

DIPLOMARBEIT
MASTER'S THESIS

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

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen
Grades eines Diplom-Ingenieurs

unter der Anleitung von

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Fink
E 212-01 - Institut für Tragkonstruktionen - Stahlbau

und

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Francesco Aigner
E 212-01 - Institut für Tragkonstruktionen - Stahlbau

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Raphael Scharf BSc

Matr.Nr.: 01328855
Schüttelstrasse 43
A-1020 Wien

Wien, im März 2020



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Fink für die Möglichkeit, meine Diplomarbeit am Institut für Tragkonstruktionen, Forschungsbereich Stahlbau zu verfassen, sowie für die Gespräche über meine Zukunft und dem Aufzeigen der zahlreichen Möglichkeiten.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Francesco Aigner für sein Interesse an meiner Arbeit, sein Engagement sowie für die sorgfältigen und genauen Anmerkungen im Rahmen eines unkomplizierten und offenen Betreuungsverhältnisses.

Weiters möchte ich mich bei meinen beiden Vorgesetzten und allen Arbeitskollegen der Firma KPPK Ziviltechniker GmbH bedanken, die mich jeder Zeit mit ihrem Wissen und ihrer gesammelten Erfahrung unterstützt haben. Besonderen Dank möchte ich dabei Herrn Dipl.-Ing. Ralf Stadt, MLS aussprechen, der nicht nur mein Vorgesetzter ist, sondern auch jene Person die mich stets motivierte, mich in beruflicher und persönlicher Hinsicht weiter zu entwickeln.

Den größten Dank möchte ich meiner Familie und vor allem meinen Eltern aussprechen, die mich in jeglicher Hinsicht tatkräftig unterstützt haben und mein Studium erst ermöglicht haben.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit am Anschlussdetail einer eingleisigen Eisenbahnbrücke. Der Regelquerschnitt besteht aus einem 120 mm dicken Grobblech, sowie den beiden Obergurten und geneigten Stegblechen. Der Anschluss der Fahrbahnplatte an die Stege erfolgt mit zwei Kehlnähten. Aufgrund dieser geschweißten, biegesteifen Verbindung liegt für die Quertragwirkung ein Rahmensystem vor, wodurch die beiden Längsnähte neben den Normal- und Schubspannungen aus der Längstragrichtung auch Spannungen aus der Quertragrichtung übertragen müssen. Nach [ÖNORM EN 1993-1-9, 2013] kann der Ermüdungsnachweis für die Längs- und Querrichtung getrennt geführt werden. Für die Längstragwirkung sämtlicher Schweißnähte kann der Ermüdungsnachweis nach dem Nennspannungskonzept geführt werden. In Querrichtung muss auf das Konzept der effektiven Kerbspannungen zurückgegriffen werden, da in den aktuellen Normen keine passenden Kerbfälle vorhanden sind. Das Ziel der Diplomarbeit ist die Ermittlung eines Formelwerkes zur Berechnung der effektiven Kerbspannung an der maßgebenden, kritischen Stelle der unteren Schweißnaht (K_{21}) und die Betrachtung des gesamten Trogbrückendetails zur Erlangung neuer Erkenntnisse in Bezug auf die Materialermüdung.

Zunächst wird untersucht, wie die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle K_{21} beeinflusst wird, wenn einzelne Parameter variiert werden. Durch diese Parametervariation gelingt es, das umfangreiche Parameterfeld zu minimieren. Die effektiven Kerbspannungen können nun für das endgültige Parameterfeld mittels numerischer Methoden berechnet werden. Die anschließende Definition einer elementar berechenbaren, ideellen Bezugsspannung ermöglicht es, durch das Verhältnis der Kerbspannungshöchstwerte und besagter Bezugsspannung die Kerbfaktoren zu berechnen. In weiterer Folge können die Kerbfunktionen, bestehend aus einer Grundfunktion und Anpassungsfaktoren zur Berücksichtigung der Schnittgrößeninteraktionen, mit Hilfe der Methode der Kleinsten Fehlerquadrate an die numerischen Kerbfaktoren angenähert werden. Die Ermittlung des Formelwerkes, zur Beschreibung der effektiven Kerbspannung an der kritischen Stelle K_{21} , erfolgt schließlich durch das Gleichsetzen der numerischen Kerbfaktoren mit den Funktionswerten der Kerbfunktionen. Mit dem Formelwerk ist es möglich, ohne Kenntnis entsprechender Methoden und ohne einer speziellen Rechensoftware die effektive Kerbspannung für die vorliegende Schweißnahtsituation zu ermitteln.

Für die Ermittlung der Bezugsspannungen müssen noch die ermüdungsrelevanten Schnittgrößen berechnet werden. Dies erfolgt numerisch mit einem dreidimensionalen Schalenmodell. Zur Beschreibung des Eisenbahnverkehrs wird das Lastmodell 71 herangezogen. Die Berechnung der effektiven Kerbspannungen erfolgt für die maßgebenden kritischen Stellen, sprich die Wurzel der oberen Schweißnaht (K_{11}), die Kerbe der oberen Schweißnaht beim Übergang von der Schweißnahtoberfläche zum Stegblech (K_{12}) und die Wurzel der unteren Schweißnaht (K_{21}). Die Berechnung der effektiven Kerbspannung an der kritischen Stelle K_{21} erfolgt mit dem Formelwerk gemäß der vorliegenden Diplomarbeit, während

die effektiven Kerbspannungen an den kritischen Stellen $K11$ und $K12$ gemäß [Schachinger, M., 2018] berechnet werden. Ein anschließender Vergleich der effektiven Kerbspannungen liefert in Bezug auf die Materialermüdung neue Erkenntnisse zur Auslegung der Trogbrückengeometrie und eine Strategie zur Bemessung der oberen und unteren Schweißnahtdicke.

Abstract

This diploma thesis deals with the determination of the fatigue strength at the connection detail of a single-track railway bridge. The standard cross section consists of a 120 mm thick steel plate, as well as the two top flanges and inclined web plates. The connection of the deck plate on the webs takes place by means of two fillet welds. Because of this rigid, welded connection, there is a frame system for the transverse load-bearing effect, whereby the two longitudinal welds, in addition to the normal and shear stresses from the longitudinal load direction, have also to transmit stresses from the transverse load direction. According to [ÖNORM EN 1993-1-9, 2013], the fatigue verification can be performed separately for the longitudinal and transverse directions. For the longitudinal load-bearing effect of all welds, the fatigue verification can be carried out according to the nominal stress concept. In the transverse direction the concept of effective notch stresses must be used, because there are no suitable notch cases in the current standards. The aim of this diploma thesis is the determination of a formula for calculating the effective notch stress at the relevant, critical location of the lower weld ($K21$) and the treatment of the whole detail to gain new insights into material fatigue.

First, it is examined how the effective notch stress at the critical point $K21$ is influenced when individual parameters are varied. With this parameter variation it is possible to minimize the extensive parameter field for the further investigations. The effective notch stresses can now be calculated with the final parameter field using numerical methods. The definition of an elementally calculable, ideal reference stress enables the notch factors to be calculated by the ratio of the maximum notch stress and the reference stress. Subsequently, the notch functions consisting of a basic function and adjustment factors to take into account the interaction of all internal forces can be approximated to numerical notch factors by the using of the Least Squares Method. The determination of the formulas to describe the effective notch stress at the critical point $K21$ is performed by equating the numerical notch factors with the function values of the notch function. With these formulas it is possible to determine the effective notch stresses for the current weld situation without knowledge of appropriate methods and without special computer software.

To determine the reference stresses, the fatigue-relevant internal forces have to be calculated. This is done using a three-dimensional shell model. For description of the railway traffic the load model 71 is used. The effective notch stresses are calculated for the relevant critical points, in other words, the root of the upper weld ($K11$), the notch of the upper weld at the transition from the weld surface to the web plate ($K12$) and the root of the lower weld ($K21$). The effective notch stress at critical point $K21$ is calculated by the formulas according to the present diploma thesis, while the effective notch stresses at critical points $K11$ and $K12$ are calculated according to [Schachinger, M., 2018]. A subsequent comparison of the effective notch stresses provides new insights for the design of the trough bridge geometry and a strategy for dimensioning the upper and lower weld seam thickness with regard to material fatigue.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation	1
2	Allgemeine Grundlagen	5
2.1	Geometrie der ÖBB-Trogbrücken-Regelplanung	5
2.2	Ermüdungs- und Spannungsbegriff	7
2.2.1	Konzept der Nennspannung	7
2.2.2	Konzept der effektiven Kerbspannung	7
2.2.3	Definition der Spannungsbegriffe	10
2.3	Definition des geometrischen Parameterfeldes	11
2.4	Kritische Stellen	12
2.5	Systematischer Riss bei Kehlnähten	13
3	Modellbildung für die FEM-Analyse	15
3.1	Grundbausteine - Modul <i>Part</i>	15
3.2	Vernetzung und Netzverfeinerung - Modul <i>Mesh</i>	16
3.3	Materialparameter - Modul <i>Property</i>	20
3.4	Gesamtmodell - <i>Assembly</i>	21
3.5	Berechnungsschritte - Modul <i>Step</i>	21
3.6	Randbedingungen - Modul <i>Load</i>	21
4	Variation der Parameter	25
4.1	Parameter a_{oben}	25
4.2	Parameter β_1	27
4.3	Parameter β_2	27
4.4	Parameter β_3	29
4.5	Definition des endgültigen Parameterfeldes	31
5	FEM-Analyse und Datenauswertung	33
5.1	Definition der Bezugsspannung	34
5.2	Kerbfunktion bei reiner Normalkraft	38
5.2.1	Darstellung der FEM-Ergebnisse	38
5.2.2	Ermittlung der Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$	39
5.2.3	Ermittlung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,n}$	40

5.2.4	Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,n}$	51
5.3	Kerbfunktion bei Momentenbeanspruchung und M-N-Interaktion	52
5.3.1	Diskussion der FEM-Ergebnisse	53
5.3.2	Ermittlung der Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$	57
5.3.2.1	Kerbfaktoren bei reinem Biegemoment	57
5.3.2.2	Kerbfaktoren für M-N-Interaktion	58
5.3.3	Ermittlung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,m}$	66
5.3.3.1	Ermittlung von $K_{t,m}$	66
5.3.3.2	Ermittlung von $K_{t,mn}$	71
5.3.4	Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m}$	79
5.4	Kerbfunktion bei Querkraftbeanspruchung, V-N und V-M-Interaktion . . .	80
5.4.1	Anmerkung zur Schnittgrößen-Interaktion	81
5.4.2	Diskussion der FEM-Ergebnisse	85
5.4.3	Ermittlung der Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$	87
5.4.3.1	Kerbfaktoren bei reiner Querkraft	88
5.4.3.2	Kerbfaktoren bei V-N-Interaktion	89
5.4.3.3	Kerbfaktoren bei V-M-Interaktion	91
5.4.4	Ermittlung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,v}$	93
5.4.4.1	Ermittlung von $K_{t,v}$	93
5.4.4.2	Ermittlung von $K_{t,vn}$	99
5.4.4.3	Ermittlung von $K_{t,vm}$	105
5.4.5	Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v}$	109
6	Ermittlung der ermüdungsrelevanten Schnittgrößen	111
6.1	Modellbildung der Trogbrücke	111
6.2	Belastung der Trogbrücke	113
6.2.1	Ständige Lasten	114
6.2.2	Veränderliche Lasten	114
6.3	Lastkombinationen und Nachweisführung	118
6.4	Ermittlung der Schnittgrößen mittels FEM	119
7	Interpretation der Ergebnisse	125
7.1	Vergleich der effektiven Kerbspannungen	125
7.2	Maßgebende untere Schweißnahtdicke	139
7.3	Kritische Stellen der SWu	142
7.4	Gegenseitige Beeinflussung der Schweißnähte	143
7.5	Ausnutzen der günstigen Interaktionswirkung	144
8	Zusammenfassung und Ausblick	147
8.1	Beschreibung der effektiven Kerbspannung an der kritischen Stelle K21 . .	147
8.1.1	Kerbspannung infolge Normalkraftbeanspruchung	148
8.1.2	Kerbspannung infolge Biegemoment mit N-M-Interaktion	148

8.1.3	Kerbspannung infolge Querkraftbeanspruchung, V-N und V-M- Interaktion	149
8.1.4	Ermittlung der Kerbspannung für jede SG-Kombination	150
8.2	Genauigkeit des Formelwerks für die SWu	151
8.3	Erkenntnisse für das Trogbrücken-Detail in Bezug auf die Materialermüdung	153
8.4	Anwendungsbeispiel	156
8.4.1	Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N)$	158
8.4.2	Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(M)$	158
8.4.3	Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(V)$	159
8.4.4	Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, M)$	160
8.4.5	Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, V)$	160
8.4.6	Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(M, V)$	161
8.4.7	Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, M, V)$	161
8.5	Ausblick	163
Literatur		165
A Ergänzungen zur Parametervariation		I
B Ergänzungen zur Kerbfunktion bei reiner Normalkraft		V
C Ergänzungen zur Kerbfunktion bei Momentenbeanspruchung		IX
D Ergänzungen zur Kerbfunktion bei Querkraftbeanspruchung		LVII
E Ergänzungen zur Interpretation der Ergebnisse		CXI



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Symbole und Variablen

In der vorliegenden Arbeit werden zahlreiche Spannungen, Kerbfaktoren und Kerbfunktionen¹ eingeführt, welche nachfolgend gelistet und definiert werden. Diese Auflistung soll als Nachschlagewerk dienen, da im Text nicht immer die Definitionen angeführt werden.

Spannungen

σ_0	Bezugsspannung
$\sigma_{0,n}$	Bezugsspannung infolge Normalkraftbeanspruchung
$\sigma_{0,m}$	Bezugsspannung infolge Momentenbeanspruchung
$\sigma_{0,v}$	Bezugsspannung infolge Querkraftbeanspruchung
$\sigma_{k,FE}$	effektive Kerbspannung mittels FEM-Analyse
σ_k	effektive Kerbspannung mittels Kerbfunktion
$\sigma_{k,K21,n,FE}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Normalkraftbeanspruchung mittels FEM-Analyse
$\sigma_{k,K21,n}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Normalkraftbeanspruchung mittels Kerbfunktion
$\sigma_{k,K21}(N)$	siehe $\sigma_{k,K21,n}$
$\sigma_{k,K21,m,FE}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Momentenbeanspruchung mittels FEM-Analyse
$\sigma_{k,K21,mn,FE}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge M-N Interaktion mittels FEM-Analyse
$\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge M-N Interaktion mittels FEM-Analyse abzüglich der effektiven Kerbspannung infolge Normalkraftbeanspruchung
$\sigma_{k,K21,m}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Momentenbeanspruchung unter Berücksichtigung der M-N Interaktion mittels Kerbfunktion
$\sigma_{k,K21}(M)$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Momentenbeanspruchung mittels Kerbfunktion

¹Bei den Kerbfaktoren und Kerbfunktionen wurde auf den Index $K21$ verzichtet. Es handelt sich dennoch um die kritische Stelle $K21$ (Schweißnahtwurzel der unteren Schweißnaht).

$\sigma_{k,K21}(N, M)$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Normalkraft und Momentenbeanspruchung, sowie der N-M Interaktion mittels Kerbfunktion
$\sigma_{k,K21,v,FE}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Querkraftbeanspruchung mittels FEM-Analyse
$\sigma_{k,K21,vn,FE}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge V-N Interaktion mittels FEM-Analyse
$\sigma_{k,K21,v,FE}(N)$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge V-N Interaktion mittels FEM-Analyse abzüglich der effektiven Kerbspannung infolge Normalkraftbeanspruchung
$\sigma_{k,K21,vm,FE}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge V-M Interaktion mittels FEM-Analyse
$\sigma_{k,K21,v,FE}(M)$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge V-M Interaktion mittels FEM-Analyse abzüglich der effektiven Kerbspannung infolge Momentenbeanspruchung
$\sigma_{k,K21,vnm,FE}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge N-M-V Interaktion mittels FEM-Analyse
$\sigma_{k,K21,v,FE}(NM)$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge N-M-V Interaktion mittels FEM-Analyse abzüglich der effektiven Kerbspannung infolge N-M Interaktion
$\sigma_{k,K21,v}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Querkraftbeanspruchung unter Berücksichtigung der V-N und V-M Interaktion mittels Kerbfunktion
$\sigma_{k,K21}(V)$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Querkraftbeanspruchung mittels Kerbfunktion
$\sigma_{k,K21}(N, V)$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Normalkraft und Querkraftbeanspruchung, sowie der N-V Interaktion mittels Kerbfunktion
$\sigma_{k,K21}(M, V)$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Momenten und Querkraftbeanspruchung, sowie der M-V Interaktion mittels Kerbfunktion
$\sigma_{k,K21}$	effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ infolge Normalkraft, Momenten und Querkraftbeanspruchung unter Berücksichtigung aller Schnittgrößeninteraktionen mittels Kerbfunktion
$\sigma_{k,K21}(N, M, V)$	siehe $\sigma_{k,K21}$

Kerbfaktoren und Kerbfunktionen

$K_{t,FE}$	Kerbfaktor mittels FEM-Analyse
K_t	Kerbfaktor mittels Kerbfunktion
$K_{t,n,FE}$	Kerbfaktor infolge Normalkraftbeanspruchung mittels FEM-Analyse

$K_{t,n,Modell}$	Kerbfaktor infolge Normalkraftbeanspruchung mittels der Kerbfunktion mit den Parameterausgangswerten
$K_{t,n}$	Kerbfaktor infolge Normalkraftbeanspruchung mittels der Kerbfunktion mit den Parameterendwerten
$K_{t,m,FE}$	Kerbfaktor infolge Momentenbeanspruchung mittels FEM-Analyse
$K_{t,m,Modell}$	Kerbfaktor infolge Momentenbeanspruchung mittels der Kerbfunktion mit den Parameterausgangswerten
$K_{t,m}$	Kerbfaktor infolge Momentenbeanspruchung mittels der Kerbfunktion mit den Parameterendwerten
$K_{t,mn,FE}$	Kerbfaktor infolge M-N Interaktion mittels FEM-Analyse
$K_{t,mn,1,FE}$	Kerbfaktor infolge M-N Interaktion mittels FEM-Analyse nach der ersten Normierung (Vertikalrichtung)
$K_{t,mn,2,FE}$	Kerbfaktor infolge M-N Interaktion mittels FEM-Analyse nach der zweiten Normierung (Horizontalrichtung)
$K_{t,mn,Modell}$	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der M-N Interaktion mittels der Kerbfunktion mit den Parameterausgangswerten
$K_{t,mn}$	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der M-N Interaktion mittels der Kerbfunktion mit den Parameterendwerten
$K_{t,v,FE}$	Kerbfaktor infolge Querkraftbeanspruchung mittels FEM-Analyse
$K_{t,v,Modell}$	Kerbfaktor infolge Querkraftbeanspruchung mittels der Kerbfunktion mit den Parameterausgangswerten
$K_{t,v}$	Kerbfaktor infolge Querkraftbeanspruchung mittels der Kerbfunktion mit den Parameterendwerten
$K_{t,vn,FE}$	Kerbfaktor infolge V-N Interaktion mittels FEM-Analyse
$K_{t,vn,1,FE}$	Kerbfaktor infolge V-N Interaktion mittels FEM-Analyse nach der ersten Normierung (Vertikalrichtung)
$K_{t,vn,2,FE}$	Kerbfaktor infolge V-N Interaktion mittels FEM-Analyse nach der zweiten Normierung (Horizontalrichtung)
$K_{t,vn,Modell}$	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der V-N Interaktion mittels der Kerbfunktion mit den Parameterausgangswerten
$K_{t,vn}$	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der V-N Interaktion mittels der Kerbfunktion mit den Parameterendwerten
$K_{t,vm,FE}$	Kerbfaktor infolge V-M Interaktion mittels FEM-Analyse
$K_{t,vm,1,FE}$	Kerbfaktor infolge V-M Interaktion mittels FEM-Analyse nach der ersten Normierung (Vertikalrichtung)
$K_{t,vm,2,FE}$	Kerbfaktor infolge V-M Interaktion mittels FEM-Analyse nach der zweiten Normierung (Horizontalrichtung)
$K_{t,vm,Modell}$	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der V-M Interaktion mittels der Kerbfunktion mit den Parameterausgangswerten
$K_{t,vm}$	Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der V-M Interaktion mittels der Kerbfunktion mit den Parameterendwerten



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kapitel 1

Einleitung und Motivation

Im Eisenbahnbrückenbau gehört der Ersatz von alten, sanierungsbedürftigen Brücken mit kleiner und mittlerer Stützweite zu einer der häufigsten Aufgabestellungen. Moderne Eisenbahnbrücken weisen infolge des heutigen Standes der Technik eine geschlossene Fahrbahn mit einem Schotterbett auf, welches im Anwendungsfall der *Österreichischen Bundesbahnen* (ÖBB) in der Regel eine Höhe von 55 cm besitzt. Aus diesem Grund und weil die Schienoberkante meist kaum angehoben werden kann, wurde am *Institut für Tragwerkskonstruktionen – Stahlbau*, der *Technischen Universität Wien* ein eingleisiges Trogbriekensystem mit extrem geringer Bauhöhe für einen Stützweitenbereich von 10 bis 25 m entwickelt, welches als Ersatztragwerk für Tragwerke mit offener Fahrbahn dienen kann (siehe Abbildung 1.1).

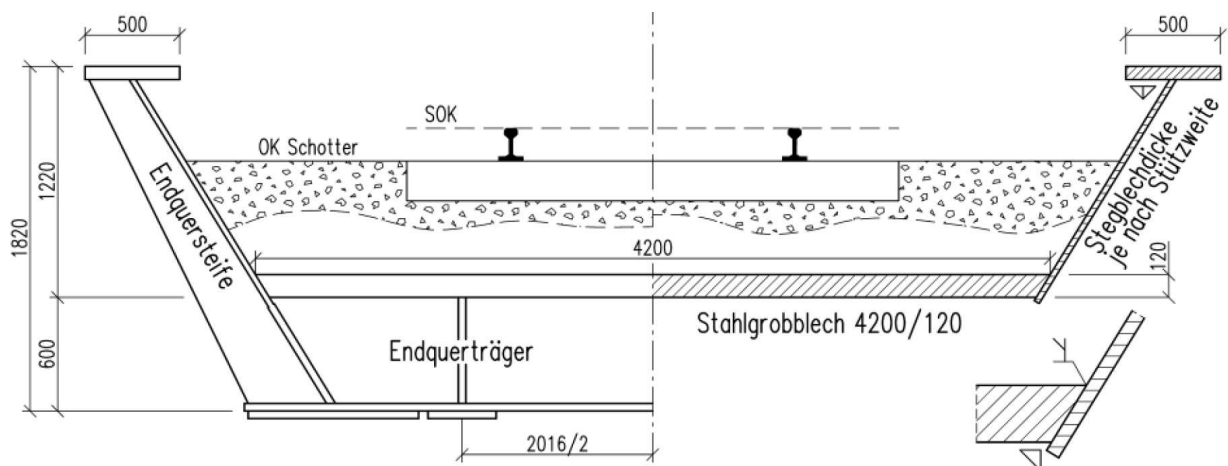


Abbildung 1.1: Trogbriek mit extrem kleiner Bauhöhe aus [Aigner, F.; et al, 2019]. Links: Endquerträger im Auflagerbereich. Rechts: Regelquerschnitt im Feldbereich.

Gegenstand der vorliegenden Diplomarbeit ist die Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit eines Schweißnahtanschlusses der Trogbriek aus Abbildung 1.1 (rechts, unten), wodurch

die vorliegende Arbeit eine Ergänzung und Vervollständigung der Ergebnisse aus [Schachinger, M., 2018] darstellt. Die wesentlichen Aussagen bei [Schachinger, M., 2018] sind, dass einerseits die untere Schweißnahtdicke keinen Einfluss auf die kritischen Stellen der oberen Schweißnaht hat (siehe [Schachinger, M., 2018, Kapitel 9.1]) und dass andererseits die obere Schweißnahtdicke im Formelwerk für die maßgebende kritische Stelle der oberen Schweißnaht bei Momenten- und Querkraftbeanspruchung nicht eingeht (siehe [Schachinger, M., 2018, Gleichung 10-4 und 10-19]). Somit muss die Schweißnahtdicke mit Hilfe eines Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweises bemessen werden und nicht durch einen Ermüdungsnachweis. Da außerdem gezeigt wurde, dass bei sehr flacher Neigung des Stegblechs und großer Normalkraftbeanspruchung die effektive Kerbspannung an der unteren Schweißnaht maßgebend werden kann (siehe [Schachinger, M., 2018, Kapitel 11.4]) wird in der gegenständlichen Arbeit die untere Schweißnaht behandelt. Ein weiterer Punkt ist die Untersuchung der gegenseitigen Beeinflussung der oberen und unteren Schweißnaht, sowie die Feststellung welche kritische Stelle bei gegebener Brückengeometrie maßgebend wird.

Das betrachtete Tragwerk besteht im Regelquerschnitt aus zwei Obergurten und geneigten Stegen, sowie einem 120 mm dicken Grobblech als Fahrbahnplatte. Der Anschluss der Fahrbahnplatte an die Stege erfolgt mit Hilfe von zwei Kehlnähten. Aufgrund dieser biegesteifen, geschweißten Verbindung liegt für die Quertragwirkung ein Rahmensystem vor, wodurch die beiden Längsnähte neben den Normal- und Schubspannungen aus der Längstragrichtung auch Spannungen aus der Quertragrichtung übertragen müssen. Für uneingeschränkt elastisches Materialverhalten und bei linearer Modellbildung gilt das Superpositionsgesetz. Laut [ÖNORM EN 1993-1-9, 2013] kann der Ermüdungsnachweis für die Längs- und Querrichtung getrennt geführt werden. Für die Längstragwirkung sämtlicher Schweißnähte kann der Ermüdungsnachweis nach dem Nennspannungskonzept geführt werden kann. In Querrichtung muss jedoch auf das Konzept der effektiven Kerbspannungen zurückgegriffen werden, da in den aktuellen Normen keine passenden Kerbfälle vorhanden sind.

Die effektiven Kerbspannungen können mittels numerischer Methoden oder experimentell ermittelt werden. Aufgrund der langen Versuchsdauer und der hohen Kosten von Ermüdungsversuchen erfordern diese umfangreiche Vorbereitungen, weshalb hier zunächst Parameterstudien mittels numerischer Methoden durchgeführt werden. Die Umsetzung erfolgt mit dem FE-Programm [ABAQUS CAE]. Für ein definiertes Parameterfeld können die effektiven Kerbspannungen an den kritischen Stellen der beiden Schweißnähte ermittelt werden bzw. wurden die effektiven Kerbspannungen für die obere Schweißnaht bereits in [Schachinger, M., 2018] ermittelt. Die anschließende Definition einer elementar berechenbaren, ideellen Bezugsspannung ermöglicht es, durch das Verhältnis des Kerbspannungshöchstwertes und besagter Bezugsspannung den Kerbfaktor K_f rückzurechnen. Ist die effektive Kerbspannung von mehreren Parametern (Parameterfeld Π) funktional abhängig, so ist dies auch für die Kerbfaktoren K_f der Fall, welche sich zu einer Kerbfunktion $K_f(\Pi)$ zusammenfassen lassen. Ziel der entsprechenden Arbeit ist die Ableitung eines

Formelwerkes, mit dem aus den Schnittgrößen die effektiven Kerbspannungen berechnet werden können und so den Ermüdungsnachweis für die Querrichtung der unteren Halskehlnaht geführt werden kann.

