber.}}$	24,464	berechnet		
$\lambda_{\text{ber.}}$	0,602	berechnet		
Endwerte				
c_{fin}	0,975	gewählt		
ΔN_{fin}	50,922	Formel 10-53		
λ_{fin}	0,725	Formel 10-50		
M [kNm/m]	1,00			
N [kN/m]	$KF_N(N)$ [-]	$KF_N(N)$ - Modell [-]	Abw. ²	$KF_N(N)_{\text{fin}}$ [-]
0	1,000	1,011	0,00012125	1,000
40	0,744	0,697	0,00225869	0,825
160	0,595	0,603	6,8145E-05	0,729
400	0,573	0,602	0,00079933	0,725
Σ Abw. ²			0,00324742	
$\Sigma(\Sigma$ Abw. ²)			0,01903007	

Tabelle B-134: Ermittlung der Funktionswerte von $KF_N(N)_{\text{fin}}$ für $\alpha = 130^\circ$, $t_{\text{Steg}} = 40\text{mm}$, $a_{\text{oben}} = 16\text{mm}$;
Berechnung von $\Sigma(\Sigma$ Abw.²)

Anhang C Ergänzungen zur Berechnung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,kS2}^V$

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, V=25\text{ kN/m}$						
$\beta_1 [^\circ]$	135		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$	
	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
8	4,769	-18,885	4,197	-17,666	3,970	-16,695
10	4,042	-16,980	4,064	-16,165	4,081	-15,408
16	3,990	-13,471	4,193	-13,523	4,277	-13,162
$\beta_1 [^\circ]$	135		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$	
8	18,885		17,666		16,695	
10	16,980		16,165		15,408	
16	13,471		13,523		13,162	
$|\tau_{\text{Nenn}}|$ [N/mm ²]	1,875					
$\beta_1 [^\circ]$	135		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
8	10,072		9,422		8,904	
10	9,056		8,621		8,218	
16	7,185		7,212		7,020	

Tabelle C-1: Ermittlung der Kerbfaktoren für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, V=25\text{ kN/m}$						
$\beta_1 [^\circ]$	145		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$	
	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
8	4,780	-21,318	4,713	-21,234	4,670	-20,683
10	4,659	-18,960	4,625	-19,064	4,605	-18,669
16	4,195	-14,394	4,349	-14,942	4,414	-14,910
$\beta_1 [^\circ]$	145		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$	
8	21,318		21,234		20,683	
10	18,960		19,064		18,669	
16	14,394		14,942		14,910	
$|\tau_{\text{Nenn}}|$ [N/mm ²]	1,875					
$\beta_1 [^\circ]$	145		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
8	11,370		11,325		11,031	
10	10,112		10,167		9,957	
16	7,677		7,969		7,952	

Tabelle C-2: Ermittlung der Kerbfaktoren für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}, V=25\text{ kN/m}$						
$\beta_1 [^\circ]$	155		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$	
	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
8	6,488	-27,640	6,415	-27,480	6,336	-27,643
10	6,015	-24,274	5,982	-24,231	5,950	-24,498
16	4,786	-17,598	4,861	-17,761	4,983	-18,303
$\beta_1 [^\circ]$						
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$	
8	27,640		27,480		27,643	
10	24,274		24,231		24,498	
16	17,598		17,761		18,303	
$|\tau_{\text{Nenn}}| [\text{N/mm}^2]$	1,875					
$\beta_1 [^\circ]$						
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
8	14,741		14,656		14,743	
10	12,946		12,923		13,066	
16	9,386		9,473		9,762	

Tabelle C-3: Ermittlung der Kerbfaktoren für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=20\text{mm}$

Die Berechnungstabellen der Kerbfaktoren für $t_{\text{Steg}} = 30\text{ mm}$ sind im Kapitel 10.2.3 zu finden.

$\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, V=25\text{ kN/m}$						
$\beta_1 [^\circ]$	135		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$	
	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
8	4,970	-16,156	4,051	-14,361	3,418	-13,223
10	4,119	-14,202	3,391	-12,661	2,868	-11,682
16	2,574	-10,895	2,206	-9,850	2,058	-9,152
$\beta_1 [^\circ]$						
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$	
8	16,156		14,361		13,223	
10	14,202		12,661		11,682	
16	10,895		9,850		9,152	
$|\tau_{\text{Nenn}}| [\text{N/mm}^2]$	0,938					
$\beta_1 [^\circ]$						
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
8	17,233		15,318		14,105	
10	15,149		13,505		12,461	
16	11,621		10,507		9,762	

Tabelle C-4: Ermittlung der Kerbfaktoren für $\alpha=90^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$

$\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, V=25\text{ kN/m}$						
$\beta_1 [^\circ]$	145		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$	
	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
8	4,452	-18,280	4,366	-17,786	4,077	-17,013
10	3,590	-16,056	3,572	-15,649	3,361	-14,971
16	2,669	-12,171	2,555	-11,955	2,492	-11,478
$\beta_1 [^\circ]$	145		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$	
8	18,280		17,786		17,013	
10	16,056		15,649		14,971	
16	12,171		11,955		11,478	
$|\tau_{\text{Nenn}}| [\text{N/mm}^2]$	0,938					
$\beta_1 [^\circ]$	145		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
8	19,499		18,972		18,147	
10	17,126		16,692		15,969	
16	12,982		12,752		12,243	

Tabelle C-5: Ermittlung der Kerbfaktoren für $\alpha=110^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$

$\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}, V=25\text{ kN/m}$						
$\beta_1 [^\circ]$	155		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$		$\sigma_{\text{Kerb}}^V [\text{N/mm}^2]$	
	positiv	negativ	positiv	negativ	positiv	negativ
8	4,592	-23,974	4,490	-23,593	4,400	-23,463
10	4,345	-21,044	4,231	-20,712	4,120	-20,608
16	3,882	-15,759	3,780	-15,567	3,656	-15,572
$\beta_1 [^\circ]$	155		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$		$|\sigma_{\text{Kerb,max}}^V| [\text{N/mm}^2]$	
8	23,974		23,593		23,463	
10	21,044		20,712		20,608	
16	15,759		15,567		15,572	
$|\tau_{\text{Nenn}}| [\text{N/mm}^2]$	0,938					
$\beta_1 [^\circ]$	155		160		170	
$a_{\text{oben}} [\text{mm}]$	KF [-]		KF [-]		KF [-]	
8	25,572		25,166		25,027	
10	22,447		22,093		21,982	
16	16,810		16,605		16,610	

Tabelle C-6: Ermittlung der Kerbfaktoren für $\alpha=130^\circ, t_{\text{Steg}}=40\text{mm}$