Mit dem vollständigen Formelwerk zur Ermittlung der effektiven Kerbspannungen an den maßgebenden kritischen Stellen der oberen und unteren Schweißnaht sind weitere Betrachtungen möglich. So kann zur Optimierung der Schweißnahtgeometrie untersucht werden, aufgrund welcher Parameter die jeweiligen kritischen Stellen bemessungsrelevant werden, ab welcher Nahtdicke die untere Schweißnaht maßgebend wird oder wie sich die obere und untere Schweißnaht gegenseitig beeinflussen.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kapitel 2

Allgemeine Grundlagen

Für die Ermittlung der Kerbfunktionen werden zunächst die Charakteristika der Trogbücke behandelt. Im Anschluss erfolgt eine Definition des Parameterfeldes, eine Betrachtung zur Spaltthematik, sprich dem Einfluss des unverbundenen Bereichs zwischen den Schweißnähten am Steg, sowie eine Beschreibung der kerbrelevanten Stellen. Ebenso Teil dieses Kapitels sind eine kurze Begriffsdefinition der Materialermüdung, eine Beschreibung der vorkommenden Spannungsbegriffe und die Grundlagen der Methode der effektiven Kerbspannungen.

2.1 Geometrie der ÖBB-Trogbrücken-Regelplanung

Am *Institut für Tragwerkskonstruktionen - Stahlbau* der *Technischen Universität Wien* wurde ein eingleisiges Trogbückensystem mit extrem geringer Bauhöhe für den Stützweitenbereich von 10 bis 25 m entwickelt. Die Stahlkonstruktion besteht im Feldbereich (siehe Abbildung 2.1, oben) aus den Obergurten, den Stegen und einem Stahlgrobblech als Fahrbahnplatte. Im Auflagerbereich (siehe Abbildung 2.1, unten) werden die beiden Stegbleche nach unten verlängert, dazwischen wird ein Endquerträger angeordnet, außerhalb ist auf jeder der beiden Außenseiten ein aussteifendes Blech über die gesamte Steghöhe angebracht. Die Trogbücke weist gemäß [Herrmann, P., 2013] folgende Besonderheiten auf:

- Regelplanung für Stützweiten von 10 bis 25 m
- keine Querrippen, Queraussteifungen oder Querträger im Feldbereich
- Fahrbahndeck als unausgesteifte Grobblechtafel
- einfache Herstellbarkeit und Montierbarkeit
- extrem kleine Bauhöhe

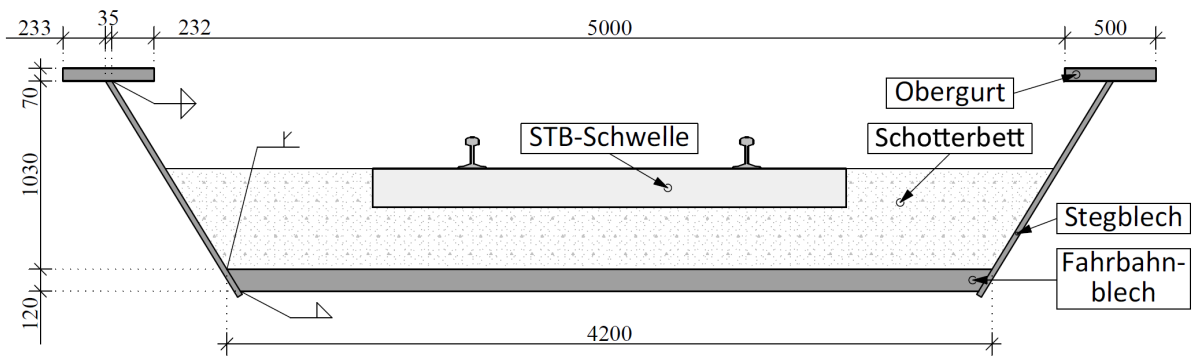


Abbildung 2.1: Geometrie des Trogbrücken-Regelquerschnitt mit extrem kleiner Bauhöhe (siehe auch [Herrmann, P., 2013]).

Hauptsächlich ergibt sich diese Brückengeometrie aufgrund des seitens der *Österreichischen Bundesbahnen* (ÖBB) vorgegebenen Lichtraumprofils (siehe Abbildung 2.2), welches eine Konstruktionshöhe von 1220 mm, eine lichte Breite von 5000 mm im oberen Konstruktionsraum und 4200 mm im unteren Konstruktionsraum aufweist.

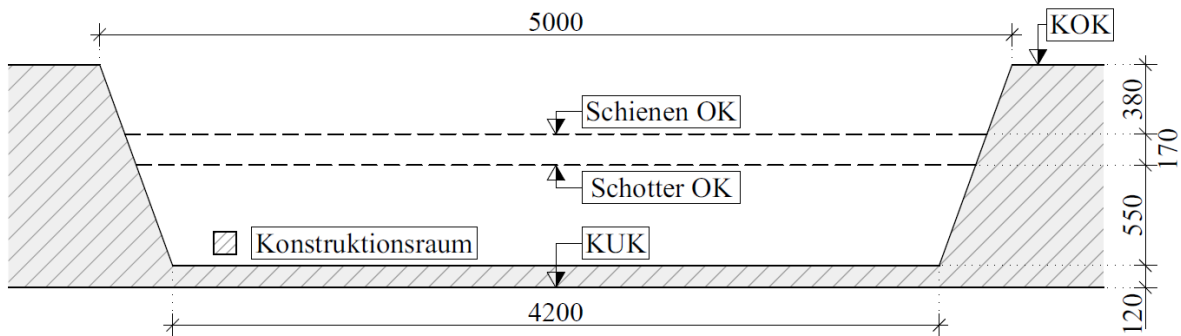


Abbildung 2.2: Darstellung des Lichtraumprofils (siehe auch [Kuss, S.; Fink, J., 2006]).

2.2 Ermüdungs- und Spannungsbegriff

Unter dem Begriff der Materialermüdung wird nach [Radaj, D.; Vormwald, M., 2007] die Schädigung in Form von Rissbildung oder das Materialversagen infolge zyklischer Belastung verstanden. Für den Nachweis der Ermüdungsfestigkeit stehen unterschiedliche Berechnungskonzepte zur Verfügung, wobei der Spannungsbegriff eine zentrale Kenngröße darstellt. In Hinblick auf die vorliegende Arbeit werden deshalb die Begriffe *Nennspannung* und *effektive Kerbspannung* spezifiziert. Auf das Strukturspannungskonzept, Kerbdehnungskonzept und Rissfortschrittskonzept wird nicht weiter eingegangen.

2.2.1 Konzept der Nennspannung

Die Nennspannung wird gemäß [ÖNORM EN 1993-1-9, 2013] definiert als die Spannung im Grundwerkstoff oder in einer Schweißnaht unmittelbar an der erwarteten Rissstelle, berechnet nach der elastischen Spannungstheorie ohne Berücksichtigung der örtlichen Kerbwirkung. Diese Spannungen können Längsspannungen oder Schubspannungen, Hauptspannungen oder Vergleichsspannungen sein. Eine Spannungserhöhung infolge struktureller Störzonen wird nicht berücksichtigt.

2.2.2 Konzept der effektiven Kerbspannung

Das Nachweisverfahren der effektiven Kerbspannungen kann gemäß [Lener, G.; Weichert, J., 2007] für die Ermittlung der Dauerfestigkeit sowie für die Bestimmung der Betriebsfestigkeit von Schweißnähten angewendet werden, wenn keine Zuordnung in den Kerbfalltafeln möglich ist. Die Ermüdungsfestigkeit ist gemäß [Lang, R.; et al, 2017] abhängig von der makrogeometrischen Kerbwirkung, der Mikrokerbwirkung, Temperatureinflüssen, der Probengröße, den Eigen- und Mittelspannungen, der Beanspruchungsart, der Mikrostruktur und dem Lastkollektiv. Bei geschweißten Verbindungen treten in Bezug auf die Ermüdungsfestigkeit die makrogeometrischen Kerben (geometrische Nahtausformung, Flankensteilheit, Einbrandkerben, Einflüsse infolge Systemgeometrie) in den Vordergrund. Die normengemäße, alleinige Betrachtung der geometrischen Kerbwirkung bei geschweißten Verbindungen zeigt, dass diesem Aspekt besondere Bedeutung zukommt. Zunächst wird die allgemeine Definition des Kerbfaktors K_t betrachtet, welcher sich nach Gleichung 2.1 durch das Verhältnis von maximaler Kerbspannung σ_k zur Nennspannung σ_0 ergibt.

$$K_t = \sigma_k / \sigma_0 \quad (2.1)$$

Die Kerbwirkungszahl β_k ist in Gleichung 2.2 definiert, dabei ist S_D die Dauerfestigkeit, ausgedrückt als Spannungsschwingbreite. Die Kerbempfindlichkeit η_k ergibt sich nach Gleichung 2.3.

$$\beta_k = S_{D,unekerbt} / S_{D,ekerbt} \quad (2.2)$$

$$\eta_k = \beta_k / K_t \quad (2.3)$$

Aus der elastischen Kerbhöchstspannung σ_k ergibt sich über verschiedene Hypothesen der Mikrostützwirkung die ermüdungswirksame oder effektive Kerbspannung σ_f , also eine infolge der Werkstoffmikrostruktur verminderte korrigierte elastische Kerbspannung im Kerbgrund.

Die Mikrostützwirkung nach [Neuber, H.; et al, 2001] bedeutet, dass nicht die elastische Kerbhöchstspannung für die Risseinleitung und den Beginn des Rissfortschritts maßgebend ist, sondern eine niedrigere örtliche Spannung, die sich durch die Spannungsmittelwertbildung über ein werkstoffabhängiges kleines Längen-, Flächen-, oder Volumenteilchen im Kerbgrund mit der Länge ρ^* ergibt. Die zugehörige mathematische Formulierung wird in Gleichung 2.4 wiedergegeben.

$$\sigma_f = \frac{1}{\rho^*} \int_0^{\rho^*} (\sigma_k) dx \quad (2.4)$$

Erwähnenswert ist auch, dass Gleichung 2.4 auch den Spezialfall der rissartigen Kerbe mit $\rho = 0$ abdeckt. In diesem Fall liefert das Integral trotz des singulären Spannungswert bei $x = 0$ eine nicht singuläre fiktive Spannung σ_f . Der Zusammenhang zwischen kerbwirksamer Spannung σ_f und maximaler Kerbspannung σ_k ergibt sich nach Gleichung 2.5.

$$\sigma_f = \eta_k \cdot \sigma_k \quad (2.5)$$

Zur einfacheren Berechnung der kerbwirksamen Spannung σ_f wurde von [Neuber, H.; et al, 2001] eine einfachere Berechnungsform entwickelt. Anstatt über die Ersatzstrukturlänge ρ^* zu integrieren (nach Gleichung 2.4) wird der Kerbenradius ρ so weit erhöht, dass die Spannungen in der ausgerundeten Kerbe mit dem Radius ρ_f der kerbwirksamen Spannung σ_k der Ursprungskerbe entspricht (siehe Abbildung 2.3 und Gleichung 2.6).

$$K_t(\rho_f) = \beta_k(\rho) \quad (2.6)$$

Für Baustähle wurde gemäß [Neuber, H.; et al, 2001] nachgewiesen, dass ein effektiver Kerbradius von $\rho_f = 1$ mm bei einer Blechdicke $t \geq 5$ mm konsistente Ergebnisse ergibt. Die Streuungen der Schweißnahtabmessungen und das nichtlineare Materialverhalten der realen Kerbe werden in der Modellbildung durch eine effektive Kerbe berücksichtigt (siehe Abbildung 2.4).

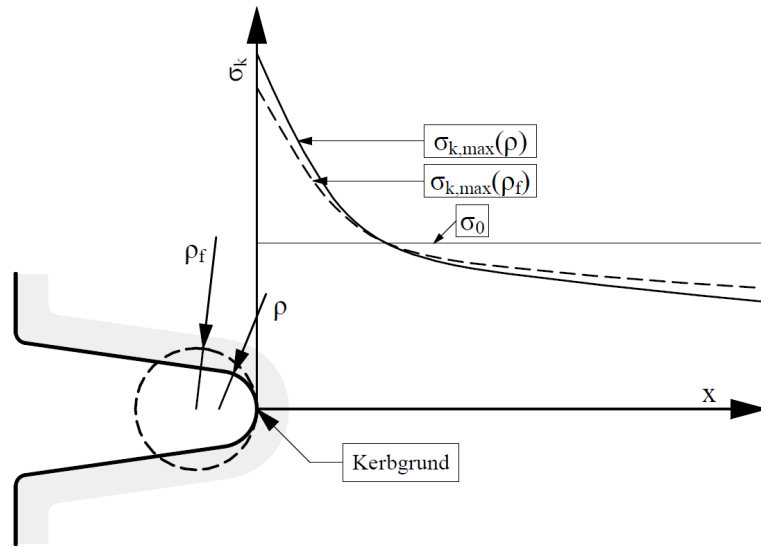


Abbildung 2.3: Kerbe mit tatsächlicher und fiktiver Ausrundung (siehe auch [Lang, R.; et al, 2017]).

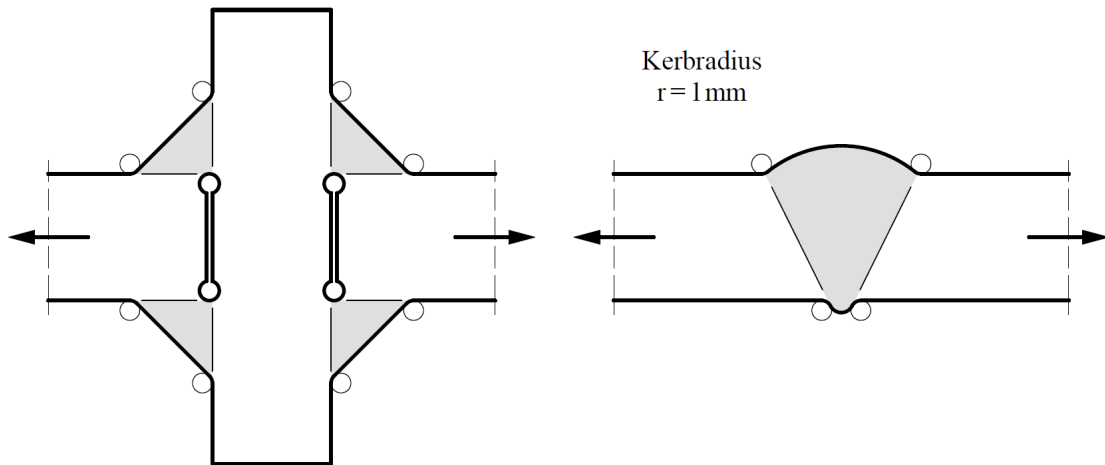


Abbildung 2.4: Querschnittmodell von einem Kreuzstoß mit geschweißten Kehlnähten (links) und von einem Stumpfstoß mit durchgeschweißter V-Naht (rechts). Zur Simulation der Kerbwirkung werden fiktive Kerbrundung mit einem Radius $r = 1 \text{ mm}$ am Nahtübergang und an der Nahtwurzel modelliert (siehe auch [Hobbacher, A., 1996]).

Auf dieser Grundlage können die effektiven Kerbspannungen mittels der elastischen Kerbspannungen über eine Mikrostützwirkungshypothese ermittelt werden. Als Referenzwert der Beanspruchbarkeit wird die Dauerfestigkeit des ungekerbten Werkstoffes (FAT-Klasse 225) verwendet (siehe dazu [Hobbacher, A., 2001]). Diese bezeichnet den charakteristischen Ermüdungswiderstand in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ bei 2 Millionen Schwingspielen und bezieht sich auf den geschweißten Zustand, das heißt mit dem Einfluss der Schweißeigenspannungen, jedoch ohne eine festigkeitserhöhende Nachbehandlung der Schweißnahtoberfläche und

ohne geometrische Kerben. Die Anwendung dieser Methode für Gesamttragwerke kommt aufgrund des erforderlichen Aufwandes für das Modellieren und Berechnen nicht in Betracht. Zur Bestimmung der Kerbfallklasse (KF oder FAT) eines Konstruktionsdetails und bei uneindeutiger Zuordnung nach Kerbfalltafeln, kann diese Methode gemäß [Hobbacher, A., 1996] angewendet werden. Unterschiedliche Blechdickenverhältnisse, die Einbrandtiefe bei Kehlnähten und die Schweißnahtgeometrie wirken sich wesentlich auf die Kerbfallklasse aus, weshalb ein breitgefächertes Parameterfeld definiert werden muss, ebenso der Gültigkeitsbereich.

2.2.3 Definition der Spannungsbegriffe

Damit eine einheitliche Definition der Spannungsbegriffe vorliegt, werden diese noch einmal aufgegriffen, erklärt und strukturiert.

- Nennspannung, σ_0 : Spannung infolge allgemeiner Spannungsanalyse mit Hilfe der Stabtheorie, eines geeigneten Stabwerkmodells oder eines Schalenmodells.
- effektive Kerbspannung, σ_k : Gesamte Kerbspannung im Kerbgrund, das heißt es werden Spannungsanteile aus der geometrischen Kerbwirkung und nichtlineare Spannungskonzentrationen berücksichtigt.

In der gegenständlichen Arbeit werden grundsätzlich effektive Kerbspannungen betrachtet. Lediglich zur Herleitung der Kerbfaktoren oder Kerbfunktionen wird eine Bezugsspannung benötigt, welche durch eine Nennspannung an einer zu fixierenden Systemstelle definiert wird.

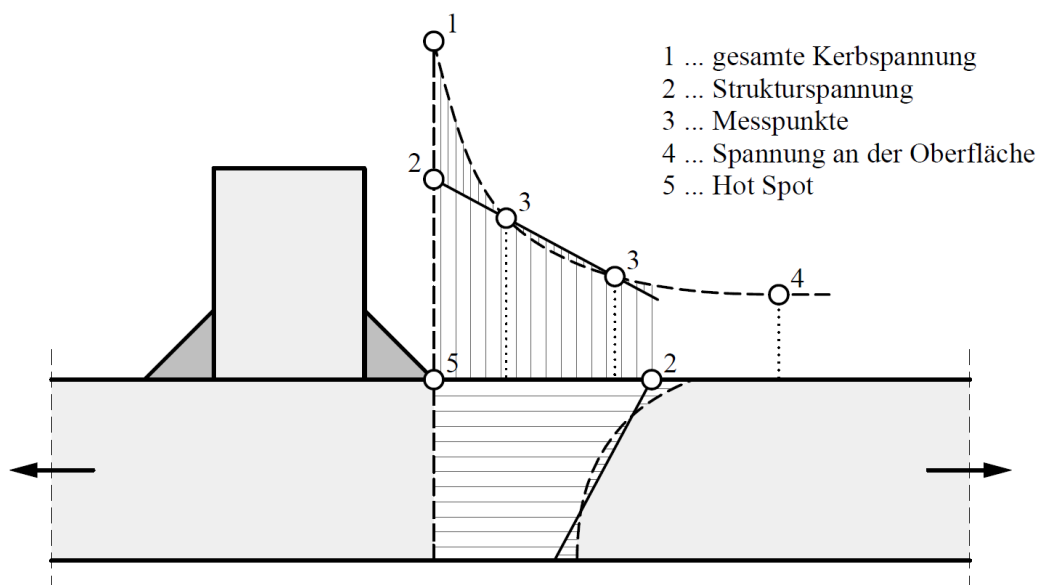


Abbildung 2.5: Darstellung der effektiven Kerbspannung, der außenextrapolierten Strukturspannung und der innenlinearisierten Strukturspannung (siehe auch [Hobbacher, A., 1996] und [Radaaj, D.; Vormwald, M., 2007]).

2.3 Definition des geometrischen Parameterfeldes

Das betrachtete Detail der Trogbrücken-Regelplanung lässt sich durch die nachfolgenden geometrischen Parameter beschreiben (siehe Abbildung 2.6).

- 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 Schweißnaht, [°]
- t_{Steg} - Stegblechdicke, [mm]
- $t_{Fahrbahn}$ - Fahrbahnblechdicke, [mm]
- a_{oben} - Schweißnahtdicke der oberen Naht, [mm]
- a_{unten} - Schweißnahtdicke der unteren Naht, [mm]

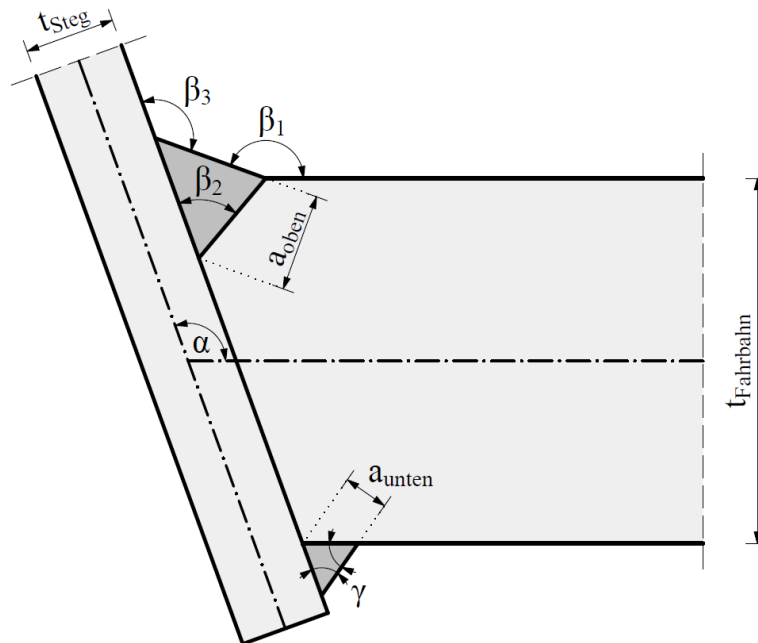


Abbildung 2.6: Definition der geometrischen Parameter.

Der Wertebereich der geometrischen Parameter wird wie folgt definiert:

- Neigungswinkel des Stegblechs zum Fahrbahnblech: $90^\circ \leq \alpha \leq 130^\circ$
- Winkel zwischen Fahrbahnoberfläche und Schweißnahtoberfläche: $\beta_3 \leq \beta_1 \leq 170^\circ$
- Öffnungswinkel der Schweißnaht: $45^\circ \leq \beta_2 \leq 60^\circ$
- Winkel zw. Stegblechoberfläche und Schweißnahtoberfläche: $100^\circ \leq \beta_3 \leq 155^\circ$
- Winkel der unteren Schweißnaht: $\gamma = \alpha/2$
- Stegblechdicke: $20 \text{ mm} \leq t_{Steg} \leq 40 \text{ mm}$
- Fahrbahnblechdicke: $t_{Fahrbahn} = 120 \text{ mm}$
- Schweißnahtmaß der oberen Naht: $8 \text{ mm} \leq a_{oben} \leq 16 \text{ mm}$
- Schweißnahtmaß der unteren Naht: $5 \text{ mm} \leq a_{unten} \leq 16 \text{ mm}$

2.4 Kritische Stellen

Die vorliegende Arbeit widmet sich dem Ermüdungsnachweis der beiden Anschlusskehlnähte des Stahlgrobbleches an die Stege für die Quertragwirkung. Zunächst müssen die kerbrelevanten Stellen definiert werden. Die Notation dieser sogenannten kritischen Stellen erfolgt in Anlehnung an [Aigner, F.; et al, 2019] mit K_{ij} . Dabei bedeutet K "Kerbe", i definiert die Schweißnaht und j die Schweißnahtstelle. Es wird zwischen der oberen Schweißnaht (Abk. mit SWo) und der unteren Schweißnaht (Abk. mit SWu), sowie drei Schweißnahtstellen (1, 2, 3) unterschieden. Eine Zuordnung der kritischen Stellen erfolgt in Abbildung 2.7 und eine Beschreibung kann der nachfolgenden Auflistung entnommen werden.

- K_{11} ... SWo, Schweißnahtwurzel
- K_{12} ... SWo, Schweißnahtoberfläche zum Stegblech
- K_{13} ... SWo, Schweißnahtoberfläche zum Fahrbahnblech
- K_{21} ... SWu, Schweißnahtwurzel
- K_{22} ... SWu, Schweißnahtoberfläche zum Stegblech
- K_{23} ... SWu, Schweißnahtoberfläche zum Fahrbahnblech

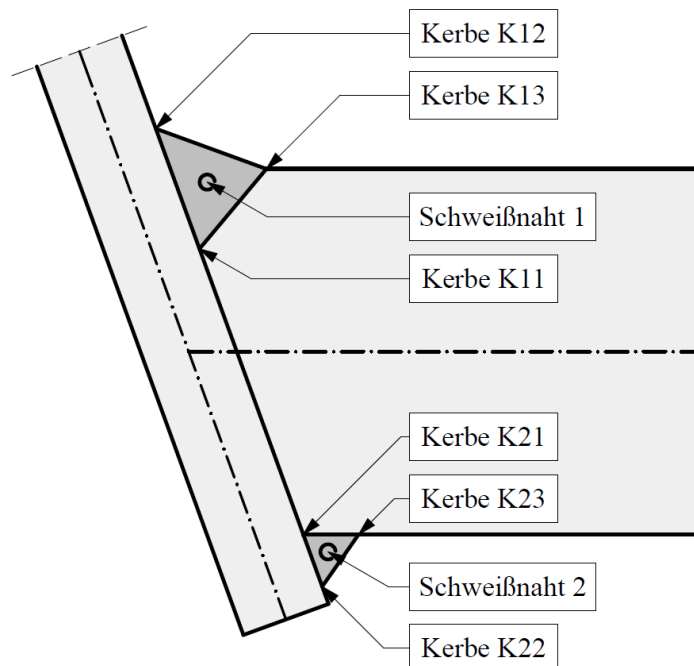


Abbildung 2.7: Definition der Schweißnähte und der kritischen Stellen K_{ij} .

2.5 Systematischer Riss bei Kehlnähten

Gemäß Abbildung 2.8 ergibt die stahlbaummäßige Verbindung vom Stegblech mit der Fahrbahnplatte durch die beiden Halskehlnähte SWo und SWu keinen kontinuierlichen Körper. Es verbleibt ein Spalt gemäß Abbildung 2.8 (links), welcher in [Lener, G.; Weichert, J., 2007] auch als *systematischer Riss* bezeichnet wird. Je nach Spaltbreite und/oder Einwirkung kann sich der Spalt schließen oder weiter öffnen und so die effektiven Kerbspannungen beeinflussen. Aus diesem Grund wurde eine spezielle Untersuchung zur widerspruchsfreien Erfassung des Spalts durchgeführt.

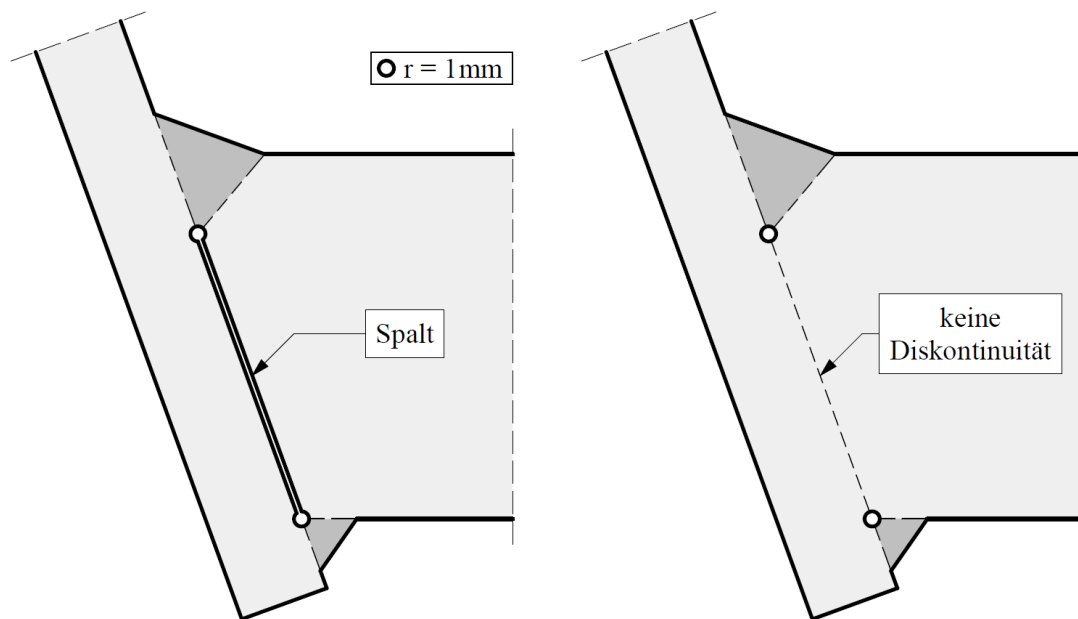


Abbildung 2.8: Darstellung des Schweißdetails mit Spalt (links) und ohne Spalt als kontinuierlichen Körper (rechts) (siehe auch [Aigner, F.; et al, 2019]).

Für eine entsprechende Modellierung des Spalts wird auf [Aigner, F.; et al, 2019, Kapitel 6.2.2] verwiesen. Die möglichen Einflüsse des Spalts auf die effektiven Kerbspannungen werden auch in [Schachinger, M., 2018, Kapitel 7] näher erläutert. Zusammenfassend wurde die Spaltstudie für eine Spaltbreite von 0,10 bis 0,00 mm und den nachfolgenden Modellparametern durchgeführt.

- Stegblechdicke - $t_{Steg} = 30$ mm
- Neigungswinkel des Stegblechs zum Fahrbahnblech - $\alpha = 90^\circ$
- Schweißnahtdicke der oberen Naht - $a_{oben} = 16$ mm
- Schweißnahtdicke der unteren Naht - $a_{unten} = 10$ mm
- Winkel zwischen Fahrbahnoberfläche und Schweißnahtoberfläche - $\beta_1 = 170^\circ$
- Öffnungswinkel der Schweißnaht - $\beta_2 = 45^\circ$
- Winkel zwischen Stegblechoberfläche und Schweißnahtoberfläche - $\beta_3 = 110^\circ$

An der Spaltoberfläche wurden die Eigenschaften der Kontaktflächen normal mit *Hard Contact* und tangential mit *Friction Coefficient* = 0,20 in [ABAQUS CAE] modelliert. Als Referenzmodell wurde ein kontinuierlicher Körper ohne Spalt modelliert. Als Einwirkung wurden ein positives und negatives Einheits-Moment, eine positive Einheits-Normalkraft und eine positive Einheits-Querkraft gewählt. Die Ergebnisse finden sich in [Schachinger, M., 2018, Tabelle 7.1] und erbrachten gemäß [Aigner, F.; et al, 2019, Kapitel 6.2.2] folgende Erkenntnisse:

- Bei hinreichend kleiner Spaltbreite kommt es zu einem Kontakt der Spaltufer.
- Bei Kontakt kommt es zu einer Abnahme der effektiven Kerbspannungen.
- Bei einem weiterhin geöffneten Spalt kommt es zu gleichbleibenden effektiven Kerbspannungen.
- Bei der Verwendung einer kontinuierlichen Modellierung erhält man kleinere effektive Kerbspannungen als bei einem Modell mit Spalt.

Auf der sicheren Seite liegend wird wie auch bei [Schachinger, M., 2018] ein durchgehender Spalt mit einer Breite von 0,01 mm ohne der Definition etwaiger Kontaktelemente angenommen, da in der Praxis nicht garantiert werden kann, dass beide Konstruktionsteile wirklich satt aneinander liegen.

Kapitel 3

Modellbildung für die FEM-Analyse

Die numerische Analyse des Trogbrücken-Details erfolgt mit dem FE-Programmpaket [ABAQUS/CAE]. Dieses Simulationsprogramm bietet eine umfassende, modulare Arbeitsumgebung, welche die drei Arbeitsschritte Preprocessing, Simulation und Postprocessing in einem Programm vereint. Für eine entsprechende Nachvollziehbarkeit der gewählten Modellierung und um eine Nachberechnung für etwaige weitere Untersuchungen, etc. möglich zu machen, werden in den nachfolgenden Unterkapiteln die Grundgedanken der Modellbildung mit den jeweiligen Programm spezifischen *Modulen*, *Optionen* und *Funktionen* verknüpft.

3.1 Grundbausteine - Modul *Part*

Die geometrische Erfassung des Schweißdetails erfolgt mit der Option *Parts*, mit dem individuelle Geometrie-Grundbausteine mit lokalem Koordinatensystem erstellt werden. Dies hat den Vorteil, dass nach dem Anlegen eines Modulkatalogs sämtliche Gesamtstrukturen mit globalem Koordinatensystem zusammengesetzt werden können. Entsprechend der geometrischen Parameter und der gewählten Einzelbestandteile werden folgende Module erstellt (siehe auch Abbildung 3.1).

- Modul Stegblech - Parameter: α , t_{Steg} .
- Modul Naht oben - Parameter: α , β_1 , β_2 , β_3 , t_{Steg} und a_{oben} .
- Modul Naht unten - Parameter: α , γ , t_{Steg} und a_{unten} .
- Modul Fahrbahnblech: Für jedes Gesamtmodell gilt die gleiche Geometrie.

Die Übergänge von Schweißnahtoberfläche zu Blechoberfläche werden bei den Naht-Modulen nach dem Konzept der effektiven Kerbspannung (siehe dazu Kapitel 2.2.2) mit einem effektiven Kerbradius $r = 1$ mm ausgerundet. Die Nahtwurzeln der oberen und unteren Schweißnaht werden durch eine kreisförmige Öffnung modelliert ($r = 1$ mm). Diese

beiden Löcher werden durch einen Spalt mit einer Breite von 0,10 mm verbunden (siehe dazu Kapitel 2.5 und Abbildung 2.8).

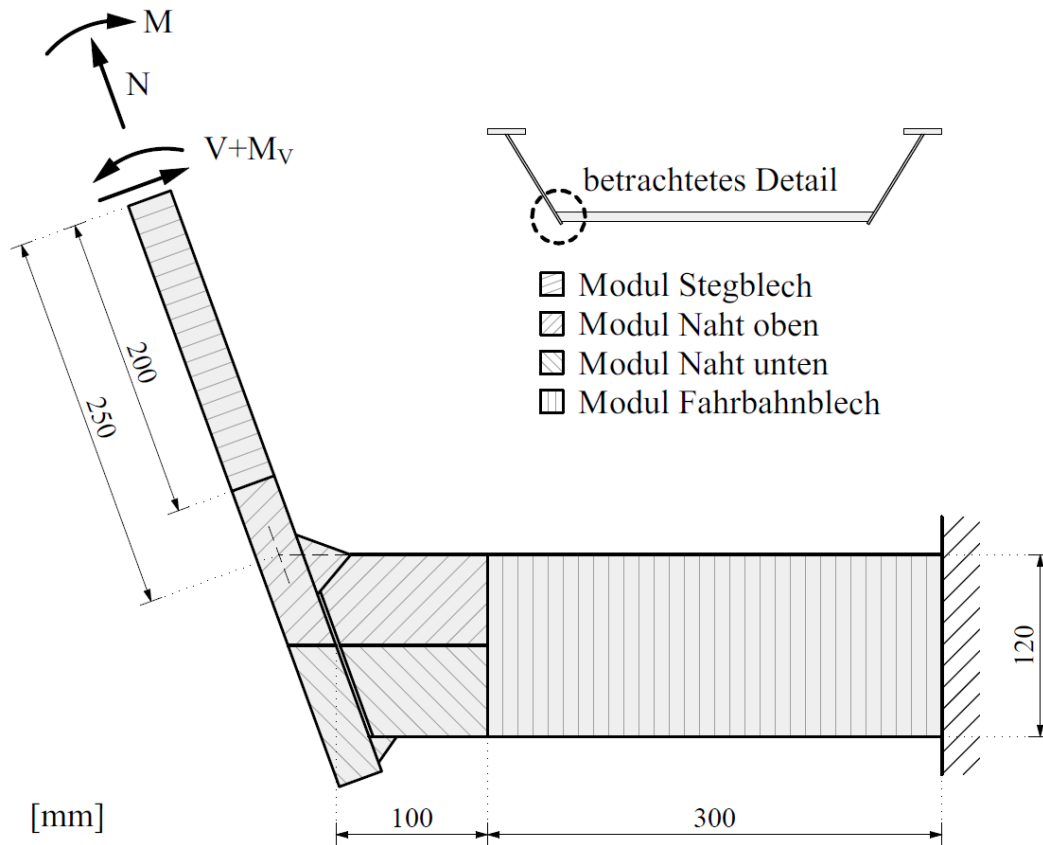


Abbildung 3.1: Darstellung der einzelnen Grundbausteine inklusive Lagerung und Belastung (siehe auch [Schachinger, M., 2018]).

Im gesamten Bearbeitungsverlauf wird keine Auswahl der Einheiten von den Eingabeparametern verlangt, wodurch die Wahl zwingend einheitlich erfolgen muss. Für das herausgelöste Trogbauweise-Detail werden die Grundeinheiten [m] und [kN] gewählt.

3.2 Vernetzung und Netzverfeinerung - Modul Mesh

Die Generierung des FE-Netzes, sprich die Diskretisierung eines Grundbausteins kann prinzipiell auf drei Arten oder durch Mischformen erfolgen:

- Automatische Vernetzung: Die Festlegung von Größe und Anordnung der Finiten Elemente erfolgt durch die FE-Software.
- Automatische Vernetzung mit Partitionierung: Durch eine systematische Zerlegung der Grundbausteine in sogenannte *Partition cells* können an den Trennflächen Elementfugen erzwungen werden.

- Manuelle Vernetzung: Durch die Definition von Zwangsknoten, den sogenannten *Seeds*, welche als Randpunkte der einzelnen Finiten Elemente aufzufassen sind, kann die Vernetzung des Grundbausteins vorgegeben werden.

Die Wahl der Maschenweite des FE-Netzes hat großen Einfluss auf die Berechnungsdauer, die entstehende Datenmenge und auf die Genauigkeit der Ergebnisse, wodurch ein entsprechender Kompromiss gefunden werden muss. Schlussendlich wurde die Rechengenauigkeit allem übergeordnet, da die Ermittlung der Kerbfunktion mit Hilfe der mittels FEM berechneten effektiven Kerbspannungen erfolgt. Da diese grundsätzlich nur an sechs verschiedenen Stellen, den sogenannten kritischen Stellen K_{ij} , auftreten können muss nur in diesen Bereichen eine entsprechende Netzverdichtung vorliegen. Dazu wurde in einer Konvergenzstudie der *Technischen Universität Wien, Forschungsbereich Stahlbau*, die Maschenweite des FE-Netzes progressiv verringert, bis die Spannungswerte konvergierten. Die Ergebnisse der Konvergenzstudie für die kritischen Stellen K_{1j} (mit $j = 1, 2, 3$), sowie die Wahl der Elementtypen und Elementgrößen werden an dieser Stelle nicht explizit angeführt, es wird auf [Schachinger, M., 2018] und [Aigner, F.; et al, 2019] verwiesen.

Da in der vorliegenden Arbeit das Hauptaugenmerk auf der SWu liegt und sich die vorhin erwähnte Konvergenz-Studie ausschließlich mit der SWo beschäftigt, erfolgt nachfolgend eine weitere Betrachtung. Die Wahl der Belastung und der FE-Netz-Größe erfolgt dabei in Anlehnung an [Schachinger, M., 2018]. In der Tabelle 3.1 sind die Spannungswerte der jeweiligen Netzweiten aufgelistet, eine Darstellung erfolgt in Abbildung 3.2.

$M = 2,25 \text{ kNm}$, Modellbildung mit Spalt, 110-20-16-8 (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten})						
FE-Netz-Größe [mm]	5,0000	1,0000	0,7500	0,5000	0,2500	0,1000
$\sigma_{k,K21}$ [N/mm ²]	21,33	21,39	22,48	24,88	30,21	33,67
$\sigma_{k,K22}$ [N/mm ²]	5,03	7,22	7,29	7,60	8,40	8,58
$\sigma_{k,K23}$ [N/mm ²]	9,15	13,46	14,02	14,82	15,75	16,24
FE-Netz-Größe [mm]	0,0750	0,0500	0,0250	0,0100	0,0075	0,0050
$\sigma_{k,K21}$ [N/mm ²]	35,09	35,85	36,62	37,19	37,18	37,18
$\sigma_{k,K22}$ [N/mm ²]	8,58	8,55	8,54	8,53	8,53	8,53
$\sigma_{k,K23}$ [N/mm ²]	16,29	16,30	16,32	16,34	16,38	16,36

Tabelle 3.1: Auflistung der effektiven Kerbspannungen an der kritischen Stelle K_{21} bei Variation der FE-Netz-Größe

Nach Tabelle 3.1 konvergieren die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21}$ an der kritischen Stelle K_{21} ab einer Maschenweite von 0,01 mm. Dies entspricht den Erkenntnissen der Konvergenzstudie für die kritische Stelle K_{1j} . Für die Ausrundung der Kerbe sowie für die Schweißnahtwurzel wird die Maschenweite der Finiten Elemente mit 0,01 mm definiert. Alle sonstigen Bereiche werden mittels deutlich größerer Finiten Elemente modelliert. Zur Vermeidung von numerischen Ungenauigkeiten erfolgt der Übergang kontinuierlich.

Die Diskretisierung in unmittelbarer Nähe der kritischen Stellen und in Modul Stegblech

und Fahrbahnblech erfolgt mit Rechteckelementen. In den Übergangsbereichen werden Dreieckselemente verwendet.

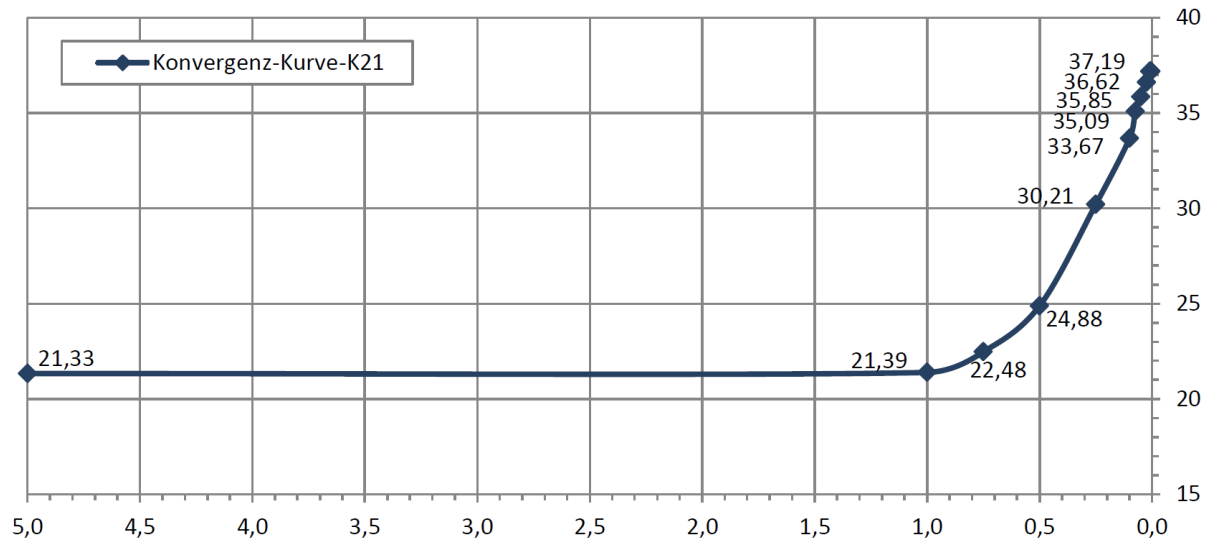


Abbildung 3.2: Verlauf der effektiven Kerbspannung in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ an der kritischen Stelle K21 in Abhängigkeit der FE-Netz-Größe in $[\text{mm}]$.

An den kritischen Stellen K_{ij} werden aufgrund der großen Spannungskonzentration Rechteckelemente eingesetzt, welche die finale Maschenweite gemäß der Konvergenzstudie aufweisen. Die Annäherung an die angestrebte Netzverdichtung erfolgt durch eine Bereichsabgrenzung mittels der Funktion *Partition cell*. So wird eine zunehmende Netzverdichtung von der Partitionierungsabgrenzung bis hin zur fiktiven Kerbenausrundung erzielt werden. Die Definition der Partitionierungsgrößen, sowie der schlussendlich gewählten Maschenweite ist in Abbildung 3.3 dargestellt. Eine Darstellung der Diskretisierung vom herausgelösten Teilsystem der Trogbrücke bzw. von der Verdichtung an der SWu erfolgt in Abbildung 3.4 und 3.5.

Die Bezeichnungen der verwendeten Finiten Elemente werden nachfolgend aufgelistet und im Anschluss erklärt.

- Rechteckelement - CPS8: *8-node biquadratic plane stress quadrilateral*, voll integriertes Element in Bereichen mit großer Spannungskonzentration, sowie in den allgemeinen, kontinuierlichen Bereichen
- Dreieckelement - CPS6: *6-node quadratic plane stress triangle*, voll integriertes Übergangselement bei komplizierter Geometrie

Die Bezeichnungen der Finiten Elemente umfassen einen *Typ* (C ... Kontinuumelemente), eine *Dimension* (PS ... ebener Spannungszustand), eine *Nummer* (6 bzw. 8 Elementknoten) und einen *Postfix* (voll integrierte Elemente¹).

¹Im vorliegenden Fall wird die Grundeinstellung verwendet. Lediglich die Wahl eines anderen *Postfix* hätte einen weiteren Buchstaben in der Bezeichnung zur Folge (bspw. R ... reduzierte Integration).

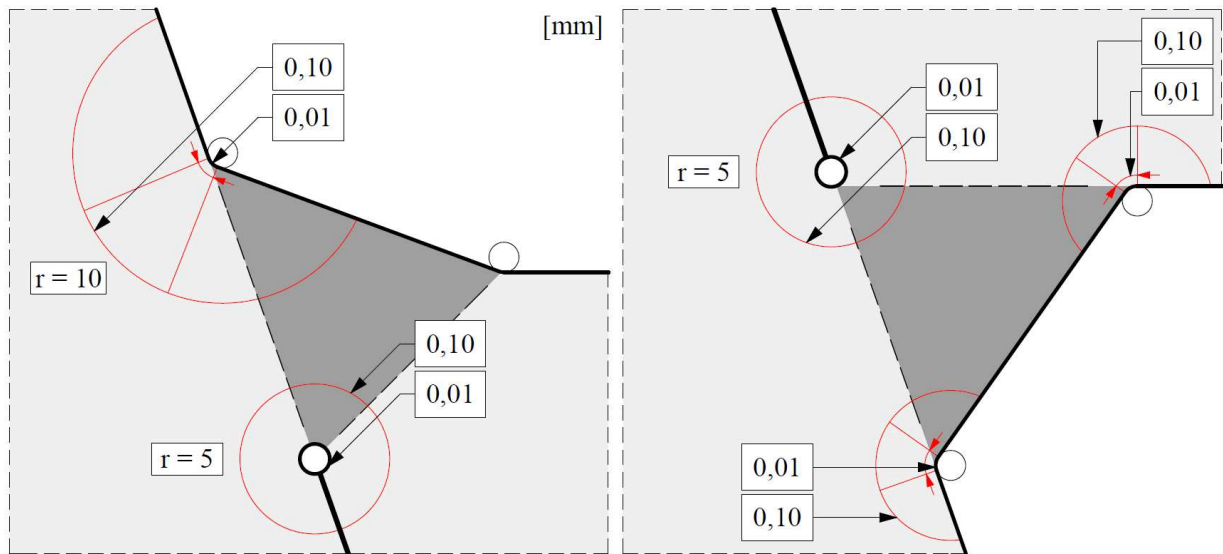


Abbildung 3.3: Partitionierung und FE-Netz-Verdichtung im Bereich der kritischen Stellen mit der Elementgröße entlang der Kerbe und dem Partitionsrand. Links: SWo mit K11, K12 und K13. Rechts: SWu mit K21, K22 und K23.

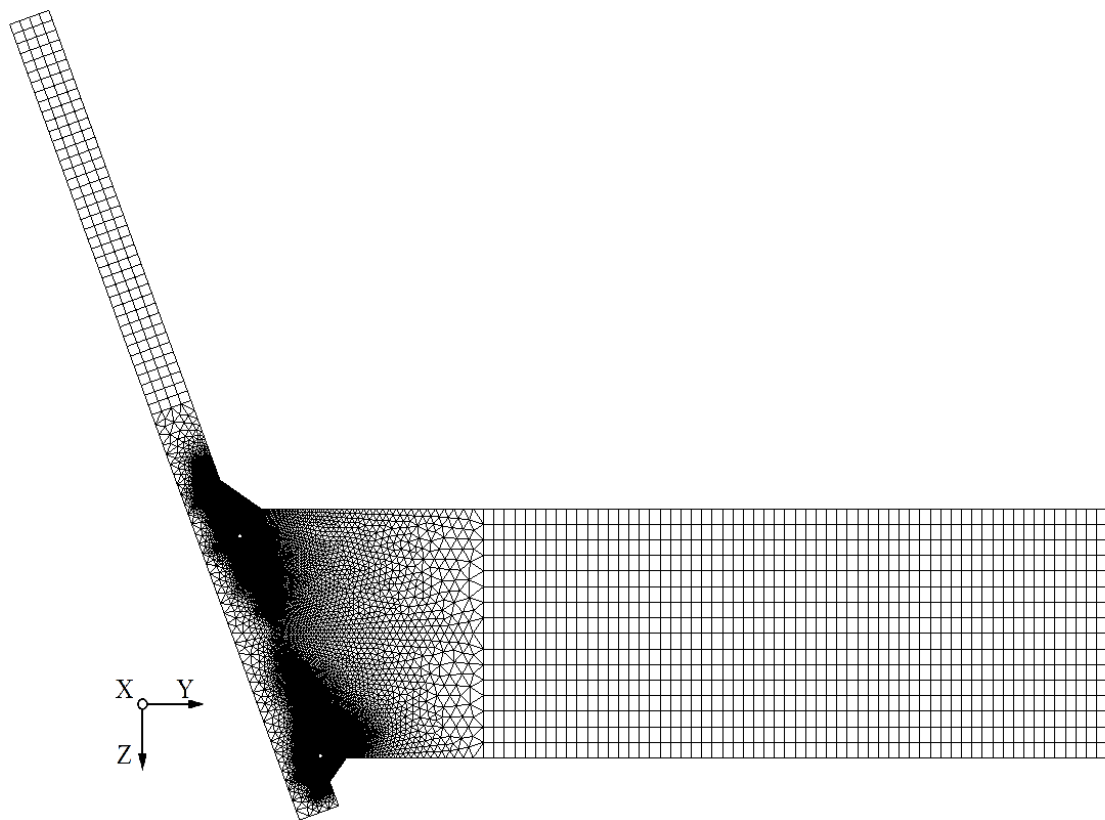


Abbildung 3.4: Darstellung des FE-Netzes vom herausgelösten Teilsystem des Trogbriicken-Querschnitts, ohne der Darstellung von Lasten oder Lagerungsbedingungen.

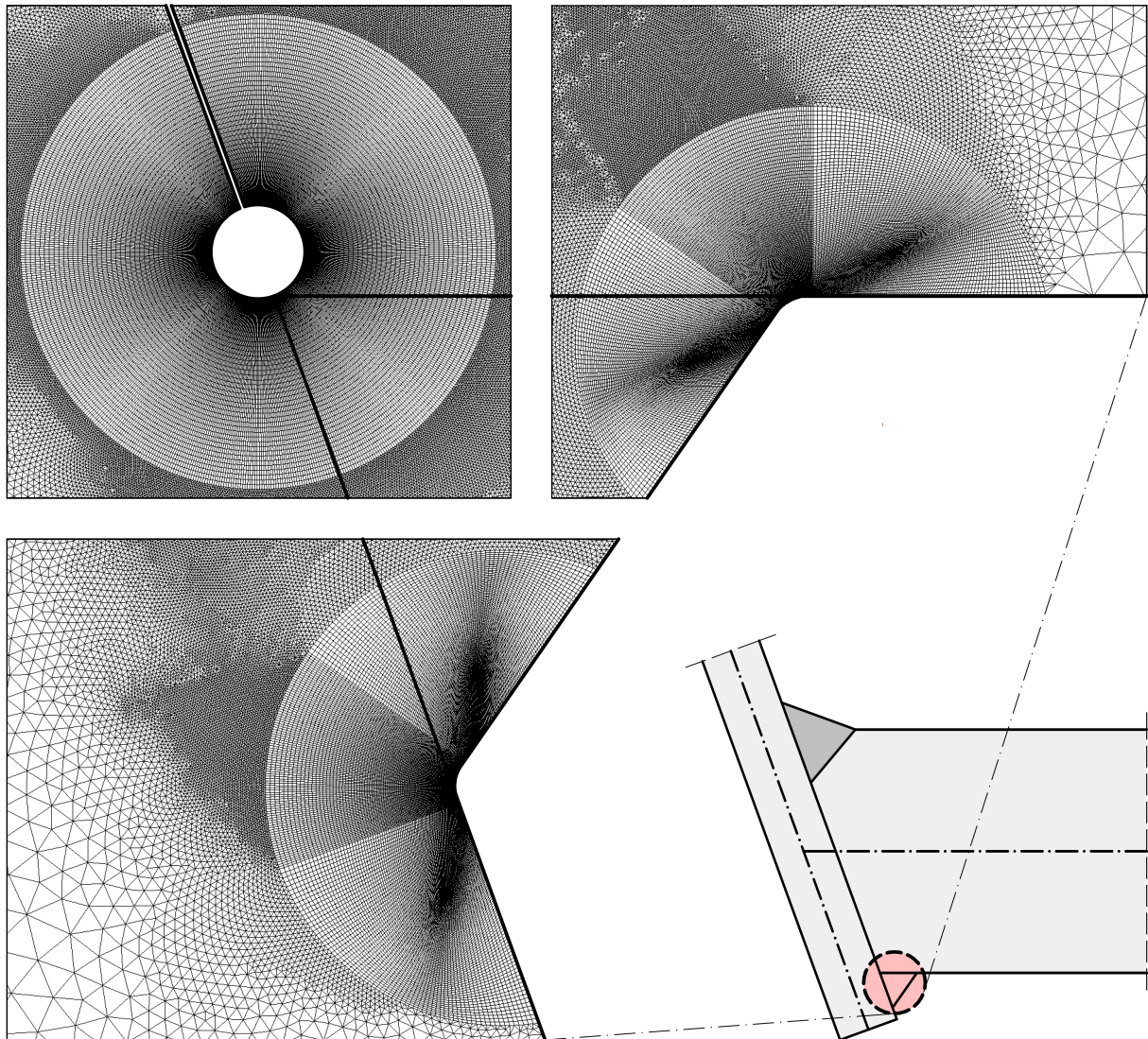


Abbildung 3.5: Darstellung des verdichteten FE-Netzes im Bereich der unteren Scheißnaht.

3.3 Materialparameter - Modul *Property*

Für die Zuweisung der mechanischen Kennwerte an die einzelnen Grundbausteine wird zunächst mit Hilfe der im Modul *Property* eingegliederten Option *Materials* ein Materialmodell definiert. Die Verknüpfung der Grundbausteine mit dem definierten Material erfolgt mit dem Posten *Sections*. In diesem Arbeitsschritt wird auch die Homogenität des Materials festgelegt. Das Material wird wie folgt definiert.

- Material behaviors: elastic, isotropic
- Young's Modulus: 210.000.000 [kN/m²]
- Poisson's Ratio: 0,30 [–]

3.4 Gesamtmodell - *Assembly*

Zuvor wurden lediglich einzelne Grundbausteine mit lokalem Koordinatensystem definiert, welche nun zu einem Gesamtmodell mit globalen Koordinatensystem zusammengefügt werden müssen. Dazu werden im Modul *Assembly* mittels der Option *Instances* verschiedene Grundbausteine in eine ebene Arbeitsfläche mit globalen Koordinatensystem eingespielt. Beim Erstellen der jeweiligen *Instance* kann durch die Auswahl der Funktion *Dependent Instance Type* ein Grundbaustein mit allen zuvor definierten Einstellungen, wie dem Material, der Diskretisierung, etc. eingelesen werden. Nach der entsprechenden Manipulation der einzelnen *Instances* auf deren endgültige Position, müssen die Randknoten der Verbindungskanten mit Hilfe der Option *Merge/Cut Instances* verbunden werden. Nun liegt ein Gesamtmodell des herausgelösten Teilsystems des Trogbrückenquerschnitts vor, welches gelagert und belastet werden kann.

3.5 Berechnungsschritte - Modul *Step*

Die Festlegung eines Rechenlogarithmus, einzelner Lastschritte oder einer Belastungsgeschichte erfolgt im Modul *Step*. Mit dem sogenannten *Initial Step*, werden die grundlegenden Einstellungen an den *Solver* übermittelt. Dies betrifft auch Daten bezüglich der Modelllagerung oder, falls vorhanden, etwaige Definitionen zur Interaktion angrenzender Einzelmodule. Anschließend werden die Lastschritte mittels einzelner *Analyse Steps* definiert. Für jede definierte Laststufe wird ein eigener *Analyse Step* erstellt, für den die entsprechenden Ergebnisse ausgelesen werden können.

3.6 Randbedingungen - Modul *Load*

Die Festlegung einer entsprechenden Umgebung des Modells erfolgt mit dem Modul *Load*. Durch die Definition der sechs räumlichen Freiheitsgrade je Knoten mittels der Module *Boundary Conditions* und *Loads* können verschiedenartige Randbedingungen entsprechend ihrer Wirkungsweise und Wirkungsdauer vorgegeben werden. Für die Aufgaben des konstruktiven Ingenieurbaus fällt darunter die Definition von Lasten, Zwangsverschiebungen, Lagerungsbedingungen, etc.

Die Definition der Lagerungsbedingungen erfolgt mit dem Modul *Boundary Conditions*. Durch die Betrachtung eines ebenen Teilsystems des Trogbrückenquerschnitts muss die Lagerung der Fahrbahnplatte äquivalent zu den vorherrschenden Randbedingungen des Gesamtsystems sein. Dazu werden alle Knoten am rechten Ende des Fahrbahnblech-Moduls in der globalen Y-Z-Ebene unverschieblich gewählt. Es ergibt sich somit eine Einspannung im Feldbereich des Fahrbahnbleches, wie dies in Abbildung 3.6 dargestellt wird.

Die Definition der Lasten erfolgt mit dem Modul *Loads*. Durch die Betrachtung eines Teilsystems des Trogbrückenquerschnitts muss die Last statisch äquivalent zu der vorherrschenden Schnittgröße sein. Dazu wird die Schnittkraft am freigeschnittenen Stegblech

durch fünf Knotenkräfte beschrieben. Die Lastangriffspunkte, das globale Koordinatensystem $\{X, Y, Z\}$ und das lokale Koordinatensystem $\{C_1, C_2\}$, welche zur Beschreibung der Knotenkräfte notwendig sind, werden in Abbildung 3.6 definiert.

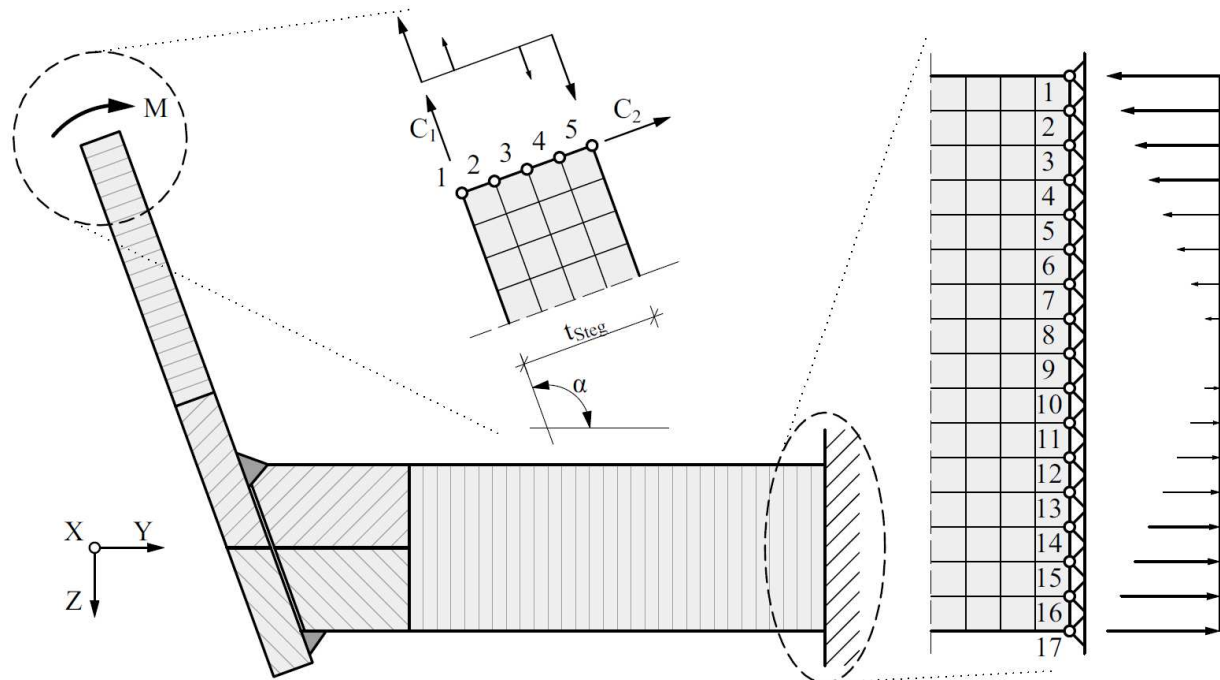


Abbildung 3.6: Darstellung des Teilsystems des Trogbrückenquerschnittes (links, unten), des Lastansatzes für ein positives Biegemoment durch statisch äquivalente Knotenkräfte in den lokalen Knotenpunkten 1 bis 5 (oben, mittig) und der einzelnen Auflager mit der jeweiligen Lagerreaktion in den lokalen Knotenpunkten 1 bis 17 (rechts).

Die Umrechnung einer Schnittkraft in die statisch äquivalenten Knotenkräfte wird für die Normalkraft $N = 100$ kN, das Biegemoment $M = 10$ kNm und die Querkraft $V = 5$ kN in den Tabellen 3.2 bis 3.4 exemplarisch dargestellt.

Für die Ermittlung der effektiven Kerbspannung σ_k werden die konkrete Einwirkung sowie die entsprechenden Interaktionen in den jeweiligen Unterkapiteln der Ergebnisauswertung definiert.

Lastansatz infolge Normalkraft $N = 100 \text{ kN/m}$				
Knoten-Nr.	Y-Ri (global)	Z-Ri (global)	C_1 -Ri (lokal)	C_2 -Ri (lokal)
1	-6,84	-18,79	20,000	0,000
2	-6,84	-18,79	20,000	0,000
3	-6,84	-18,79	20,000	0,000
4	-6,84	-18,79	20,000	0,000
5	-6,84	-18,79	20,000	0,000

Tabelle 3.2: Lasten infolge der Normalkraft $N = 100 \text{ kN/m}$ am freigeschnittenen Stegblech bei einer Stegblechdicke $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$ und einem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 110^\circ$

Lastansatz infolge Biegemoment $M = 10 \text{ kNm/m}$				
Knoten-Nr.	Y-Ri (global)	Z-Ri (global)	C_1 -Ri (lokal)	C_2 -Ri (lokal)
1	-91,205	-250,585	266,667	0,000
2	-45,603	-125,292	133,333	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000
4	45,603	125,292	-133,333	0,000
5	91,205	250,585	-266,667	0,000

Tabelle 3.3: Lasten infolge des Biegemomentes $M = 10 \text{ kNm/m}$ am freigeschnittenen Stegblech bei $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$ und $\alpha = 110^\circ$

Lastansatz infolge Querkraft $V = 5 \text{ kN/m}$				
Knoten-Nr.	Y-Ri (global)	Z-Ri (global)	C_1 -Ri (lokal)	C_2 -Ri (lokal)
1	0,203	-0,074	0,000	0,216
2	1,284	-0,467	0,000	1,367
3	1,725	-0,628	0,000	1,835
4	1,284	-0,467	0,000	1,367
5	0,203	-0,074	0,000	0,216
Lastansatz infolge Rückstellmoment $M_V = 1,889 \text{ kN/m}$				
Knoten-Nr.	Y-Ri (global)	Z-Ri (global)	C_1 -Ri (lokal)	C_2 -Ri (lokal)
1	17,224	47,323	-50,360	0,000
2	8,612	23,662	-25,180	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000
4	-8,612	-23,662	25,180	0,000
5	-17,224	-47,323	50,360	0,000
Gesamter Lastansatz infolge Querkraft und Rückstellmoment				
Knoten-Nr.	Y-Ri (global)	Z-Ri (global)	C_1 -Ri (lokal)	C_2 -Ri (lokal)
1	17,427	47,249	-50,360	0,216
2	9,896	23,194	-25,180	1,367
3	1,725	-0,628	0,000	1,835
4	-7,328	-24,129	25,180	1,367
5	-17,022	-47,397	50,360	0,216

Tabelle 3.4: Lasten infolge der Querkraft $V = 5 \text{ kN/m}$ am freigeschnittenen Stegblech bei einer Stegblechdicke $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$ und einem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 110^\circ$



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kapitel 4

Variation der Parameter

Im gegenständlichen Kapitel wird untersucht, wie sich die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ verändert, wenn die geometrischen Parameter der SWo (a_{oben} , β_1 , β_2 , β_3) variiert werden. Dazu wird für ausgewählte Parameterfelder die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,FE}$ ermittelt und durch den Vergleich der Ergebniswerte kann darauf geschlossen werden, ob die effektive Kerbspannung wesentlich von einem Parameter beeinflusst wird. In diesem Kapitel geht es somit hauptsächlich darum, gewisse geometrische Parameter auszuschließen.

4.1 Parameter a_{oben}

Um den Einfluss von a_{oben} auf die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,FE}$ zu untersuchen wird ein Parameterumfeld geschaffen, welches dafür sorgt, dass die Kerbwirkung am obersten Punkt der SWo gleich bleibt. Dazu wird der Winkel β_3 in Abhängigkeit des Winkels α variiert, sodass der Neigungswinkel von der Schweißnahtoberfläche zur Stegblechoberfläche immer gleich ist. Die so ermittelten effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,FE}$ sind im Anhang A in Tabelle A.1 aufgelistet. Da es sich bei der kritischen Stelle $K21$ um eine Schweißnahtwurzel handelt, ergeben sich aufgrund der Modellierung mit einer kreisförmigen Öffnung mit einem effektiven Kerbradius zwei Extremwerte (Minimum und Maximum), wobei ausschließlich der betragsmäßig größere Wert aufgelistet wird. Für die Beurteilung, ob eine Abhängigkeit von a_{oben} für $\sigma_{k,K21,FE}$ vorliegt, sind die ermittelten effektiven Kerbspannungen als Funktion von der oberen Schweißnahtdicke $\sigma_{k,K21,FE}(a_{oben})$, je nach Momenten-, Querkraft- und Normalkraftbeanspruchung, in den Abbildungen 4.1 bis 4.3 dargestellt. Die effektive Kerbspannung infolge Momenten-, Normalkraft- und Querkraftbeanspruchung $\sigma_{k,K21,i,FE}$ mit ($i = m, n, v$) ist gemäß Abbildung 4.1, 4.2 und 4.3 deutlich von der oberen Schweißnahtdicke a_{oben} abhängig. Mit Hilfe der Daten aus Tabelle A.1 ergibt sich für $\sigma_{k,K21,m,FE}$ eine Bandbreite von rund 12,2% (siehe Gleichung 4.1), für $\sigma_{k,K21,n,FE}$

eine Bandbreite von rund 10,2% (siehe Gleichung 4.2) und für $\sigma_{k,K21,v,FE}$ eine Bandbreite von rund 11,0% (siehe Gleichung 4.3), wobei a_{oben} mit dem Wertebereich $\{ 8, 10, 16 \}$ [mm] betrachtet wurde.

$$\frac{1}{N_i} \cdot \sum_{i=1}^{N_i} \left[1 - \frac{(\sigma_{k,K21,m,FE})_{min,i}}{(\sigma_{k,K21,m,FE})_{max,i}} \right] = 0,122 \quad (4.1)$$

$$\frac{1}{N_i} \cdot \sum_{i=1}^{N_i} \left[1 - \frac{(\sigma_{k,K21,n,FE})_{min,i}}{(\sigma_{k,K21,n,FE})_{max,i}} \right] = 0,102 \quad (4.2)$$

$$\frac{1}{N_i} \cdot \sum_{i=1}^{N_i} \left[1 - \frac{(\sigma_{k,K21,v,FE})_{min,i}}{(\sigma_{k,K21,v,FE})_{max,i}} \right] = 0,110 \quad (4.3)$$

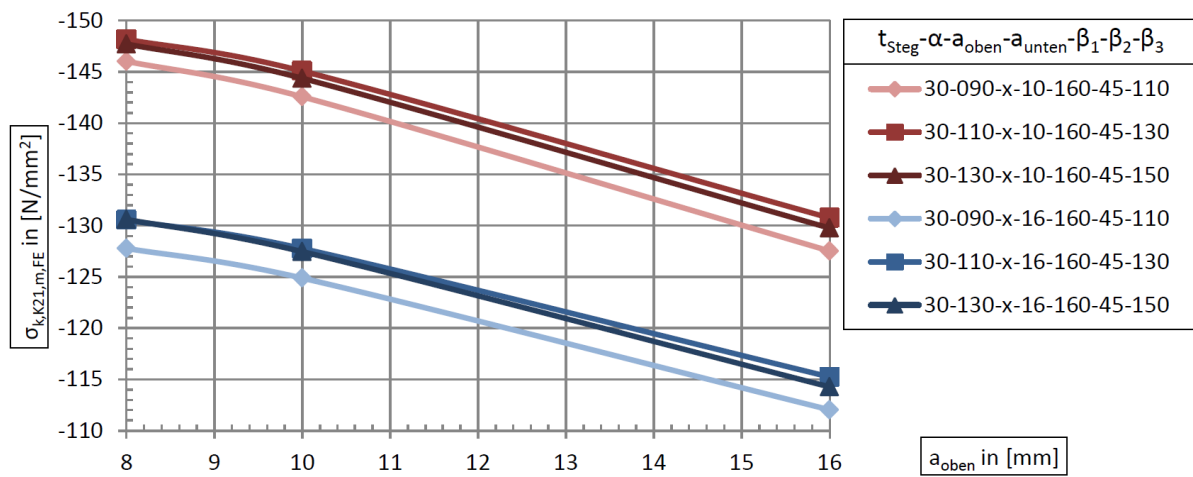


Abbildung 4.1: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m,FE}$ als Funktion von a_{oben} für ausgewählte Modellvariationen ($t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3$).

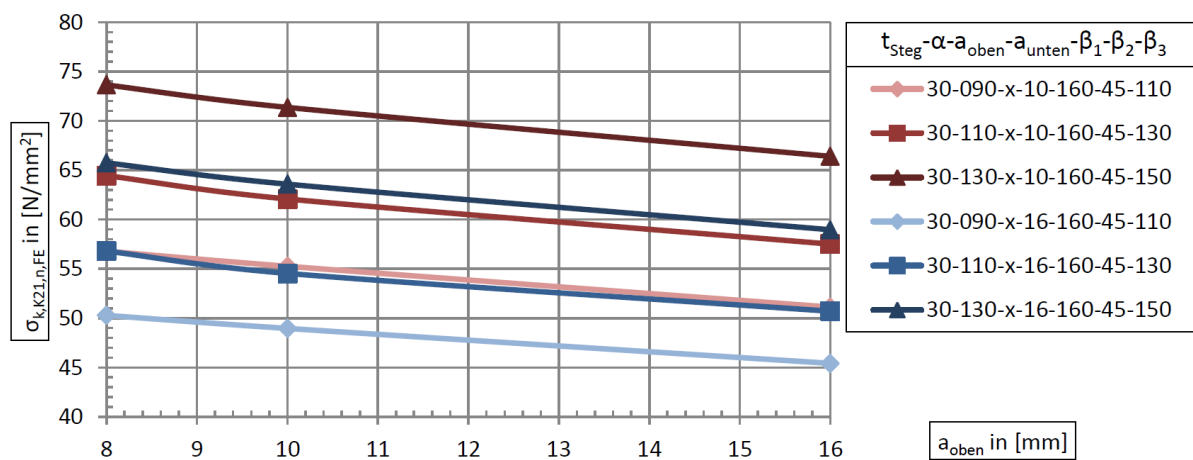


Abbildung 4.2: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,n,FE}$ als Funktion von a_{oben} für ausgewählte Modellvariationen ($t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3$).

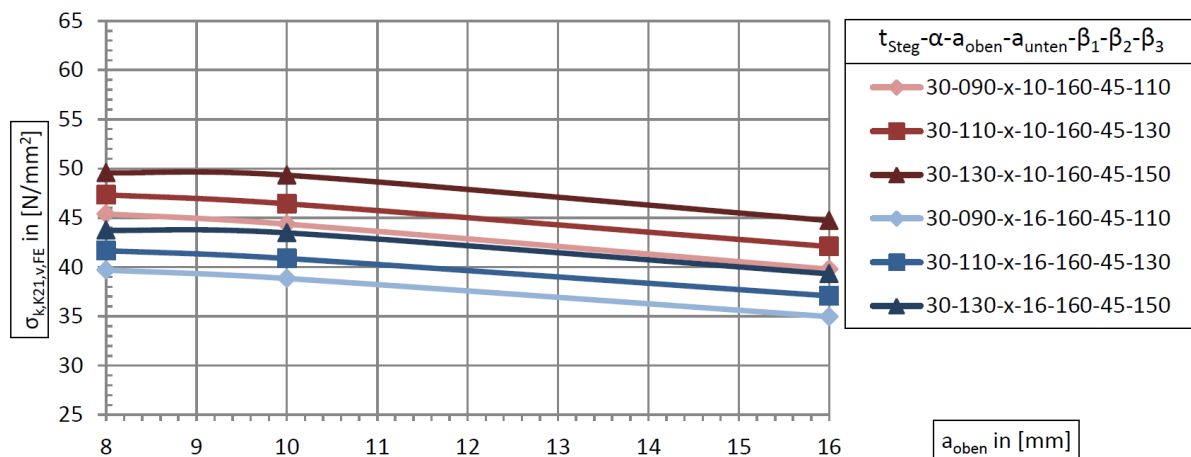


Abbildung 4.3: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v,FE}$ als Funktion von a_{oben} für ausgewählte Modellvariationen ($t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3$).

Wie in den Abbildungen 4.1 bis 4.3 gezeigt wurde, sorgt die obere Schweißnahtdicke a_{oben} bei der effektiven Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ für eine mittlere Bandbreite von rund 11%, weshalb dieser Parameter für die weiteren numerischen Analysen gemäß dem Wertebereich nach Kapitel 2.3 variiert wird.

4.2 Parameter β_1

Zur Definition aller Winkel der SWo wurden die Winkel β_i eingeführt. Der Parameter β_1 ist abhängig von α und β_3 und kann gemäß [Schachinger, M., 2018] wie folgt ausgedrückt werden:

$$\beta_1 = 180^\circ - \beta_3 + \alpha \quad (4.4)$$

Somit ist β_1 kein unabhängiger Parameter und wird hier nicht herangezogen, dessen Einfluss auf die effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}$ zu untersuchen.

4.3 Parameter β_2

Die ermittelten effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,FE}$ sind für ausgewählte Modellvariationen mit dem Winkel $\beta_2 = 45^\circ$ bzw. 60° in Tabelle A.2 aufgelistet, wobei wiederum ausschließlich der betragsmäßig größere Extremwert an der Schweißnahtwurzel aufgelistet ist. Für die Beurteilung, ob für $\sigma_{k,K21,FE}$ eine Abhängigkeit von β_2 vorliegt, werden die ermittelten effektiven Kerbspannungen als Funktion vom Öffnungswinkel der SWo $\sigma_{k,K21,FE}(\beta_2)$ je nach Momenten-, Querkraft- und Normalkraftbeanspruchung in den Abbildungen 4.4 bis 4.6 dargestellt.

Der annähernd konstante Verlauf der effektiven Kerbspannung infolge Momenten-, Normalkraft und Querkraftbeanspruchung $\sigma_{k,K21,i,FE}$ mit ($i = m, n, v$) in den Abbildungen 4.4,

4.5 und 4.6 deutet darauf, dass der Einfluss vom Parameter β_2 auf die effektive Kerbspannung nicht sehr ausgeprägt ist. Die betragsmäßig maximalen Kerbspannungen ergeben sich für $\beta_2 = 60^\circ$. Für die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,FE}$ stellt sich nach Tabelle A.2 eine mittlere (bzw. maximale) Bandbreite von rund 0,68% (bzw. 3,12%) ein, wodurch die Approximierung durch einen fixierten Winkel β_2 hinreichend genau ist.

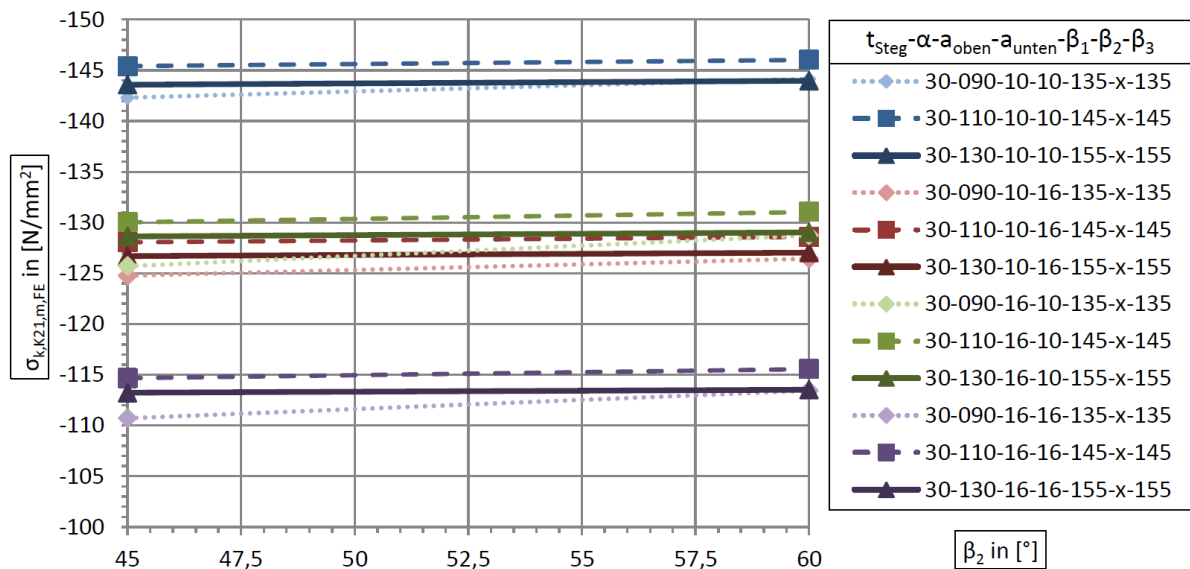


Abbildung 4.4: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m,FE}$ als Funktion von β_2 für ausgewählte Modellvariationen mit $\beta_1 = \beta_3$ ($t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3$).

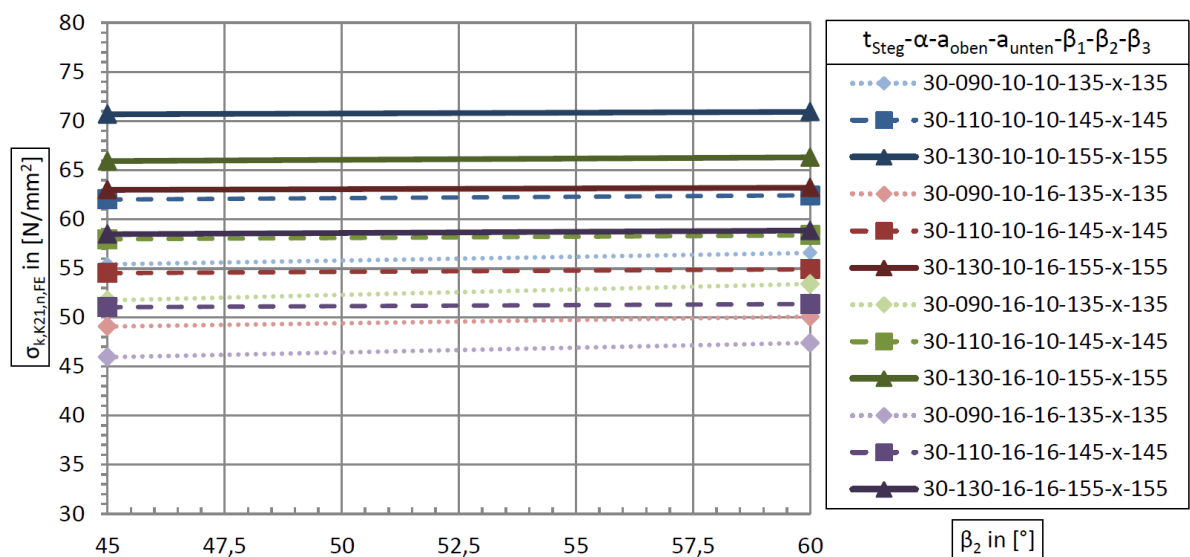


Abbildung 4.5: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,n,FE}$ als Funktion von β_2 für ausgewählte Modellvariationen mit $\beta_1 = \beta_3$ ($t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3$).

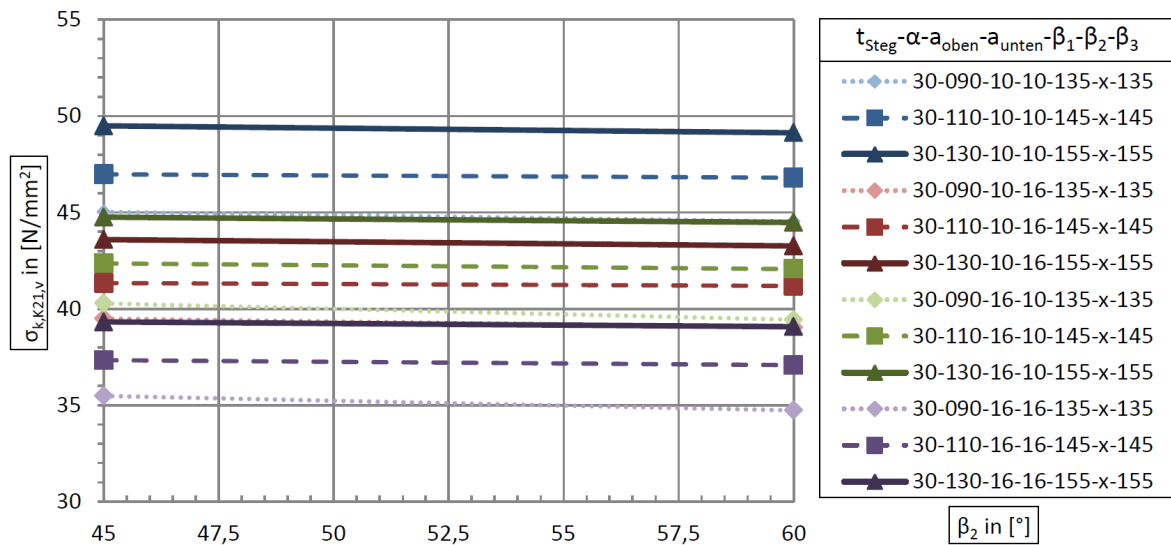


Abbildung 4.6: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v,FE}$ als Funktion von β_2 für ausgewählte Modellvariationen mit $\beta_1 = \beta_3$ (t_{Steg} - α - a_{oben} - a_{unten} - β_1 - β_2 - β_3).

Wie in den Abbildungen 4.4 bis 4.6 gezeigt wurde, sorgt der Winkel β_2 bei der effektiven Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ für eine mittlere Bandbreite von rund 0,68%, weshalb dieser Parameter für die weiteren numerischen Analysen mit 60° gewählt wird.

4.4 Parameter β_3

Die ermittelten effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,FE}$ sind für ausgewählte Modellvariationen mit unterschiedlichem Winkel β_3 in Tabelle A.3 aufgelistet, wobei wiederum ausschließlich der betragsmäßig größere Extremwert an der Schweißnahtwurzel aufgelistet ist. Für die Beurteilung, ob für $\sigma_{k,K21,FE}$ eine Abhängigkeit von β_3 vorliegt, werden die ermittelten effektiven Kerbspannungen als Funktion vom Winkel zwischen Stegblechoberfläche und Schweißnahtoberfläche $\sigma_{k,K21,FE}(\beta_3)$ je nach Momenten-, Querkraft- und Normalkraftbeanspruchung in den Abbildungen 4.7 bis 4.9 dargestellt.

Der annähernd konstante Verlauf der effektiven Kerbspannung infolge Momenten, Normalkraft und Querkraftbeanspruchung $\sigma_{k,K21,i,FE}$ mit ($i = m, n, v$) in den Abbildungen 4.7, 4.8 und 4.9 deutet darauf, dass der Einfluss vom Parameter β_3 auf die effektive Kerbspannung nicht sehr ausgeprägt ist. Die betragsmäßig größten Kerbspannungen ergeben sich wenn $\beta_1 = \beta_3$. Durch die Ausnutzung der Abhängigkeit beider Parameter zueinander, wird für die nachfolgenden Betrachtung β_3 wie folgt definiert wird:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 180^\circ - \beta_3 + \alpha, \quad \text{mit } \beta_1 = \beta_3 \\ \beta_3 &= 90^\circ + \alpha/2\end{aligned}\tag{4.5}$$

Für die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,FE}$ stellt sich nach Tabelle A.3 eine mittlere (bzw. maximale) Bandbreite von rund 1,27% (bzw. 3,67%) ein, wodurch die Approximierung durch einen fixierten Winkel β_3 hinreichend genau ist.

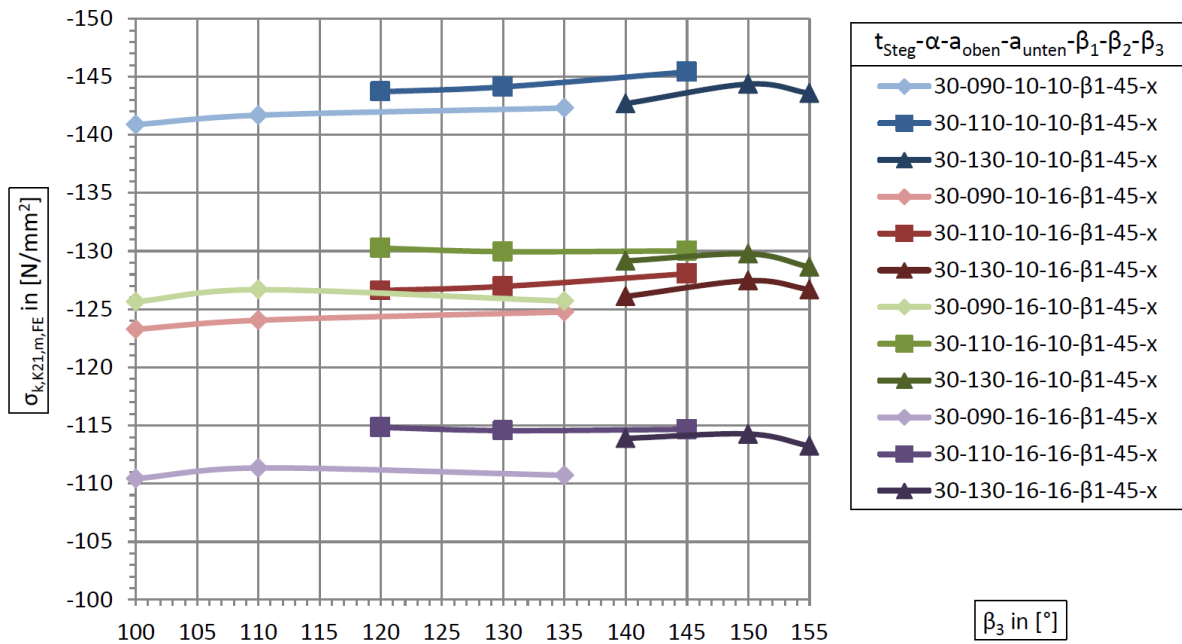


Abbildung 4.7: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m,FE}$ als Funktion von β_3 für ausgewählte Modellvariationen (t_{Steg} - α - a_{oben} - a_{unten} - β_1 - β_2 - β_3 , β_1 gemäß Gleichung 4.4).

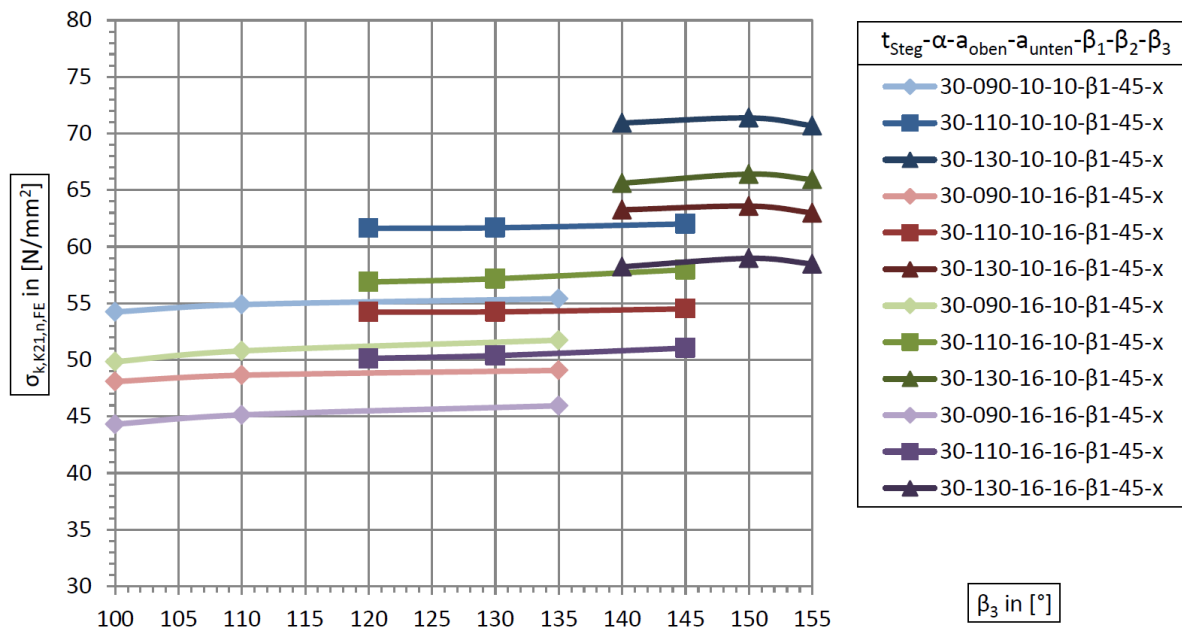


Abbildung 4.8: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,n,FE}$ als Funktion von β_3 für ausgewählte Modellvariationen (t_{Steg} - α - a_{oben} - a_{unten} - β_1 - β_2 - β_3 , β_1 gemäß Gleichung 4.4).

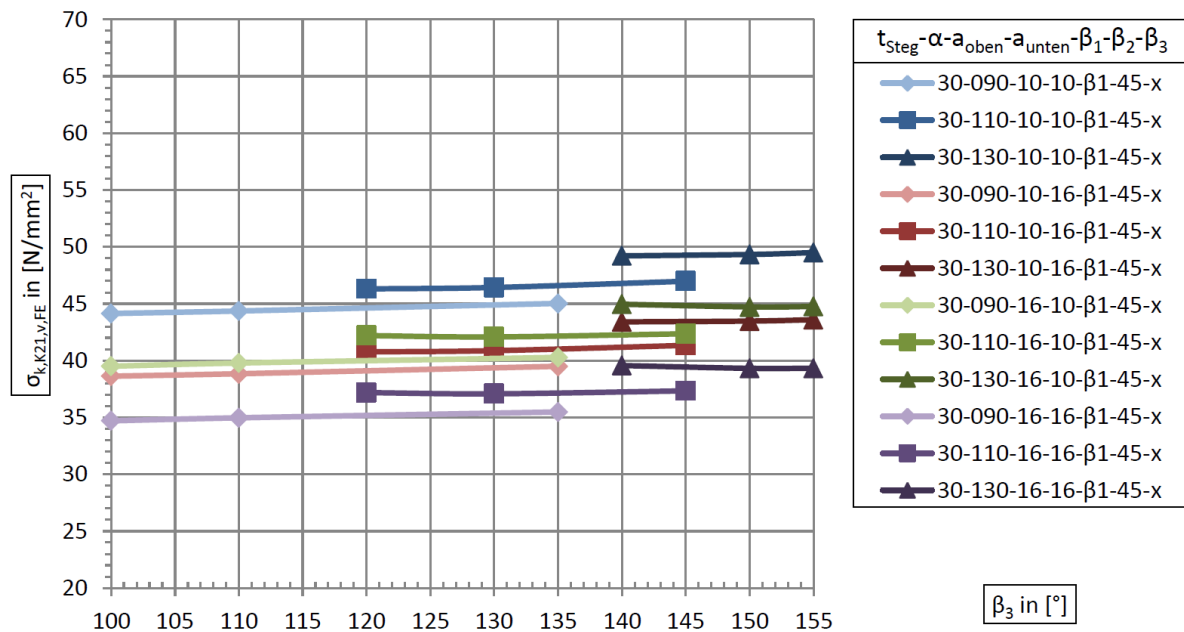


Abbildung 4.9: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v,FE}$ als Funktion von β_3 für ausgewählte Modellvariationen ($t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3$, β_1 gemäß Gleichung 4.4).

Wie in den Abbildungen 4.7 bis 4.9 gezeigt wurde, sorgt der Winkel β_3 bei der effektiven Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ für eine mittlere Bandbreite von nur rund 1,27%, weshalb dieser Parameter für die weiteren numerischen Analysen mit $90^\circ + \alpha/2$ gewählt wird.

4.5 Definition des endgültigen Parameterfeldes

Wie in den Kapiteln 4.1 bis 4.4 gezeigt wurde, weist die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,FE}$ für gewisse Parameter eine Abhängigkeit auf, während andere Parameter keinen maßgebenden Einfluss bewirken. Eine Auflistung der abhängigen und unabhängigen¹ Parameter erfolgt nachfolgend.

Beanspruchung infolge Normalkraft, Biegemoment und Querkraft:

$\alpha =$	$\{90, 110, 130\}, [^\circ]$	$t_{Fahrbahn} =$	$\{120\}, [mm]$
$t_{Steg} =$	$\{20, 30, 40\}, [mm]$	$\beta_1 = \beta_3 =$	$\{90 + \alpha/2\}, [^\circ]$
$a_{oben} =$	$\{8, 10, 16\}, [mm]$	$\beta_2 =$	$\{60\}, [^\circ]$
$a_{unten} =$	$\{5, 10, 12, 14, 16\}, [mm]$	$\gamma =$	$\{\alpha/2\}, [^\circ]$
abhängige Parameter		unabhängige Parameter	

¹Unabhängig im Sinne davon, dass die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,FE}$ durch die Parameter der entsprechenden Spalte nicht wesentlich beeinflusst wird.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kapitel 5

FEM-Analyse und Datenauswertung

Mit dem endgültigen Parameterfeld nach Kapitel 4.5 kann nun eine Parameterstudie an der kritischen Stelle $K21$ durchgeführt werden. Die Modellierung dieser Stelle erfolgt mittels einer kreisförmigen Öffnung mit einem effektiven Kerbradius $\rho_f = 1$ mm, wodurch zwei Spannungsspitzen an der Kerbenoberfläche auftreten. Diese werden in weiterer Folge mittels *Min.* und *Max.* in den jeweiligen Tabellen gekennzeichnet. Die Ermittlung der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,FE}$ erfolgt getrennt für die Schnittgrößen Normalkraft N , Biegemoment M und Querkraft V . Die Spannungsextrempunkte je Schnittgröße treten jedoch nicht immer an der gleichen Stelle auf, wodurch keine direkte additive Überlagerung der effektiven Kerbspannungen möglich ist. Erst durch die Schaffung einer Abhängigkeit der Kerbspannungen zufolge der einzelnen Schnittgrößen ist eine additive Überlagerung möglich. Die prinzipielle Vorgehensweise für den weiteren Ablauf wird nachfolgend beschrieben.

- Ermittlung der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,FE}$ für das gewählte Parameterfeld.
- Ermittlung der Kerbfaktoren $K_{t,FE}$ aus den effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,FE}$ und einer Bezugsspannung σ_0 .
- Ermittlung der Kerbfunktionen \mathcal{A}_k durch die Annäherung an die Kerbfaktoren $K_{t,FE}$ mit Hilfe der Methode der Kleinsten Quadrate.
- Ermittlung von Formeln zur Beschreibung der effektiven Kerbspannungen durch das Gleichsetzen der Kerbfaktoren $K_{t,FE}$ mit den Funktionswerten der Kerbfunktion \mathcal{A}_k .

Zur Berechnung der Kerbfunktionen wird folgende mathematische Notation definiert: Lateinische Großbuchstaben, abgesehen von der Normalkraft N , dem Biegemoment M und der Querkraft V , stellen Funktionen dar. Lateinische Kleinbuchstaben stellen Koeffizienten bzw. Faktoren dar. Der Index *ber* bedeutet *berechnet* und stellt den mittels der Methode der Kleinsten Quadrate berechneten Wert dar. Die Index *fin* bedeutet *final* und stellt den endgültigen Wert der jeweiligen Parameter dar.

5.1 Definition der Bezugsspannung

Für die Ermittlung der Kerbfaktoren $K_{t,FE}$ nach Gleichung 2.1 ist noch die Definition der Bezugsspannung σ_0 notwendig. Dazu wird die Nennspannung an der Systemstelle x (gemäß den Abbildungen 5.2 bis 5.5) herangezogen. Diese Stelle befindet sich gerade noch im kontinuierlichen Bereich des Stegbleches, sprich genau über der SWo, wodurch eine einfache Spannungsermittlung möglich ist.

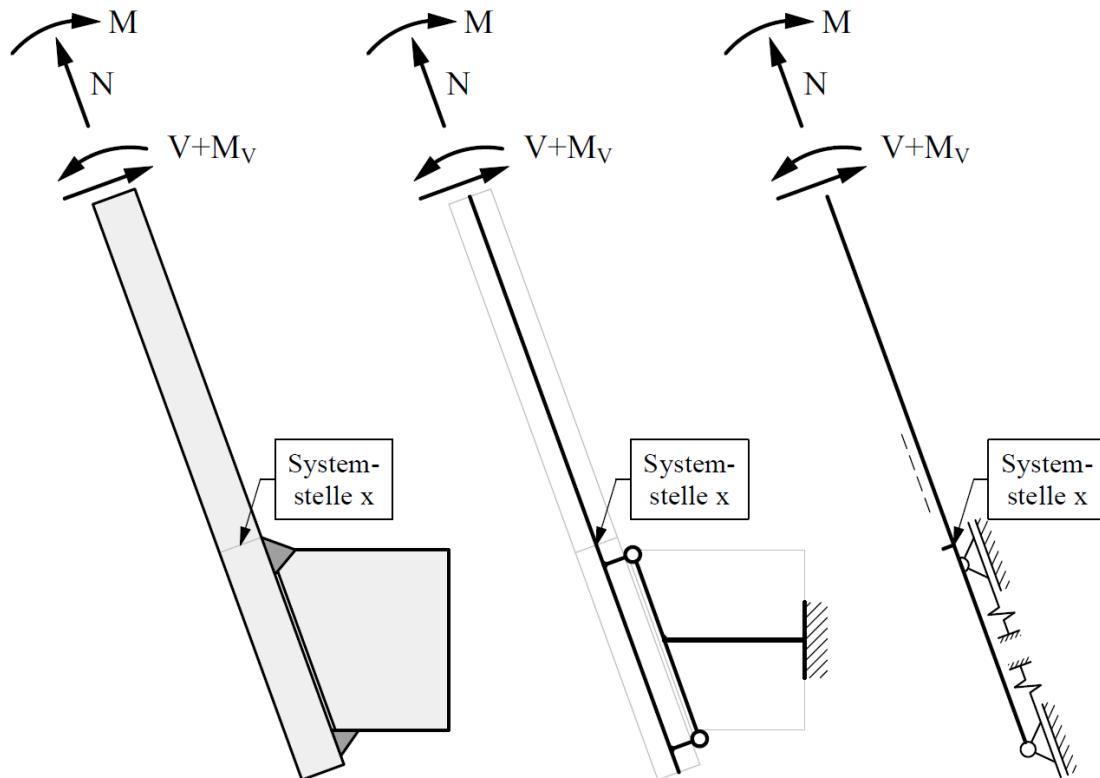


Abbildung 5.1: Darstellung verschiedener Modellbildungen inklusive der Lasten und der Systemstelle an der die Bezugsspannung ermittelt wird. Links: Teilmodell der Trogbrücke inklusive der Blechstärken. Mittig: vereinfachte Modellierung durch ein Stabsystem. Rechts: Stegblech in der vereinfachten Modellierung zur Beurteilung der Bezugsspannungen.

Für die Ermittlung der Bezugsspannung σ_0 wird von der Hauptnormalspannung nach Gleichung 5.1 ausgegangen, welche für die jeweils betrachtete Schnittgröße angepasst wird. In Abbildung 5.1 erfolgt eine Überführung vom Teilsystem des Trogbrückenquerschnitts in ein vereinfachtes Modell zur Betrachtung des Stegblechs. Die Ableitung der Normalspannungen σ_x und σ_y , sowie der Schubspannung σ_{xy} erfolgt dabei mit Hilfe der schematischen Schnittgrößenverläufe nach Abbildung 5.2 bis 5.5, welche sich infolge der jeweiligen Einwirkung am vereinfachten Stegblechmodell ergeben.

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \left[\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + (\sigma_{xy})^2 \right]^{1/2} \quad (5.1)$$

Die Bezugsspannung $\sigma_{0,n}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ infolge Normalkraftbeanspruchung ergibt sich nach Gleichung 5.2 durch das Einsetzen von $\sigma_x = \frac{N}{A}$, $\sigma_y = 0$ und $\sigma_{xy} = 0$ in Gleichung 5.1. Es werden dabei folgende Einheiten verwendet: N in $[\text{kN}/\text{m}]$, t_{Steg} in $[\text{mm}]$.

$$\sigma_{0,n} = \frac{N}{t_{Steg}} \quad (5.2)$$

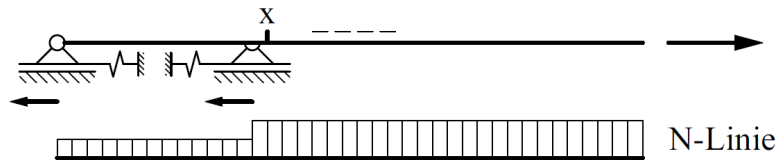


Abbildung 5.2: Schnittgrößenverlauf infolge einer einwirkenden Normalkraft N zur Bestimmung der Bezugsspannung $\sigma_{0,n}$.

Die Bezugsspannung $\sigma_{0,m}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ infolge Momentenbeanspruchung ergibt sich nach Gleichung 5.3 durch das Einsetzen von $\sigma_x = \frac{M}{W}$, $\sigma_y = 0$ und $\sigma_{xy} = 0$ in Gleichung 5.1. Es werden dabei folgende Einheiten verwendet: M in $[\text{kNm}/\text{m}]$, t_{Steg} in $[\text{mm}]$.

$$\sigma_{0,m} = \frac{6 \cdot 10^3 \cdot M}{t_{Steg}^2} \quad (5.3)$$

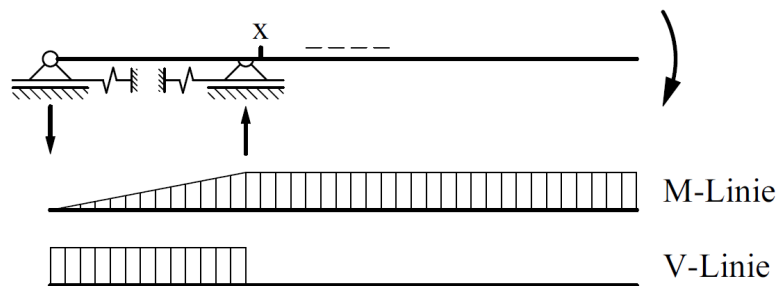


Abbildung 5.3: Schnittgrößenverlauf infolge eines einwirkenden Biegemoments M zur Bestimmung der Bezugsspannung $\sigma_{0,m}$.

Die Bezugsspannung infolge Normalkraft- oder Momentenbeanspruchung $\sigma_{0,i}$ mit $i = \{n, m\}$ kann sowohl für die Ermittlung der Kerbfaktoren $K_{t,FE}$ in Kapitel 5.2.2 und 5.3.2, als auch für die Anwendung der Formelwerke nach Kapitel 8.1 verwendet werden, da nach Abbildung 5.2 und 5.3 der Schnittgrößenverlauf entlang der Auskragung des vereinfachten Stegblechmodells konstant ist. Bei der Bezugsspannung infolge Querkraftbeanspruchung $\sigma_{0,v}$ ist dies nicht der Fall, da sich nach Abbildung 5.5 für das Rückstellmoment ein veränderlicher Verlauf einstellt. Für die Auswertung in Kapitel 5.4.3 muss $x = x_2$ gewählt werden (siehe Abbildung 5.5), da die zugrunde gelegten effektiven Kerbspannungen infolge von Lasten am Kragende ermittelt wurden, wodurch sich die Systemstelle für

die Bezugsspannung ebenfalls an dieser Stelle befinden muss. Der Abstand x_2 ergibt sich formal von der unteren Schweißnahtwurzel bis zum oberen Stegblechrand gemäß der Geometrie nach Abbildung 3.1. Für die Anwendung des Formelwerkes nach Kapitel 8.1 muss $x = x_1$ gewählt werden (siehe Abbildung 5.5), da hier jene Schnittgrößen herangezogen werden müssen, welche sich gerade noch im kontinuierlichen Bereich des Stegblechs befinden, sprich genau über der SWo.

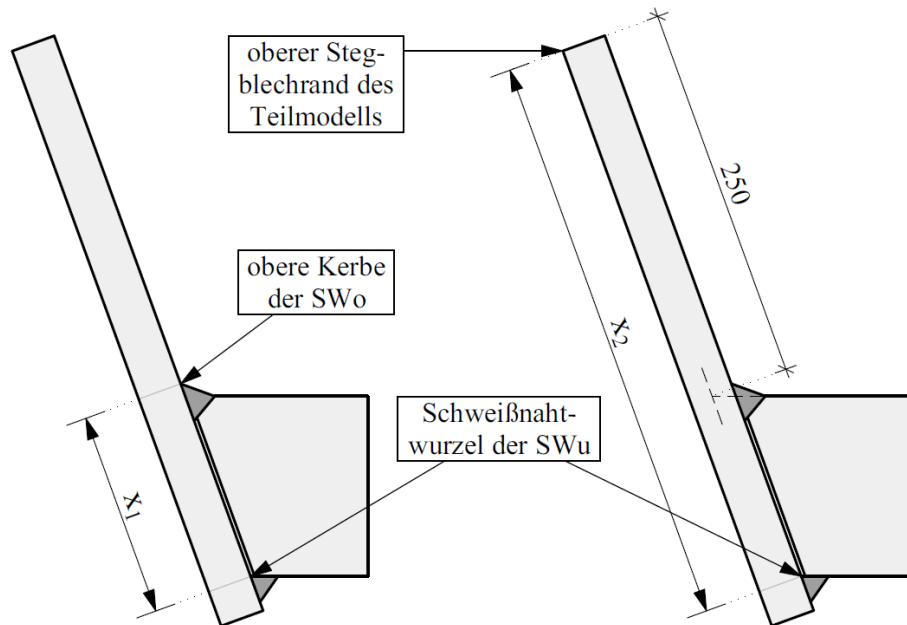


Abbildung 5.4: Definition der Abstände x_1 und x_2 zur Ermittlung der Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$. Links: Abstand x_1 für die Anwendung des Formelwerkes nach Kapitel 8.1. Rechts: Abstand x_2 für die Auswertung in Kapitel 5.4.3.

Für die Ermittlung der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,v,FE}$ ist ein rückstellendes Biegemoment M_V notwendig, welches sich nach Gleichung 5.4 ergibt.

$$M_V = V \cdot x \quad (5.4)$$

Durch das Rückstellmoment M_V bleibt nach der Stabtheorie das innere Lager in Abbildung 5.5 (entspricht SWo) kräftefrei und die einwirkende Querkraft V wird zur SWu geführt. Die Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ infolge Querkraftbeanspruchung ergibt sich nach Gleichung 5.5 bzw. 5.6 durch das Einsetzen von $\sigma_x = \frac{M_V}{W}$, $\sigma_y = 0$ und $\sigma_{xy} = \frac{3V}{2A}$ und der Berücksichtigung von Gleichung 5.4 in Gleichung 5.1. Es werden dabei folgende Einheiten verwendet: V in $[\text{kN}/\text{m}]$, x und t_{Steg} in $[\text{mm}]$.

$$\sigma_{0,v} = \frac{3V \cdot x}{A \cdot t_{Steg}} \pm \left[\left(\frac{3V \cdot x}{A \cdot t_{Steg}} \right)^2 + \left(\frac{3V}{2A} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (5.5)$$

$$\sigma_{0,v} = \frac{3V \cdot x}{A \cdot t_{Steg}} \pm \left(\frac{9V^2 \cdot x^2}{A^2 \cdot t_{Steg}^2} + \frac{9V^2}{4A^2} \right)^{1/2}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{0,v} &= \frac{3V \cdot x}{A \cdot t_{Steg}} \pm \left(\frac{36V^2 \cdot x^2 + 9V^2 \cdot t_{Steg}^2}{4A^2 \cdot t_{Steg}^2} \right)^{1/2} \\ \sigma_{0,v} &= \frac{3V \cdot x}{A \cdot t_{Steg}} \pm \left[\frac{9V^2 \cdot (4x^2 + t_{Steg}^2)}{4A^2 \cdot t_{Steg}^2} \right]^{1/2} \\ \sigma_{0,v} &= \frac{3V \cdot x}{A \cdot t_{Steg}} \pm \frac{3V}{2A \cdot t_{Steg}} \cdot (4x^2 + t_{Steg}^2)^{1/2} \\ \sigma_{0,v} &= \frac{6V \cdot x}{2A \cdot t_{Steg}} \pm \frac{3V}{2A \cdot t_{Steg}} \cdot (4x^2 + t_{Steg}^2)^{1/2} \\ \sigma_{0,v} &= \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{t_{Steg}^2} \cdot \left[2x \pm (4x^2 + t_{Steg}^2)^{1/2} \right]\end{aligned}\tag{5.6}$$

Es wurde bei der Einheitendefinition von einer Querkraft je Laufmeter ausgegangen, wodurch im letzten Schritt der zuvor angeführten Herleitung $A = 1 \cdot t_{Steg}$ berücksichtigt wurde. Für die Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ ist schließlich der betragsmäßig größte Wert heranzuziehen, wobei das Vorzeichen im weiteren Verlauf schon berücksichtigt werden muss.

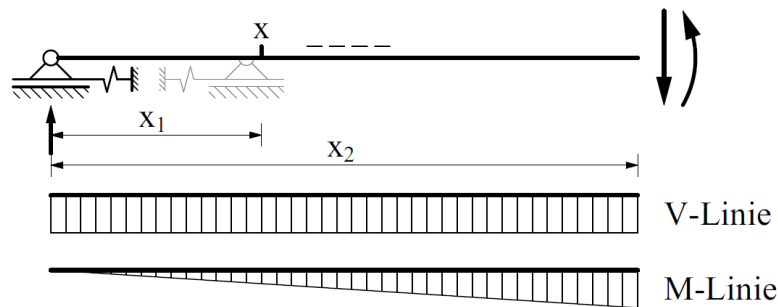


Abbildung 5.5: Schnittgrößenverlauf infolge einer einwirkenden Querkraft V zur Bestimmung der Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$.

5.2 Kerbfunktion bei reiner Normalkraft

Für die Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,n,FE}$ wird die einwirkende Normalkraft in Abhängigkeit von der Stegblechdicke t_{Steg} gewählt. Der Lastansatz erfolgt nach Kapitel 3.6.

- $t_{Steg} = 20 \text{ mm} \dots +200 \text{ kN/m} \geq N \geq -200 \text{ kN/m}$
- $t_{Steg} = 30 \text{ mm} \dots +300 \text{ kN/m} \geq N \geq -300 \text{ kN/m} \rightarrow +10 \geq n \geq -10 \text{ N/mm}^2$
- $t_{Steg} = 40 \text{ mm} \dots +400 \text{ kN/m} \geq N \geq -400 \text{ kN/m}$

Für eine entsprechende Übersichtlichkeit sind die Ergebniswerte der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,n,FE}$ dem Anhang B zu entnehmen.

5.2.1 Darstellung der FEM-Ergebnisse

Die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,n,FE}$ infolge reiner Normalkraftbeanspruchung sind für eine ausgewählte Modellvariante in Abbildung 5.6 dargestellt. Da linear elastisches Materialverhalten zugrunde gelegt wurde, liegt ein linearer Zusammenhang zwischen der Normalkraft und der effektiven Kerbspannung vor. Die hier betrachtete kritische Stelle $K21$ repräsentiert die Wurzel der SWu, wodurch es bei einer bestimmten Normalkraft immer zwei Spannungsextrempunkte (Min., Max.) gibt.

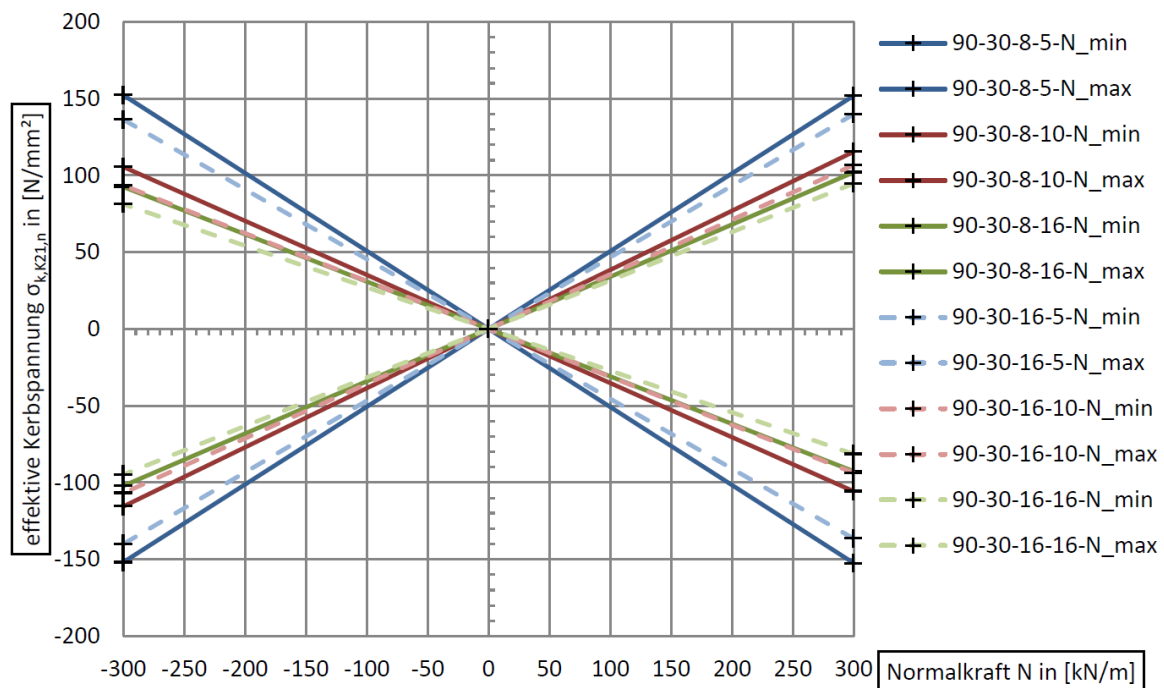


Abbildung 5.6: Darstellung von $\sigma_{k,K21,n,FE}$ für $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$ ($\alpha \cdot t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - M$, Min. oder Max.-Werte).

5.2.2 Ermittlung der Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$

Mit Hilfe der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,n,FE}$ gemäß Tabelle B.1 - B.9 sowie mit der nach Gleichung 5.2 definierten Bezugsspannung $\sigma_{0,n}$ können nun mit Gleichung 5.7 die zugehörigen dimensionslosen Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ ermittelt werden.

$$K_{t,n,FE} = \frac{\max.|\sigma_{k,K21,n,FE}|}{\sigma_{0,n}} \quad (5.7)$$

Eine Auflistung der ermittelten Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ erfolgt in Tabelle 5.1. Eine genauere Betrachtung der Kerbfaktoren zeigte, dass die Abhängigkeit von allen Parametern annähernd gleich ist und somit keine Vereinfachung möglich ist.

α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten}	a_{unten} in [mm]				
	5	10	12	14	16
90-20-8-x	10,218	7,990	7,730	7,520	7,344
90-30-8-x	15,246	11,550	10,955	10,531	10,212
90-40-8-x	21,579	15,800	14,791	14,068	13,532
90-20-10-x	9,834	7,750	7,503	7,303	7,137
90-30-10-x	14,884	11,318	10,739	10,324	10,018
90-40-10-x	21,143	15,481	14,494	13,781	13,257
90-20-16-x	8,742	6,960	6,749	6,579	6,437
90-30-16-x	13,996	10,681	10,143	9,761	9,481
90-40-16-x	20,120	14,759	13,816	13,139	12,637
110-20-8-x	11,876	9,274	8,884	8,585	8,332
110-30-8-x	17,657	12,902	12,191	11,713	11,372
110-40-8-x	24,097	17,175	16,042	15,300	14,806
110-20-10-x	11,491	8,958	8,583	8,296	8,056
110-30-10-x	17,168	12,487	11,785	11,317	10,980
110-40-10-x	23,361	16,714	15,660	14,912	14,359
110-20-16-x	10,384	8,107	7,776	7,526	7,321
110-30-16-x	16,005	11,671	11,053	10,611	10,273
110-40-16-x	21,795	16,074	15,062	14,354	13,820
130-20-8-x	12,965	10,629	10,177	9,785	9,420
130-30-8-x	18,833	14,604	13,922	13,431	13,043
130-40-8-x	25,506	19,196	18,143	17,404	16,858
130-20-10-x	12,619	10,331	9,895	9,520	9,172
130-30-10-x	18,370	14,176	13,498	13,013	12,634
130-40-10-x	24,787	18,577	17,532	16,801	16,262
130-20-16-x	11,604	9,512	9,124	8,794	8,489
130-30-16-x	17,310	13,250	12,589	12,120	11,760
130-40-16-x	23,308	17,322	16,297	15,575	15,048

Tabelle 5.1: Auflistung der Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$

5.2.3 Ermittlung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,n}$

Die mittels FEM-Analyse ermittelten Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ für die Wurzel der SWu werden nun durch die Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,n}$ beschrieben. Dazu wird die Ansatzfunktion nach Gleichung 5.8 verwendet. Eine Beschreibung der einzelnen Terme erfolgt im Anschluss in Anlehnung an Abbildung 5.7.

$$\mathcal{A}_{k,K21,n} = A + \left(\frac{a_{unten} - e_0}{B} \right)^2 + a_{oben} \cdot C + \frac{\alpha}{100} \cdot D \quad (5.8)$$

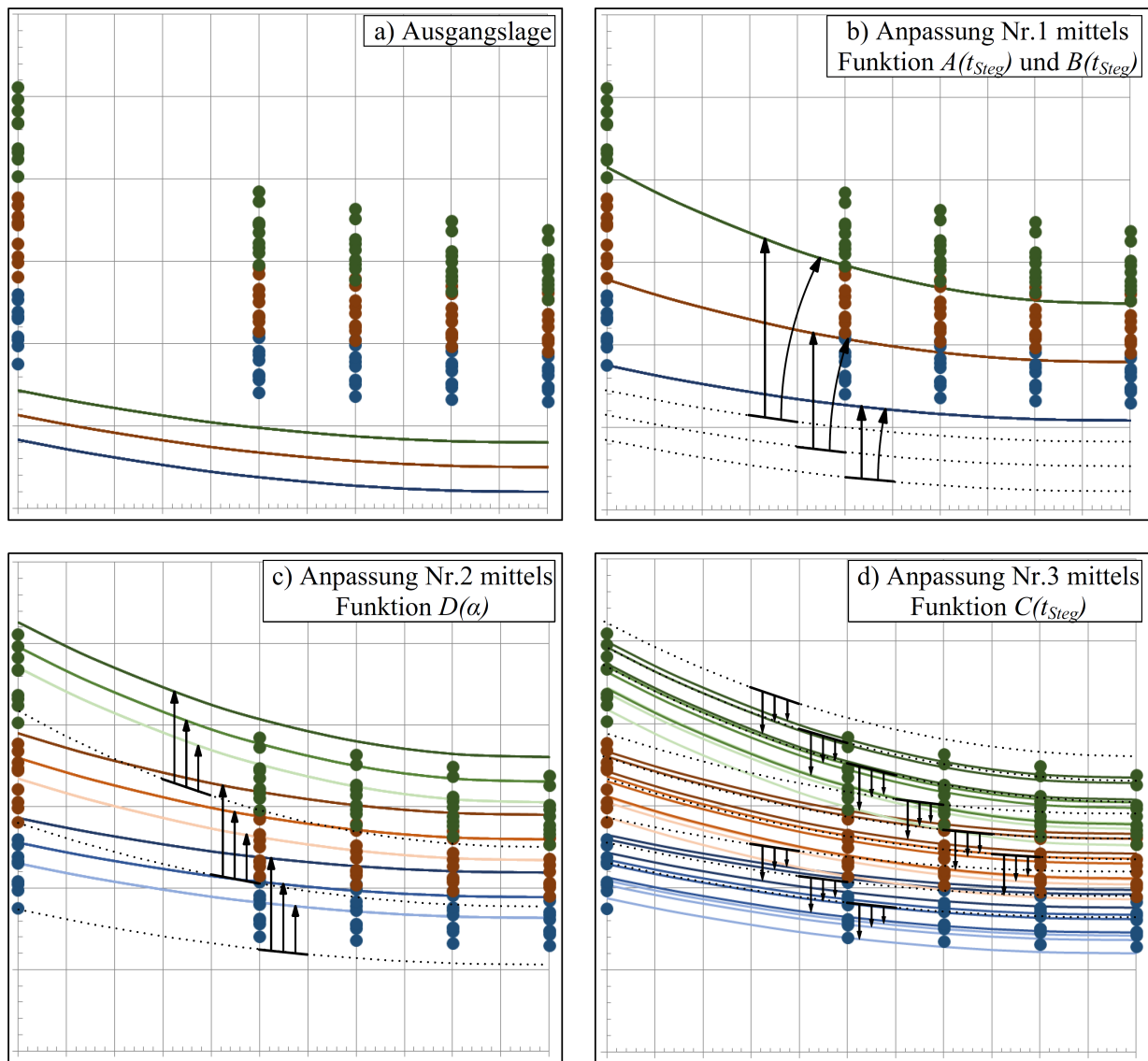


Abbildung 5.7: Einfluss der Funktionsterme in der Ansatzfunktion nach Gleichung 5.8. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde an dieser Stelle auf eine Beschriftung der Achsen, sowie auf eine Legende verzichtet (siehe dazu Abbildung 5.11). Horizontale Achse: a_{unten} . Vertikale Achse: Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ infolge FEM-Analyse und $K_{t,n}$ gemäß Kerbfunktion. Zuordnung der Farben, etc. gemäß Folgetext.

Der gewählte Ansatz beinhaltet einen quadratischen Term mit der Abhängigkeit von a_{unten} , welcher die grundlegende, parabelförmige Funktionsform beschreibt. Für eine entsprechende Anpassung an die Kerbfaktoren wird die Grundfunktion um den Parameter e_0 und um die Funktion B erweitert (siehe Gleichung 5.9). Der Parameter e_0 bewirkt einen Versatz der Kurven in horizontaler Richtung.

$$\text{quadratische Grundfunktion ... } (a_{unten})^2 \longrightarrow \left(\frac{a_{unten} - e_0}{B} \right)^2 \quad (5.9)$$

Durch die Addition der Funktion A wird die quadratische Grundform in vertikaler Richtung versetzt. Der so geschaffene Formelapparat (siehe Gleichung 5.10) entspricht der Ausgangslage in Abbildung 5.7.

$$\text{Ausgangslage ... } A + \left(\frac{a_{unten} - e_0}{B} \right)^2 \text{ mit :} \quad \begin{array}{l} e_0 = 15,668 \\ B = 5 \\ A = \begin{cases} 1 \text{ für } t_{Steg} = 20 \text{ mm} \\ 2 \text{ für } t_{Steg} = 30 \text{ mm} \\ 3 \text{ für } t_{Steg} = 40 \text{ mm} \end{cases} \end{array} \quad (5.10)$$

Die Anpassung der Ausgangslage an die jeweilige Stegblechdicke t_{Steg} (siehe Abbildung 5.7, Anpassung Nr.1) erfolgt durch die Funktionen A und B . Ersichtlich ist dies in Abbildung 5.7, b). Der Versatz in vertikaler Richtung erfolgt mit der Funktion A und das Stauchen entlang der horizontalen Achse erfolgt mit der Funktion B . Sowohl die Funktion A als auch die Funktion B wird durch eine Geradengleichung mit dem Parameter t_{Steg} beschrieben (siehe Gleichung 5.11 und 5.12). In Abbildung 5.7 werden die Verläufe für $t_{Steg}=40$ mm durch eine *grüne* Kurve dargestellt, für $t_{Steg}=30$ mm durch eine *orange* und für $t_{Steg}=20$ mm durch eine *blaue*.

$$A = a_0 + t_{Steg} \cdot a_1 \quad (5.11)$$

$$B = b_0 + t_{Steg} \cdot b_1 \quad (5.12)$$

Die Anpassung an den Einfluss der sonstigen Parameter erfolgt durch weitere lineare Terme, welche von t_{Steg} , a_{oben} und α abhängig sind. Der Einfluss durch den Stegblech-Neigungswinkel α wird mittels der Funktion D berücksichtigt. Ersichtlich ist dies in Abbildung 5.7, c). Die angepasste Ausgangslage (Anpassung Nr.1) wird je nach Winkel α in vertikaler Richtung versetzt. Da 90 , 110 und 130° für den besagten Winkel betrachtet wurden, ergeben sich nun 9 Kurven aus den ursprünglichen drei Graphen. Die Funktion D wird durch eine Geradengleichung mit der Variable α beschrieben (siehe Gleichung 5.13). In Abbildung 5.7 werden die Verläufe für $\alpha=130^\circ$ durch eine *dunkle* Kurve dargestellt, für $\alpha=110^\circ$ durch eine *normale* und für $\alpha=90^\circ$ durch eine *helle*.

$$D = d_0 + \alpha \cdot d_1 \quad (5.13)$$

Der Einfluss der oberen Schweißnahtdicke a_{oben} wird mit der Funktion C berücksichtigt. Ersichtlich ist dies in Abbildung 5.7, d). Jede der neuen Kurven gemäß der Anpassung

Nr.2 wird nun je nach Nahtdicke der SWo in vertikaler Richtung versetzt. Da 8, 10, und 16 mm für die besagte Schweißnahtdicke betrachtet wurden, ergeben sich nun 27 Kurven. Die Funktion C wird durch eine Geradengleichung mit der Variable t_{Steg} beschrieben. In Abbildung 5.7 werden die Verläufe für $a_{oben}=16$ mm durch die *obere* Kurve dargestellt, für $a_{oben}=10$ mm durch die *mittlere* und für $a_{oben}=8$ mm durch die *untere*.

$$C = c_0 + t_{Steg} \cdot c_1 \quad (5.14)$$

Zur Bestimmung der Parameter wird die Methode der Kleinsten Quadrate angewandt. Die Berechnung der Eingangswerte erfolgt gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ aus Tabelle 5.1 werden in die Tabellen 5.2 - 5.10 übertragen.
- In der Spalte $K_{t,n,Modell}$ wird die Ansatz-Funktion gemäß Gleichung 5.8 angewendet. Der Startwert der Funktionen A_{ber} , B_{ber} , C_{ber} und D_{ber} , sowie der Faktor e_{ber} wird zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von $K_{t,n,Modell}$ zu $K_{t,n,FE}$ gebildet.
- Die Startwerte von A_{ber} werden in die Tabelle 5.11 übertragen und entsprechend verknüpft, sodass die jeweiligen Werte bei der iterativen Minimierung der Fehlerquadrate automatisch übertragen werden.
- In der Spalte A_{Modell} wird die Gleichung 5.11 angewendet. Die Parameter $a_{0,ber}$ und $a_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von A_{Modell} zu A_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von B_{ber} werden in die Tabelle 5.12 übertragen und wiederum entsprechend verknüpft.
- In der Spalte B_{Modell} wird die Gleichung 5.12 angewendet. Die Parameter $b_{0,ber}$ und $b_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von B_{Modell} zu B_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von C_{ber} werden in die Tabelle 5.13 übertragen und wiederum entsprechend verknüpft.
- In der Spalte C_{Modell} wird die Gleichung 5.14 angewendet. Die Parameter $c_{0,ber}$ und $c_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von C_{Modell} zu C_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von D_{ber} werden in die Tabelle 5.14 übertragen und wiederum entsprechend verknüpft.
- In der Spalte D_{Modell} wird die Gleichung 5.13 angewendet. Die Parameter $d_{0,ber}$ und $d_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von D_{Modell} zu C_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.

Im Excel-Solver können nun die *Eingangswerte*, sprich die gewählten Startwerte der jeweiligen Parameter, als veränderliche Zellen und die quadrierte Gesamtabweichungssumme als *Zielzelle* definiert werden. Mit dem Ziel, dass $\sum [\sum (Abweichung)^2]$ minimal wird, werden die *Eingangswerte* so lange variiert bis ein Minimum vorliegt. Die *Eingangswerte*, sprich alle Werte mit dem Index *ber*, sind nun ermittelt worden. Die Wahl der Endwerte erfolgt nun gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die Parameter $a_{0,fin}$ und $a_{1,fin}$ in Tab. 5.11 werden gewählt und mittels Gleichung 5.11 ergibt sich Spalte $A_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tab. 5.2 - 5.10 eingesetzt.
- Die Parameter $b_{0,fin}$ und $b_{1,fin}$ in Tab. 5.12 werden gewählt und mittels Gleichung 5.12 ergibt sich Spalte $B_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tab. 5.2 - 5.10 eingesetzt.
- Die Parameter $c_{0,fin}$ und $c_{1,fin}$ in Tab. 5.13 werden gewählt und mittels Gleichung 5.13 ergibt sich Spalte $C_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tab. 5.2 - 5.10 eingesetzt.
- Die Parameter $d_{0,fin}$ und $d_{1,fin}$ in Tab. 5.14 werden gewählt und mittels Gleichung 5.14 ergibt sich Spalte $D_{fin}(\alpha)$. Die Endwerte werde in Tab. 5.2 - 5.10 eingesetzt.
- Der Parameter e_{fin} in Tabelle 5.2 - 5.10 wird zuletzt gewählt.

Die Endwerte (Werte mit dem Index *fin*) wurden nun ermittelt, rückgerechnet bzw. gewählt. Die Funktion $K_{t,n}$ ist somit vollständig definiert und die Funktionswerte können mit den Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ aus Tabelle 5.1 verglichen werden.

Der Vergleich von $K_{t,n,FE}$ mit $K_{t,n}$ wird in Abbildung 5.8 - 5.10 dargestellt. Dabei entspricht $K_{t,n,FE}$ den Kerbfaktoren, welche durch die Methode der effektiven Kerbspannung und der FEM-Analyse ermittelt wurden und $K_{t,n}$ den finalen Kerbfaktoren, welche mittels der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,n}$ ermittelt werden können.

		Ausgangswerte für $K_{t,n,Modell}$			Endwerte für $K_{t,n}$		
		A_{ber}	B_{ber}	C_{ber}	D_{ber}	e_{ber}	
20		5,4805	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	5,4151	gem. Tab. 5.11	
		6,0999	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	5,8284	gem. Tab. 5.12	
		-0,1363	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,1346	gem. Tab. 5.13	
		3,0550	berechnet	$D_{fin}(\alpha)$	3,0625	gem. Tab. 5.14	
		15,6680	berechnet	e_{fin}	15,6680	gewählt	
a_{unten}	a_{oben}	α	$K_{t,n,FE}$	$K_{t,n,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,n}$	$[Abw.]^2$
5	8	90	10,218	10,198	3,68 E-4	10,4447	5,16 E-2
10	8	90	7,990	8,003	1,73 E-4	8,0403	2,53 E-3
12	8	90	7,730	7,501	5,22 E-2	7,4906	5,72 E-2
14	8	90	7,520	7,215	9,31 E-2	7,1765	1,18 E-1
16	8	90	7,344	7,143	4,06 E-2	7,0978	6,07 E-2
5	10	90	9,834	9,926	8,40 E-3	10,1755	1,17 E-1
10	10	90	7,750	7,731	3,58 E-4	7,7711	4,65 E-4
12	10	90	7,503	7,229	7,50 E-2	7,2214	7,91 E-2
14	10	90	7,303	6,942	1,30 E-1	6,9073	1,57 E-1
16	10	90	7,137	6,870	7,09 E-2	6,8286	9,48 E-2
5	16	90	8,742	9,108	1,34 E-1	9,3679	3,92 E-1
10	16	90	6,960	6,913	2,23 E-3	6,9635	1,13 E-5
12	16	90	6,749	6,411	1,14 E-1	6,4138	1,13 E-1
14	16	90	6,579	6,124	2,06 E-1	6,0997	2,29 E-1
16	16	90	6,437	6,052	1,48 E-1	6,0210	1,73 E-1

Tabelle 5.2: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,n}$ für $t_{Steg} = 20$ mm und $\alpha = 90^\circ$

		Ausgangswerte für $K_{t,n,Modell}$			Endwerte für $K_{t,n}$		
		A_{ber}	B_{ber}	C_{ber}	D_{ber}	e_{ber}	
30		8,7191	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	8,9551	gem. Tab. 5.11	
		4,5932	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	4,7684	gem. Tab. 5.12	
		-0,1464	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,1508	gem. Tab. 5.13	
		3,0550	berechnet	$D_{fin}(\alpha)$	3,0625	gem. Tab. 5.14	
		15,6680	berechnet	e_{fin}	15,6680	gewählt	
a_{unten}	a_{oben}	α	$K_{t,n,FE}$	$K_{t,n,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,n}$	$[Abw.]^2$
5	8	90	15,246	15,692	1,99 E-1	15,5101	7,00 E-2
10	8	90	11,550	11,820	7,28 E-2	11,9179	1,35 E-1
12	8	90	10,955	10,935	3,79 E-4	11,0967	2,02 E-2
14	8	90	10,531	10,429	1,02 E-2	10,6273	9,37 E-3
16	8	90	10,212	10,303	8,27 E-3	10,5098	8,89 E-2
5	10	90	14,884	15,399	2,65 E-1	15,2085	1,05 E-1
10	10	90	11,318	11,527	4,38 E-2	11,6163	8,90 E-2
12	10	90	10,739	10,642	9,25 E-3	10,7951	3,20 E-3
14	10	90	10,324	10,136	3,53 E-2	10,3257	1,72 E-6
16	10	90	10,018	10,010	6,65 E-5	10,2082	3,62 E-2
5	16	90	13,996	14,521	2,75 E-1	14,3037	9,47 E-2
10	16	90	10,681	10,649	1,04 E-3	10,7115	9,10 E-4
12	16	90	10,143	9,764	1,44 E-1	9,8903	6,41 E-2
14	16	90	9,761	9,258	2,53 E-1	9,4209	1,16 E-1
16	16	90	9,481	9,131	1,22 E-1	9,3034	3,14 E-2

Tabelle 5.3: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,n}$ für $t_{Steg} = 30$ mm und $\alpha = 90^\circ$

		Ausgangswerte für $K_{t,n,Modell}$			Endwerte für $K_{t,n}$		
		A_{ber}	B_{ber}	C_{ber}	$A_{fin}(t_{Steg})$	$B_{fin}(t_{Steg})$	$C_{fin}(t_{Steg})$
40		12,4788	berechnet		12,4951	gem. Tab. 5.11	
		3,7329	berechnet		3,7084	gem. Tab. 5.12	
		-0,1700	berechnet		-0,1670	gem. Tab. 5.13	
		3,0550	berechnet		3,0625	gem. Tab. 5.14	
		15,6680	berechnet		15,6680	gewählt	

a_{unten}	a_{oben}	α	$K_{t,n,FE}$	$K_{t,n,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,n}$	$[Abw.]^2$
5	8	90	21,579	22,035	2,08 E-1	22,1908	3,74 E-1
10	8	90	15,800	16,174	1,40 E-1	16,2514	2,04 E-1
12	8	90	14,791	14,834	1,83 E-3	14,8937	1,06 E-2
14	8	90	14,068	14,068	6,03 E-10	14,1177	2,49 E-3
16	8	90	13,532	13,876	1,18 E-1	13,9234	1,53 E-1
5	10	90	21,143	21,695	3,05 E-1	21,8568	5,10 E-1
10	10	90	15,481	15,834	1,25 E-1	15,9174	1,91 E-1
12	10	90	14,494	14,494	2,66 E-8	14,5597	4,34 E-3
14	10	90	13,781	13,728	2,80 E-3	13,7837	8,77 E-6
16	10	90	13,257	13,536	7,78 E-2	13,5894	1,10 E-1
5	16	90	20,120	20,675	3,08 E-1	20,8548	5,40 E-1
10	16	90	14,759	14,813	2,93 E-3	14,9154	2,43 E-2
12	16	90	13,816	13,474	1,17 E-1	13,5577	6,66 E-2
14	16	90	13,139	12,708	1,86 E-1	12,7817	1,27 E-1
16	16	90	12,637	12,516	1,47 E-2	12,5874	2,48 E-3

Tabelle 5.4: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,n}$ für $t_{Steg} = 40$ mm und $\alpha = 90^\circ$

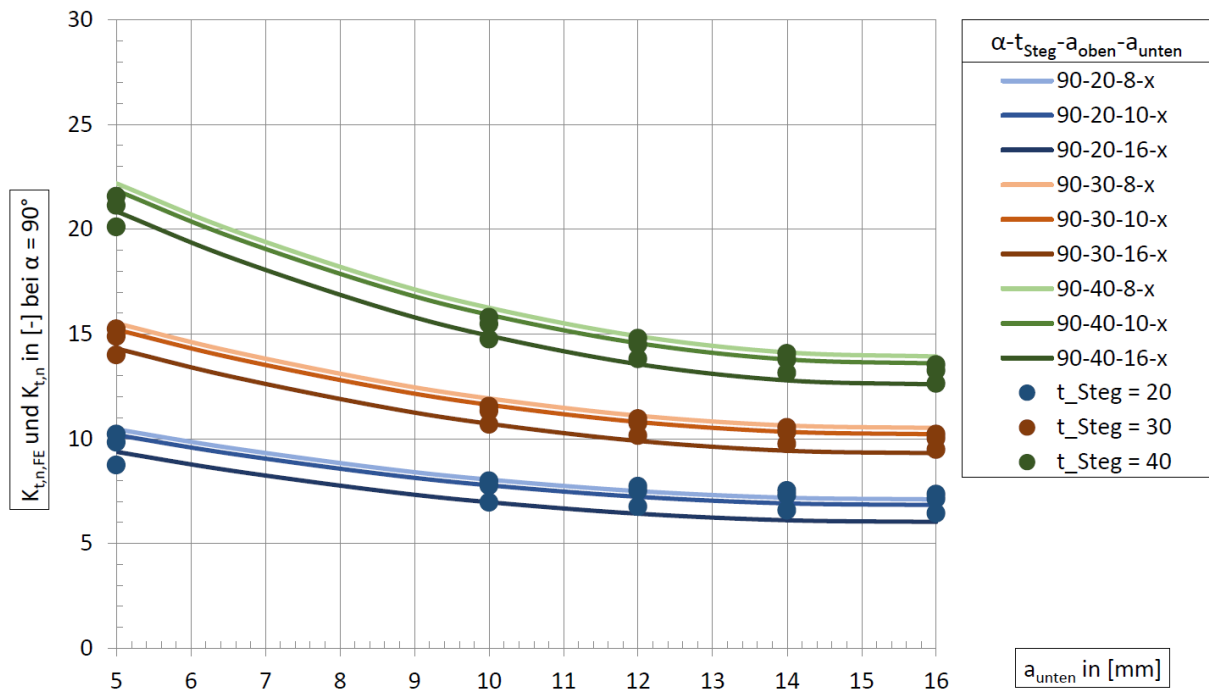


Abbildung 5.8: Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ infolge der FEM-Analyse und $K_{t,n}$ gemäß der Kerbfunktion in Abhängigkeit von a_{unten} (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten}).

		Ausgangswerte für $K_{t,n,Modell}$			Endwerte für $K_{t,n}$				
		A_{ber}	B_{ber}	C_{ber}	D_{ber}	e_{ber}	$A_{fin}(t_{Steg})$	$B_{fin}(t_{Steg})$	$C_{fin}(t_{Steg})$
20		5,4805	berechnet			5,4151	gem. Tab. 5.11		
		6,0999	berechnet			5,8284	gem. Tab. 5.12		
		-0,1363	berechnet			-0,1346	gem. Tab. 5.13		
		3,6735	berechnet			3,6625	gem. Tab. 5.14		
		15,6680	berechnet			15,6680	gewählt		
a_{unten}	a_{oben}	α	$K_{t,n,FE}$	$K_{t,n,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,n}$	$[Abw.]^2$		
5	8	110	11,876	11,490	1,49 E-1	11,7172	2,52 E-2		
10	8	110	9,274	9,294	4,28 E-4	9,3128	1,52 E-3		
12	8	110	8,884	8,793	8,27 E-3	8,7631	1,45 E-2		
14	8	110	8,585	8,506	6,20 E-3	8,4490	1,84 E-2		
16	8	110	8,332	8,434	1,05 E-2	8,3703	1,51 E-3		
5	10	110	11,491	11,217	7,52 E-2	11,4480	1,87 E-3		
10	10	110	8,958	9,022	4,12 E-3	9,0436	7,37 E-3		
12	10	110	8,583	8,520	3,91 E-3	8,4939	7,87 E-3		
14	10	110	8,296	8,233	3,93 E-3	8,1798	1,35 E-2		
16	10	110	8,056	8,161	1,10 E-2	8,1011	2,00 E-3		
5	16	110	10,384	10,399	2,26 E-4	10,6404	6,56 E-2		
10	16	110	8,107	8,204	9,54 E-3	8,2360	1,68 E-2		
12	16	110	7,776	7,702	5,48 E-3	7,6863	8,12 E-3		
14	16	110	7,526	7,416	1,22 E-2	7,3722	2,37 E-2		
16	16	110	7,321	7,344	5,40 E-4	7,2935	7,29 E-4		

Tabelle 5.5: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,n}$ für $t_{Steg} = 20$ mm und $\alpha = 110^\circ$

		Ausgangswerte für $K_{t,n,Modell}$			Endwerte für $K_{t,n}$				
		A_{ber}	B_{ber}	C_{ber}	D_{ber}	e_{ber}	$A_{fin}(t_{Steg})$	$B_{fin}(t_{Steg})$	$C_{fin}(t_{Steg})$
30		8,7191	berechnet			8,9551	gem. Tab. 5.11		
		4,5932	berechnet			4,7684	gem. Tab. 5.12		
		-0,1464	berechnet			-0,1508	gem. Tab. 5.13		
		3,6735	berechnet			3,6625	gem. Tab. 5.14		
		15,6680	berechnet			15,6680	gewählt		
a_{unten}	a_{oben}	α	$K_{t,n,FE}$	$K_{t,n,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,n}$	$[Abw.]^2$		
5	8	110	17,657	16,983	4,54 E-1	16,7826	7,65 E-1		
10	8	110	12,902	13,112	4,38 E-2	13,1904	8,31 E-2		
12	8	110	12,191	12,226	1,24 E-3	12,3692	3,16 E-2		
14	8	110	11,713	11,721	5,80 E-5	11,8998	3,49 E-2		
16	8	110	11,372	11,594	4,94 E-2	11,7823	1,69 E-1		
5	10	110	17,168	16,690	2,28 E-1	16,4810	4,72 E-1		
10	10	110	12,487	12,819	1,10 E-1	12,8888	1,62 E-1		
12	10	110	11,785	11,934	2,20 E-2	12,0676	7,97 E-2		
14	10	110	11,317	11,428	1,23 E-2	11,5982	7,92 E-2		
16	10	110	10,980	11,301	1,03 E-1	11,4807	2,51 E-1		
5	16	110	16,005	15,812	3,72 E-2	15,5762	1,84 E-1		
10	16	110	11,671	11,940	7,28 E-2	11,9840	9,83 E-2		
12	16	110	11,053	11,055	5,13 E-6	11,1628	1,20 E-2		
14	16	110	10,611	10,549	3,77 E-3	10,6934	6,82 E-3		
16	16	110	10,273	10,423	2,26 E-2	10,5759	9,20 E-2		

Tabelle 5.6: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,n}$ für $t_{Steg} = 30$ mm und $\alpha = 110^\circ$

		Ausgangswerte für $K_{t,n,Modell}$			Endwerte für $K_{t,n}$		
40	A_{ber}	12,4788	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	12,4951	gem. Tab. 5.11	
	B_{ber}	3,7329	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	3,7084	gem. Tab. 5.12	
	C_{ber}	-0,1700	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,1670	gem. Tab. 5.13	
	D_{ber}	3,6735	berechnet	$D_{fin}(\alpha)$	3,6625	gem. Tab. 5.14	
	e_{ber}	15,6680	berechnet	e_{fin}	15,6680	gewählt	
a_{unten}	a_{oben}	α	$K_{t,n,FE}$	$K_{t,n,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,n}$	$[Abw.]^2$
5	8	110	24,097	23,327	5,93 E-1	23,4633	4,01 E-1
10	8	110	17,175	17,465	8,40 E-2	17,5239	1,22 E-1
12	8	110	16,042	16,125	6,91 E-3	16,1662	1,54 E-2
14	8	110	15,300	15,359	3,55 E-3	15,3902	8,20 E-3
16	8	110	14,806	15,167	1,31 E-1	15,1959	1,52 E-1
5	10	110	23,361	22,987	1,40 E-1	23,1293	5,37 E-2
10	10	110	16,714	17,125	1,69 E-1	17,1899	2,27 E-1
12	10	110	15,660	15,785	1,57 E-2	15,8322	2,97 E-2
14	10	110	14,912	15,019	1,15 E-2	15,0562	2,08 E-2
16	10	110	14,359	14,827	2,20 E-1	14,8619	2,53 E-1
5	16	110	21,795	21,966	2,95 E-2	22,1273	1,11 E-1
10	16	110	16,074	16,105	9,81 E-4	16,1879	1,31 E-2
12	16	110	15,062	14,765	8,84 E-2	14,8302	5,38 E-2
14	16	110	14,354	13,999	1,26 E-1	14,0542	9,00 E-2
16	16	110	13,820	13,807	1,67 E-4	13,8599	1,57 E-3

Tabelle 5.7: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,n}$ für $t_{Steg} = 40$ mm und $\alpha = 110^\circ$

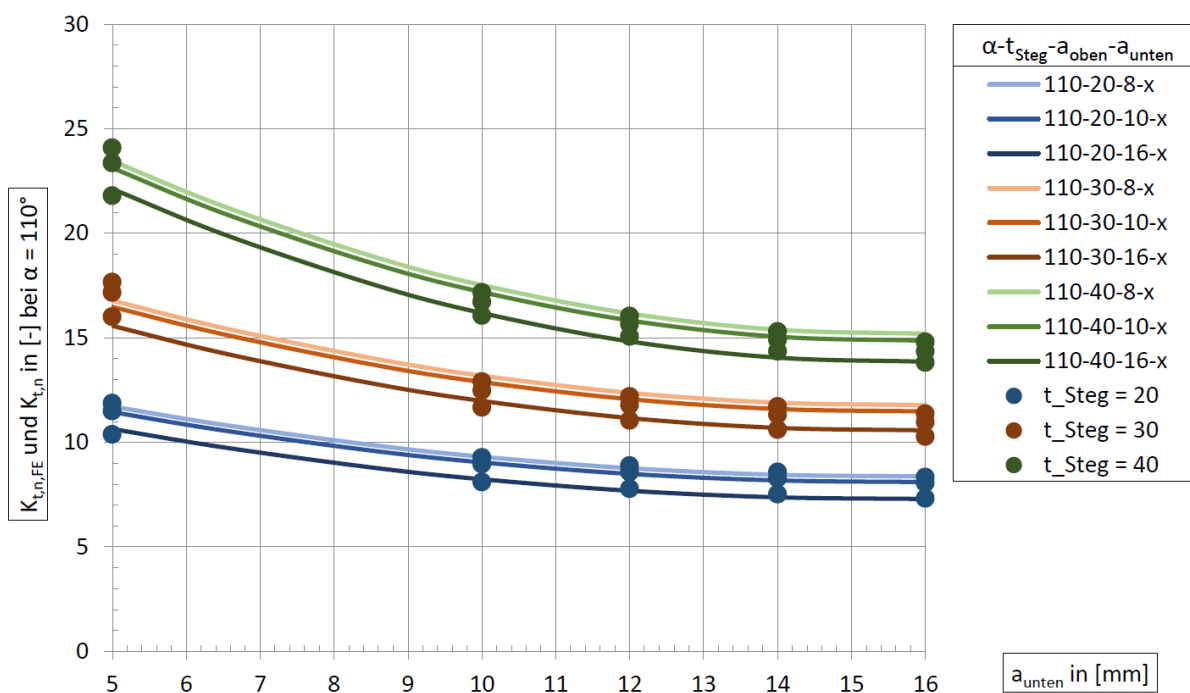


Abbildung 5.9: Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ infolge der FEM-Analyse und $K_{t,n}$ gemäß der Kerbfunktion in Abhängigkeit von a_{unten} (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten}).

		Ausgangswerte für $K_{t,n,Modell}$			Endwerte für $K_{t,n}$		
		A_{ber}	B_{ber}	C_{ber}	D_{ber}	e_{ber}	
20		5,4805	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	5,4151	gem. Tab. 5.11	
		6,0999	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	5,8284	gem. Tab. 5.12	
		-0,1363	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,1346	gem. Tab. 5.13	
		4,2546	berechnet	$D_{fin}(\alpha)$	4,2625	gem. Tab. 5.14	
		15,6680	berechnet	e_{fin}	15,6680	gewählt	
a_{unten}	a_{oben}	α	$K_{t,n,FE}$	$K_{t,n,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,n}$	$[Abw.]^2$
5	8	130	12,965	12,980	2,12 E-4	13,2297	7,00 E-2
10	8	130	10,629	10,785	2,42 E-2	10,8253	3,86 E-2
12	8	130	10,177	10,283	1,11 E-2	10,2756	9,65 E-3
14	8	130	9,785	9,996	4,47 E-2	9,9615	3,13 E-2
16	8	130	9,420	9,924	2,54 E-1	9,8828	2,14 E-1
5	10	130	12,619	12,707	7,76 E-3	12,9605	1,17 E-1
10	10	130	10,331	10,512	3,28 E-2	10,5561	5,07 E-2
12	10	130	9,895	10,010	1,32 E-2	10,0064	1,23 E-2
14	10	130	9,520	9,723	4,15 E-2	9,6923	2,98 E-2
16	10	130	9,172	9,652	2,30 E-1	9,6136	1,95 E-1
5	16	130	11,604	11,889	8,17 E-2	12,1529	3,02 E-1
10	16	130	9,512	9,694	3,34 E-2	9,7485	5,61 E-2
12	16	130	9,124	9,192	4,63 E-3	9,1988	5,54 E-3
14	16	130	8,794	8,906	1,25 E-2	8,8847	8,22 E-3
16	16	130	8,489	8,834	1,19 E-1	8,8060	1,00 E-1

Tabelle 5.8: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,n}$ für $t_{Steg} = 20$ mm und $\alpha = 130^\circ$

		Ausgangswerte für $K_{t,n,Modell}$			Endwerte für $K_{t,n}$		
		A_{ber}	B_{ber}	C_{ber}	D_{ber}	e_{ber}	
30		8,7191	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	8,9551	gem. Tab. 5.11	
		4,5932	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	4,7684	gem. Tab. 5.12	
		-0,1464	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,1508	gem. Tab. 5.13	
		4,2546	berechnet	$D_{fin}(\alpha)$	4,2625	gem. Tab. 5.14	
		15,6680	berechnet	e_{fin}	15,6680	gewählt	
a_{unten}	a_{oben}	α	$K_{t,n,FE}$	$K_{t,n,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,n}$	$[Abw.]^2$
5	8	130	18,833	18,473	1,29 E-1	18,2951	2,89 E-1
10	8	130	14,604	14,602	4,41 E-6	14,7029	9,83 E-3
12	8	130	13,922	13,717	4,22 E-2	13,8817	1,62 E-3
14	8	130	13,431	13,211	4,86 E-2	13,4123	3,57 E-4
16	8	130	13,043	13,084	1,70 E-3	13,2948	6,35 E-2
5	10	130	18,370	18,180	3,58 E-2	17,9935	1,41 E-1
10	10	130	14,176	14,309	1,77 E-2	14,4013	5,08 E-2
12	10	130	13,498	13,424	5,53 E-3	13,5801	6,72 E-3
14	10	130	13,013	12,918	9,10 E-3	13,1107	9,49 E-3
16	10	130	12,634	12,791	2,49 E-2	12,9932	1,29 E-1
5	16	130	17,310	17,302	6,88 E-5	17,0887	4,91 E-2
10	16	130	13,250	13,430	3,25 E-2	13,4965	6,07 E-2
12	16	130	12,589	12,545	1,87 E-3	12,6753	7,51 E-3
14	16	130	12,120	12,040	6,40 E-3	12,2059	7,47 E-3
16	16	130	11,760	11,913	2,33 E-2	12,0884	1,08 E-1

Tabelle 5.9: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,n}$ für $t_{Steg} = 30$ mm und $\alpha = 130^\circ$

		Ausgangswerte für $K_{t,n,Modell}$			Endwerte für $K_{t,n}$		
		A_{ber}	B_{ber}	C_{ber}	$A_{fin}(t_{Steg})$	$B_{fin}(t_{Steg})$	$C_{fin}(t_{Steg})$
40		12,4788	berechnet		12,4951	gem. Tab. 5.11	
		3,7329	berechnet		3,7084	gem. Tab. 5.12	
		-0,1700	berechnet		-0,1670	gem. Tab. 5.13	
		4,2546	berechnet		4,2625	gem. Tab. 5.14	
		15,6680	berechnet		15,6680	gewählt	

a_{unten}	a_{oben}	α	$K_{t,n,FE}$	$K_{t,n,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,n}$	$[Abw.]^2$
5	8	130	25,506	24,817	4,75 E-1	24,9758	2,81 E-1
10	8	130	19,196	18,955	5,80 E-2	19,0364	2,54 E-2
12	8	130	18,143	17,615	2,78 E-1	17,6787	2,15 E-1
14	8	130	17,404	16,849	3,07 E-1	16,9027	2,51 E-1
16	8	130	16,858	16,658	4,04 E-2	16,7084	2,25 E-2
5	10	130	24,787	24,477	9,64 E-2	24,6418	2,11 E-2
10	10	130	18,577	18,615	1,44 E-3	18,7024	1,57 E-2
12	10	130	17,532	17,275	6,60 E-2	17,3447	3,51 E-2
14	10	130	16,801	16,509	8,50 E-2	16,5687	5,38 E-2
16	10	130	16,262	16,317	3,10 E-3	16,3744	1,27 E-2
5	16	130	23,308	23,457	2,20 E-2	23,6398	1,10 E-1
10	16	130	17,322	17,595	7,46 E-2	17,7004	1,43 E-1
12	16	130	16,297	16,255	1,73 E-3	16,3427	2,13 E-3
14	16	130	15,575	15,489	7,41 E-3	15,5667	7,29 E-5
16	16	130	15,048	15,297	6,24 E-2	15,3724	1,06 E-1

Tabelle 5.10: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,n}$ für $t_{Steg} = 40$ mm und $\alpha = 130^\circ$

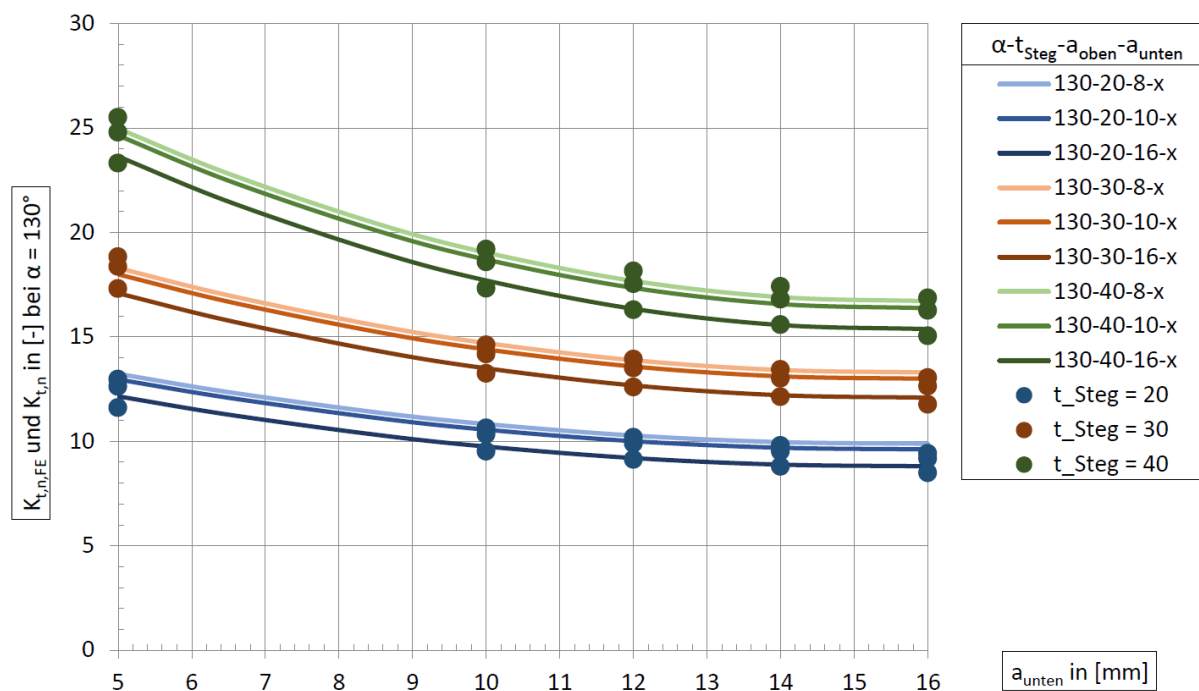


Abbildung 5.10: Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ infolge der FEM-Analyse und $K_{t,n}$ gemäß der Kerbfunktion in Abhängigkeit von a_{unten} (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten}).

Ausgangswerte für A_{Modell}			Endwerte für $A_{fin}(t_{Steg})$		
$a_{0,ber}$	-1,6649	berechnet	$a_{0,fin}$	-1,6649	gewählt
$a_{1,ber}$	0,3518	berechnet	$a_{1,fin}$	0,3540	gewählt
t_{Steg} [mm]	A_{ber} gem. Tab. 5.2 - 5.10	A_{Modell}	$[Abw.]^2$	$A_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.2 - 5.10	
20	5,4805	5,3712	1,20 E-2	5,4151	
30	8,7191	8,8893	2,90 E-2	8,9551	
40	12,4788	12,4073	5,10 E-3	12,4951	
$\sum [Abweichung]^2 = 4,60 \text{ E-2}$					

Tabelle 5.11: Ermittlung der Funktionswerte für A_{fin}

Ausgangswerte für B_{Modell}			Endwerte für $B_{fin}(t_{Steg})$		
$b_{0,ber}$	7,9484	berechnet	$b_{0,fin}$	7,9484	gewählt
$b_{1,ber}$	-0,1060	berechnet	$b_{1,fin}$	-0,1060	gewählt
t_{Steg} [mm]	B_{ber} gem. Tab. 5.2 - 5.10	B_{Modell}	$[Abw.]^2$	$B_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.2 - 5.10	
20	6,0999	5,8289	7,34 E-2	5,8284	
30	4,5932	4,7692	3,10 E-2	4,7684	
40	3,7329	3,7095	5,50 E-4	3,7084	
$\sum [Abweichung]^2 = 1,05 \text{ E-1}$					

Tabelle 5.12: Ermittlung der Funktionswerte für B_{fin}

Ausgangswerte für C_{Modell}			Endwerte für $C_{fin}(t_{Steg})$		
$c_{0,ber}$	-0,1022	berechnet	$c_{0,fin}$	-0,1022	gewählt
$c_{1,ber}$	-0,0016	berechnet	$c_{1,fin}$	-1,62 E-3	gewählt
t_{Steg} [mm]	C_{ber} gem. Tab. 5.2 - 5.10	C_{Modell}	$[Abw.]^2$	$C_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.2 - 5.10	
20	-0,1363	-0,1347	2,62 E-6	-0,1346	
30	-0,1464	-0,1509	2,03 E-5	-0,1508	
40	-0,1700	-0,1671	8,27 E-6	-0,1670	
$\sum [Abweichung]^2 = 3,12 \text{ E-5}$					

Tabelle 5.13: Ermittlung der Funktionswerte für C_{fin}

Ausgangswerte für D_{Modell}			Endwerte für $D_{fin}(\alpha)$		
$d_{0,ber}$	0,3625	berechnet	$d_{0,fin}$	0,3625	gewählt
$d_{1,ber}$	0,0300	berechnet	$d_{1,fin}$	0,0300	gewählt
α [°]	D_{ber} gem. Tab. 5.2 - 5.10	D_{Modell}	$[Abw.]^2$	$D_{fin}(\alpha)$ für Tab. 5.2 - 5.10	
90	3,0550	3,0613	3,93 E-5	3,0625	
110	3,6735	3,6610	1,55 E-4	3,6625	
130	4,2546	4,2608	3,85 E-5	4,2625	
$\sum [Abweichung]^2 = 2,33 \text{ E-4}$					

Tabelle 5.14: Ermittlung der Funktionswerte für D_{fin}

5.2.4 Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,n}$

Einsetzen der finalen Parameter, welche in Kapitel 5.2.3 berechnet wurden ergibt Gleichung 5.15 zur Ermittlung des Kerbfaktors $K_{t,n}$. Es werden dabei folgende Einheiten verwendet: a_{unten} , a_{oben} und t_{Steg} in [mm], α in [°].

$$K_{t,n} = A + \left(\frac{a_{unten} - 15,668}{B} \right)^2 + a_{oben} \cdot C + \frac{\alpha}{100} \cdot D$$

mit :

$$\begin{aligned} A &= -1,6649 + t_{Steg} \cdot 0,354 \\ B &= 7,9484 - t_{Steg} \cdot 0,106 \\ C &= -0,1022 - t_{Steg} \cdot 0,00162 \\ D &= 0,3625 + \alpha \cdot 0,03 \end{aligned} \quad (5.15)$$

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,n}$ kann durch Umformen der Gleichung 5.7 wie folgt ausgedrückt werden:

$$\sigma_{k,K21,n} = \sigma_{0,n} \cdot K_{t,n} \quad (5.16)$$

In Abbildung 5.11 werden die Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ infolge der FEM-Analyse und die Kerbfaktoren $K_{t,n}$ gemäß der Kerbfunktion (siehe Gleichung 5.15) für das gesamte, endgültige Parameterfeld nach Kapitel 4.5 dargestellt. Diese Grafik soll die große Bandbreite der Kerbfaktoren und die Vielzahl an Parameter widerspiegeln. Für eine grafische Bestimmung der Kerbfaktoren wird jedoch auf die Abbildungen 5.8 bis 5.10 verwiesen, da in Abbildung 5.11 nicht jede einzelne Kurve separat in der Legende erfasst wird (y entspricht dabei $a_{oben} = 8, 10$ und 16 mm).

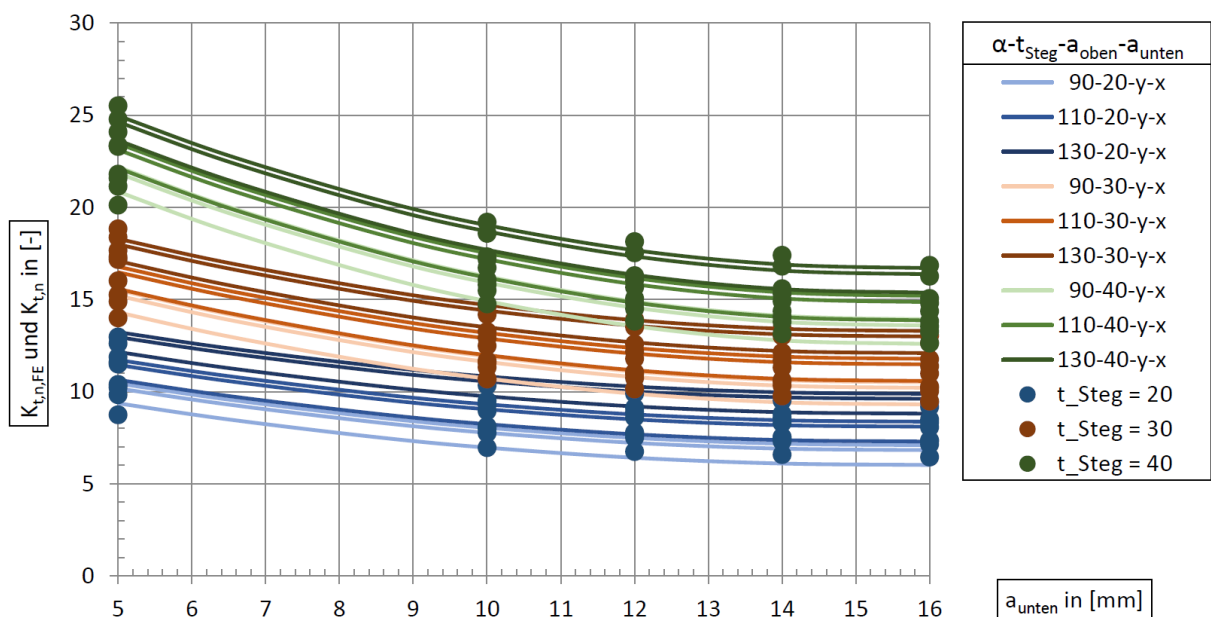


Abbildung 5.11: Kerbfaktoren $K_{t,n,FE}$ (Punkte) und $K_{t,n}$ (Kurven) in Abhängigkeit von a_{unten} für den gesamten Parameterbereich nach Kapitel 4.5 (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten}).

5.3 Kerbfunktion bei Momentenbeanspruchung und M - N -Interaktion

Für die Ermittlung der Kerbfunktion wird ein Biegemoment M und für die Schnittgrößen-Interaktion eine Normalkraft N definiert. Das einwirkende Biegemoment wurde dabei so gewählt, dass einerseits positive und negative Biegemomente betrachtet werden können und dass andererseits eine gewisse Bandbreite abgedeckt wird. Die einwirkende Normalkraft wird wie im Kapitel 5.2 gewählt. Der Lastansatz erfolgt gemäß dem Kapitel 3.6. Die Schnittgrößeninteraktion ergibt sich infolge der Tatsache, dass die Spannungsextrempunkte je Schnittgröße nicht immer an der selben Stelle auftreten, wodurch eine direkte additive Überlagerung der effektiven Kerbspannungen zu betragsmäßig größeren Ergebnissen führen würde. Durch die M - N -Interaktion wird eine effektive Kerbspannung infolge Momentenbeanspruchung ermittelt, welche als Funktion von der Normalkraft dargestellt werden kann. Dadurch wird die Änderung der Extremstellenposition berücksichtigt und eine exakte additive Überlagerung ist möglich.

- $t_{Steg} = 20 \text{ mm} \dots M = \{+1, -3, +10, -20\} \text{ [kNm/m]}, +200 \geq N \geq -200 \text{ [kN]}$
- $t_{Steg} = 30 \text{ mm} \dots M = \{+1, -3, +10, -20\} \text{ [kNm/m]}, +300 \geq N \geq -300 \text{ [kN]}$
- $t_{Steg} = 40 \text{ mm} \dots M = \{+1, -3, +10, -20\} \text{ [kNm/m]}, +400 \geq N \geq -400 \text{ [kN]}$

In Kapitel 5.3.1 wurde für Anschauungszwecke ebenso das Biegemoment $M = +5 \text{ kNm/m}$ betrachtet. Die Verläufe mit $M = 0 \text{ kNm/m}$ (bspw. in Abbildung 5.12) stellen effektive Kerbspannungen infolge reiner Normalkraftbeanspruchung dar und dienen nur für etwaige Vergleiche und Interpretationen.

Für eine entsprechende Übersichtlichkeit sind die Ergebniswerte der effektiven Kerbspannungen und die Kerbfaktoren dem Anhang C zu entnehmen. Im vorliegenden Kapitel werden nur die notwendigen Kerbfaktoren zur Ermittlung der Kerbfunktion sowie Werte zur genaueren Interpretation gewisser Sachverhalte tabellarisch erfasst.

5.3.1 Diskussion der FEM-Ergebnisse

Die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,mn,FE}$ infolge M-N-Interaktion werden für eine ausgewählte Querschnittsgeometrie in Abbildung 5.12 dargestellt. Ein Vergleich mit den effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,n,FE}$ infolge reiner Normalkraftbeanspruchung gemäß Abbildung 5.6 zeigt, dass ein ähnliches Verhalten vorliegt. Es liegt lediglich ein Versatz entlang der horizontalen Achse vor, welcher von der Größe des Biegemoments abhängig ist und im Scheitelpunktbereich gibt es eine Abrundung anstelle einer Nullstelle.

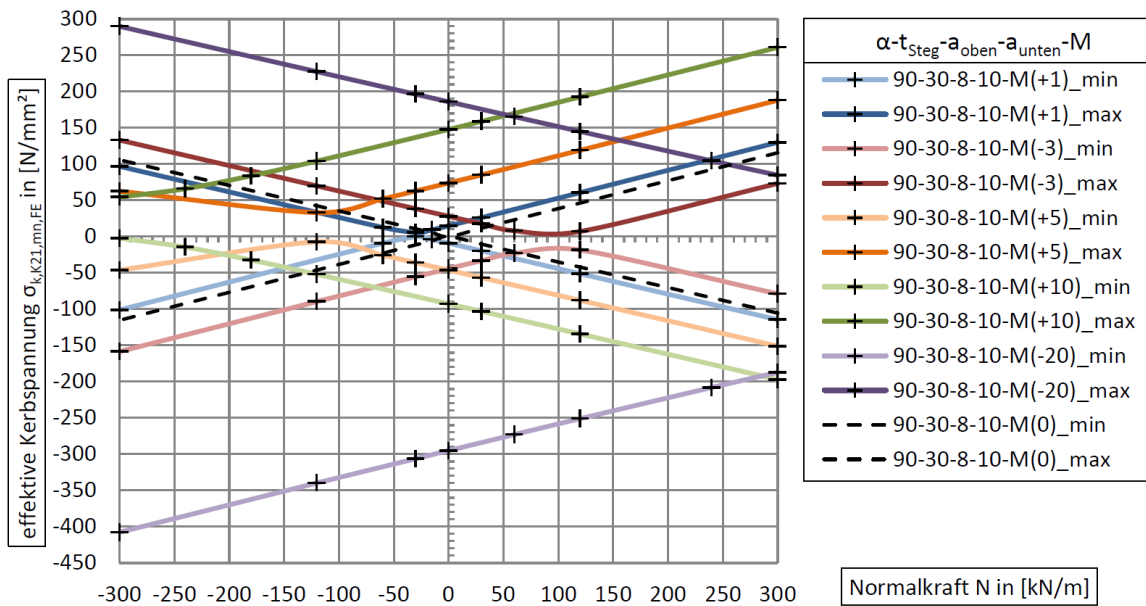


Abbildung 5.12: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,mn,FE}$ infolge M-N-Interaktion (α - t_{Steig} - a_{oben} - a_{unten} - M , Min. oder Max.-Werte, M in [kNm/m]).

Wie zu Beginn von Kapitel 5.3 angesprochen wurde, muss für die Kerbfunktion bei Momentenbeanspruchung eine Interaktion mit Normalkräften berücksichtigt werden, um von den effektiven Kerbspannungen die Änderung der Extremstellenposition berücksichtigen zu können. Um nun aus den effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,mn,FE}$ infolge M-N-Interaktion eine effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$ zu erhalten muss eine entsprechende Subtraktion erfolgen (siehe Gleichung 5.18 und 5.17). Dabei ist $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$ eine effektive Kerbspannung infolge Momentenbeanspruchung, welche die Lokalisationsänderung der Spannungsextremstellen infolge Normalkraftbeanspruchung berücksichtigt.

$$(\text{Max. Wert}) \quad \sigma_{k,K21,m,FE,max}(N) = \sigma_{k,K21,mn,FE} - \sigma_{k,K21,n,FE} \quad (5.17)$$

$$(\text{Min. Wert}) \quad \sigma_{k,K21,m,FE,min}(N) = \sigma_{k,K21,n,FE} - \sigma_{k,K21,mn,FE} \quad (5.18)$$

Die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$ werden für eine ausgewählte Querschnittsgeometrie in Abbildung 5.13 dargestellt, wobei deutlich wird, dass diese in Hinblick auf die Normalkraft-Abhängigkeit verschiedene Phasen durchlaufen. Eine Zuordnung der einzelnen Phasen erfolgt in Abbildung 5.14.

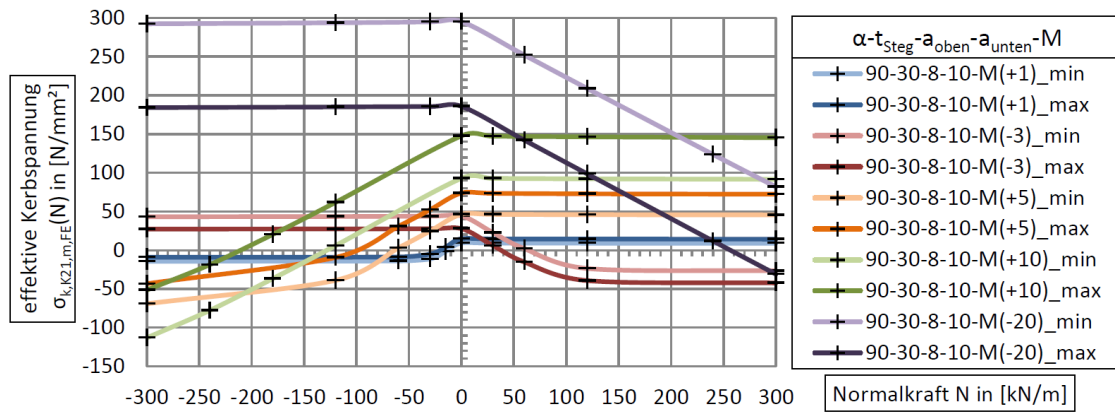


Abbildung 5.13: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$ nach den Gleichungen 5.17 und 5.18 für mehrere Biegemomente M ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-M$ in $[kNm/m]$).

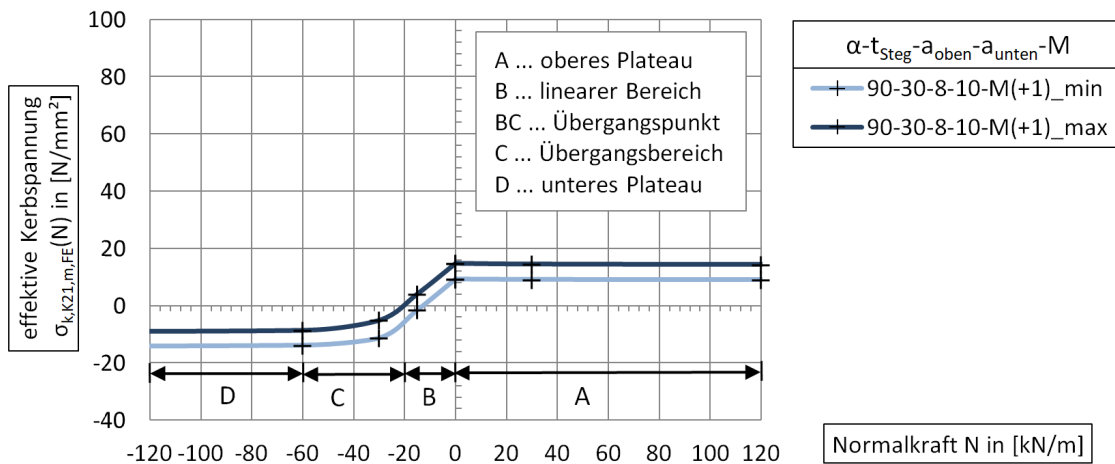


Abbildung 5.14: Bezeichnung der einzelnen Phasen A bis D für die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$ bei einem Biegemoment von $M = +1$ kNm/m ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-M$).

Eine Beschreibung der Phasen nach Abbildung 5.14 erfolgt nachfolgend, beginnend beim oberen positiven Kerbspannungs-Plateau bis hin zum unterem negativen Kerbspannungs-Plateau. Zusätzlich sind die Abbildungen 5.15 und 5.16 heranzuziehen, wobei die Darstellungen in Abbildung 5.15 schematisch zu verstehen sind und das Verständnis der Phasenbeschreibung verbessern sollen.

- Konstanter Verlauf (oberes Plateau) - Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$ ist unabhängig von der Normalkraft, das heißt die Spannungsextrempunkte der effektiven Kerbspannung sowohl infolge $M-N$ -Interaktion als auch bei reiner Normalkraftbeanspruchung befinden sich an der gleichen Stelle. Diese Tatsache wird in Abbildung 5.16 dargestellt und ist mittels der Bezeichnung (A) gekennzeichnet. Bei genauerer Betrachtung von Abbildung 5.13 wird außerdem ersichtlich, dass die angesprochene Unabhängigkeit immer dann vorhanden ist, wenn das Biegemoment und die Normalkraft das gleiche Vorzeichen aufweisen.

- Linearer Verlauf - Die Normalkraft und das Biegemoment weisen unterschiedliche Vorzeichen auf. Bei reiner Normalkraft wechseln das Minimum und Maximum sprunghaft, wenn sich das Vorzeichen der Normalkraft ändert. Bei der M-N Interaktion müssen bei einem positiven Moment zunächst die positiven Spannungen abgebaut werden (siehe Abbildung 5.15, $M(+1)+N(B)$) bzw. bei einem negativen Moment die negativen Spannungen, bevor ein Wechsel der Extremstellen stattfinden kann. Die Spannungsextrempunkte bleiben zunächst an der gleichen Stelle und nehmen lediglich betragsmäßig ab (siehe Abbildung 5.16, (B)). Mit zunehmender Reduktion der effektiven Kerbspannungen erfolgt auch eine Verschiebung der Extrempunkte.
- Übergangspunkt - Diese Verschiebung der Spannungsextrempunkte erfolgt solange bis das positive Moment überdrückt bzw. das negative Moment überzogen ist. An diesem Punkt kommt es zum Wechsel der Spannungsextremstellen (siehe Abbildung 5.16, (C) und Abbildung 5.15, $M(+1)+N(BC)$).
- Übergangsverlauf - Mit zunehmender Momentenbeanspruchung verschieben sich die Spannungsextremstellen so lange, bis sich die Spannungsextrempunkte der effektiven Kerbspannung infolge M-N-Interaktion wieder an der gleichen Stelle wie jene infolge reiner Normalkraftbeanspruchung befinden (Abbildung 5.15, $M(+1)+N(C)$).
- Konstanter Verlauf (unteres Plateau) - Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$ ist nun trotz unterschiedlicher Vorzeichen wieder unabhängig von der Normalkraft, wodurch sich die Spannungsextrempunkte der effektiven Kerbspannung sowohl infolge M-N-Interaktion als auch bei reiner Normalkraftbeanspruchung an der gleichen Stelle befinden (siehe Abbildung 5.16, (D)).

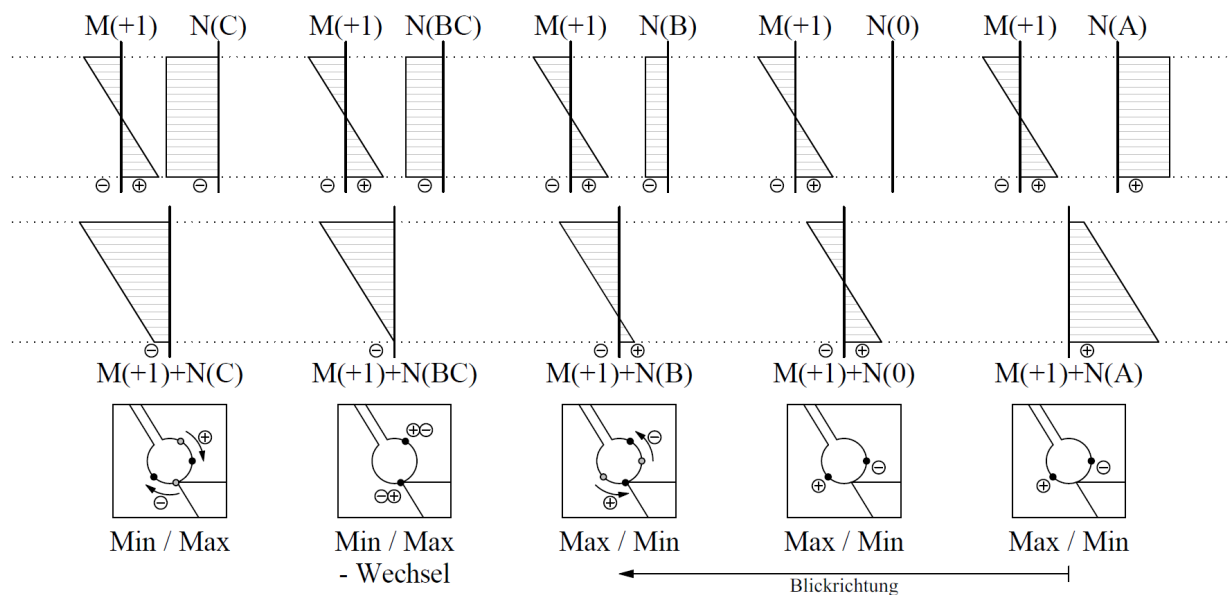


Abbildung 5.15: Ergänzung zur Phasenbeschreibung. Oben: Spannungsverläufe im kontinuierlichen Stegblech-Bereich infolge konstanter Momenten- und veränderlicher Normalkraftbeanspruchung. Unten: Spannungsextremstellenposition bei der kritischen Stelle K_{21} .

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Übergangsbereich von großer Bedeutung ist. Durch den Wechsel der Spannungsextrempunkte ergibt sich ein äußerst günstiges Verhalten, da die Kerbfaktoren sehr geringe Werte annehmen. Es sind sogar Werte unter eins möglich, dies ergibt sich jedoch aus dem Umstand, dass für die Bestimmung der Kerbfaktoren die effektive Kerbspannung auf eine fiktive Bezugsspannung bezogen wird. Aus diesem Grund wird auf eine genaue Betrachtung des Übergangsbereichs, sowie auf dessen exakte mathematische Beschreibung viel Wert gelegt. Ebenso ersichtlich wurde der Umstand, dass für $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$ der gesamte Wertebereich der Normalkraft berücksichtigt werden muss¹. Eine Betrachtung der betragsmäßigen Maximalwerte wäre zwar auf der sicheren Seite, dabei würden jedoch die Kerbfaktoren spürbar überschätzt.

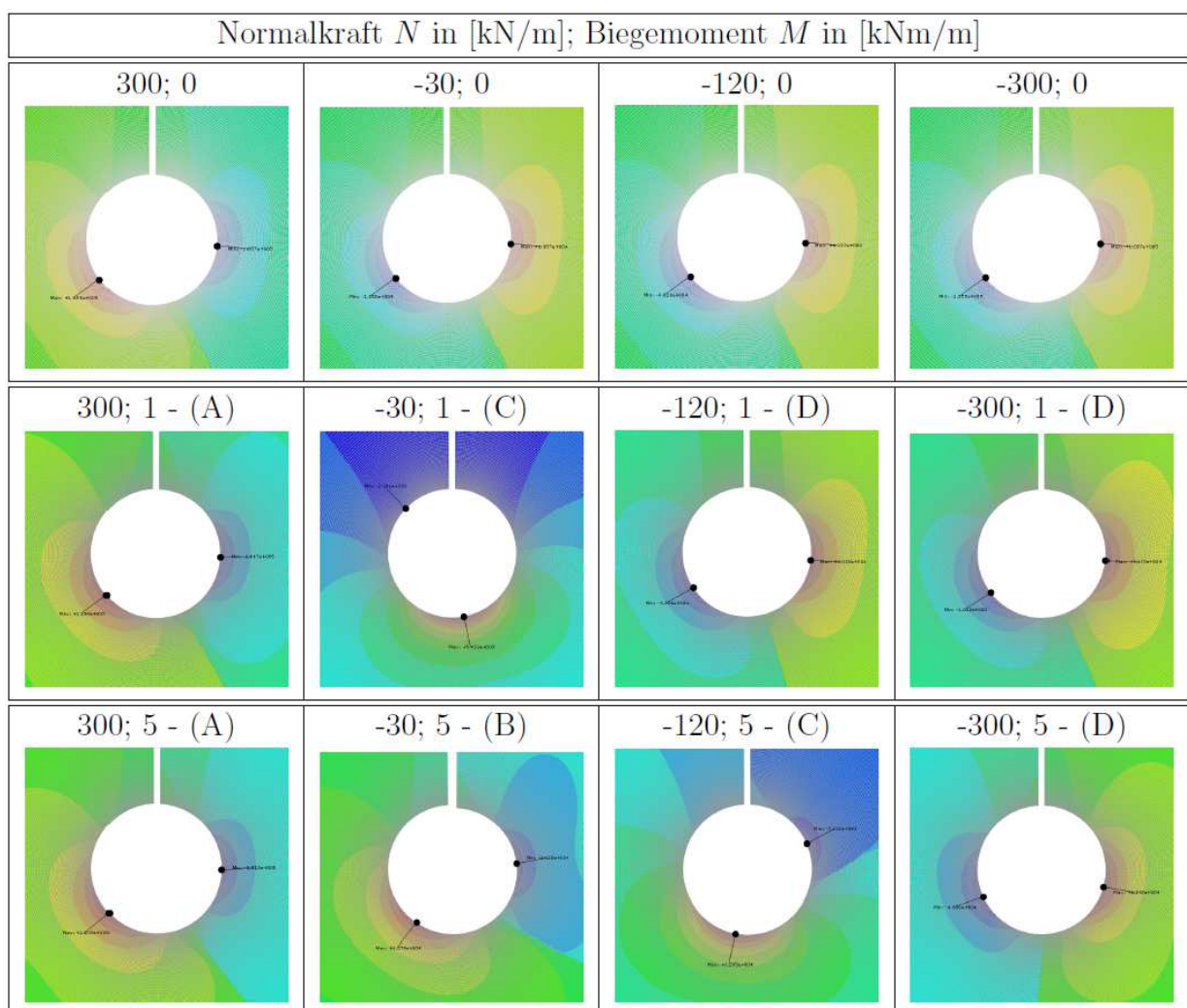


Abbildung 5.16: Darstellung der Spannungsspitzenposition an der kritischen Stelle $K21$.

¹Dabei wird vorausgesetzt, dass sowohl negative als auch positive Biegemomente auftreten können. Kann garantiert werden, dass lediglich negative Biegemomente auftreten, ist für die $M-N$ -Interaktion die lediglich Betrachtung von positiven Normalkräften (und umgekehrt) notwendig.

5.3.2 Ermittlung der Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$

Mit Hilfe der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$ gemäß Tabelle C.3 - C.38, sowie mit der nach Gleichung 5.3 definierten Bezugsspannung $\sigma_{0,m}$ können die zugehörigen dimensionslosen Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ nach Gleichung 5.19 ermittelt werden.

$$K_{t,m,FE} = \frac{\max. |\sigma_{k,K21,m,FE}(N)|}{\sigma_{0,m}} \quad (5.19)$$

Eine Auflistung der ermittelten Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ erfolgt in den Tabellen C.39 - C.47. Im Zuge der Kerbfunktionsbeschreibung stellte sich eine zweiteilige Ansatzfunktion nach Gleichung 5.23 als sehr günstig heraus.

Der erste Term beschreibt einen Kerbfaktor infolge reiner Momentenbeanspruchung, sprich bei $N = 0$ kN/m und wird als Grund- oder Startwert bezeichnet. Wie zu Beginn von Kapitel 5.3 erwähnt, befinden sich die Spannungsextrempunkte infolge Normalkraft und Biegemoment nicht an der gleichen Stelle, wodurch eine direkte additive Überlagerung der effektiven Kerbspannungen zu einer Überschätzung der Kerbfaktoren führen würde. Der zweite Term berücksichtigt somit die M-N-Interaktion durch eine entsprechende Skalierung des Grundwertes. Ob gewisse Vereinfachungen zur Beschreibung der jeweiligen Terme möglich sind, wird in den nachfolgenden Kapiteln untersucht.

5.3.2.1 Kerbfaktoren bei reinem Biegemoment

Für die Betrachtung der Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ infolge Momentenbeanspruchung werden in Abbildung 5.17 typische Verläufe der besagten Kerbfaktoren dargestellt.

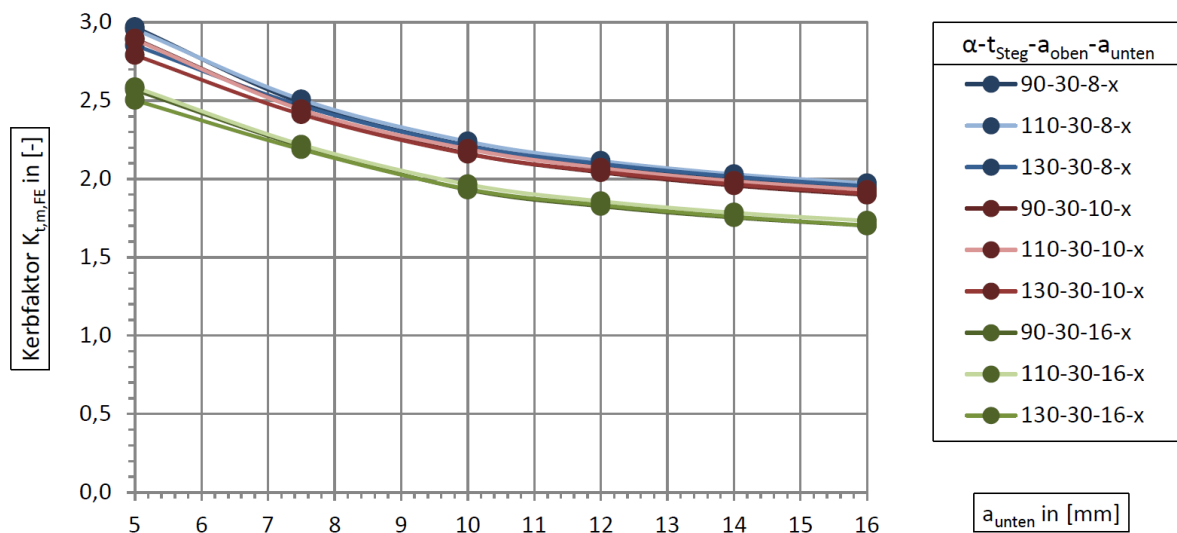


Abbildung 5.17: Darstellung ausgewählter Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ (α -t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}).

Aus Abbildung 5.17 geht hervor, dass der Einfluss des Stegblech-Neigungswinkels α auf den Kerbfaktor $K_{t,m,FE}$ vernachlässigbar gering ist. Aus diesem Grund wird der Parameter

α durch die Definition einer Umhüllenden eliminiert. Im Bereich a_{unten} gleich 10 bis 16 mm ergeben sich hauptsächlich mit α gleich 110° die größten Kerbfaktoren, während bei a_{unten} gleich 5 mm auch die Ergebnisse bei α gleich 90° maßgebend sein können. Eine Auflistung für die anschließende Beschreibung durch den ersten Term der Kerbfunktion (siehe Kapitel 5.3.3.1) erfolgt in Tabelle 5.15.

20	a_{unten}									
	5		10		12		14		16	
a_{oben}	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
8	1,829	1,865	1,516	1,535	1,472	1,487	1,436	1,454	1,410	1,432
10	1,697	1,734	1,411	1,430	1,363	1,384	1,328	1,352	1,301	1,333
16	1,308	1,340	1,089	1,109	1,054	1,072	1,024	1,047	1,000	1,027
30	a_{unten}									
	5		10		12		14		16	
a_{oben}	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
8	2,853	2,969	2,211	2,239	2,089	2,115	2,001	2,030	1,940	1,972
10	2,790	2,894	2,160	2,190	2,041	2,070	1,957	1,986	1,897	1,929
16	2,502	2,585	1,931	1,965	1,826	1,858	1,753	1,785	1,701	1,733
40	a_{unten}									
	5		10		12		14		16	
a_{oben}	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
8	3,876	4,190	2,891	3,000	2,708	2,783	2,573	2,637	2,470	2,535
10	3,861	4,149	2,880	2,976	2,697	2,768	2,562	2,626	2,459	2,525
16	3,695	3,911	2,757	2,835	2,581	2,645	2,451	2,512	2,352	2,415

Tabelle 5.15: Umhüllende Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ (Min., Max.) für die Stegblechdicken t_{Steg} gleich 20, 30, 40 mm

5.3.2.2 Kerbfaktoren für M-N-Interaktion

Für die Betrachtung der Kerbfaktoren $K_{t,mn,FE}$ infolge M-N-Interaktion werden in den Abbildungen 5.18 bis 5.20 typische Kerbfaktoren-Verläufe dargestellt. Je nach Modellvariante ergeben sich ein unterschiedlicher, vertikaler Versatz und eine Stauchung in vertikaler und horizontaler Richtung, wodurch mittels der zu ermittelnden Kerbfunktion eine Vielzahl an Funktionsgraphen abgebildet werden müsste.

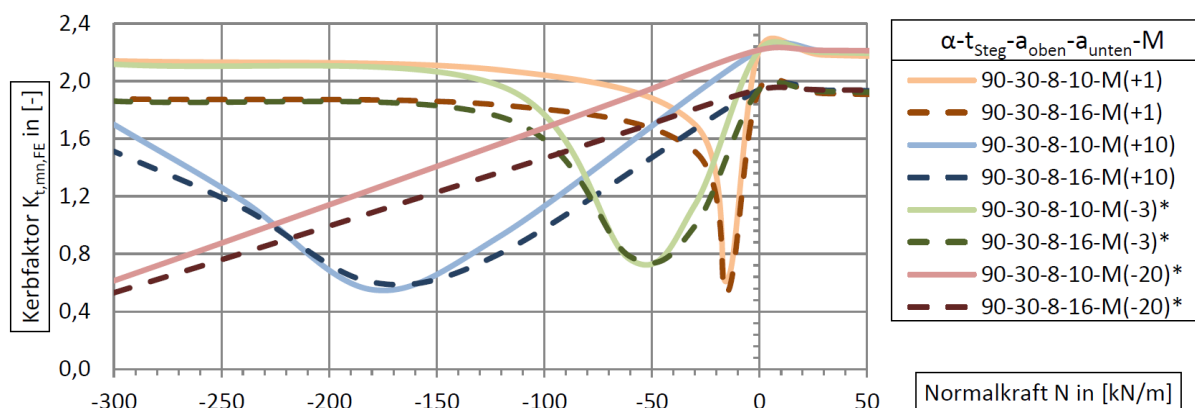


Abbildung 5.18: Vergleich der Kerbfaktoren $K_{t,mn,FE}$ bei verschiedenen a_{untten} gem. Tabelle 5.16 ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{untten}-M$ in [kNm/m], * ... gespiegelt um die vertikale Achse).

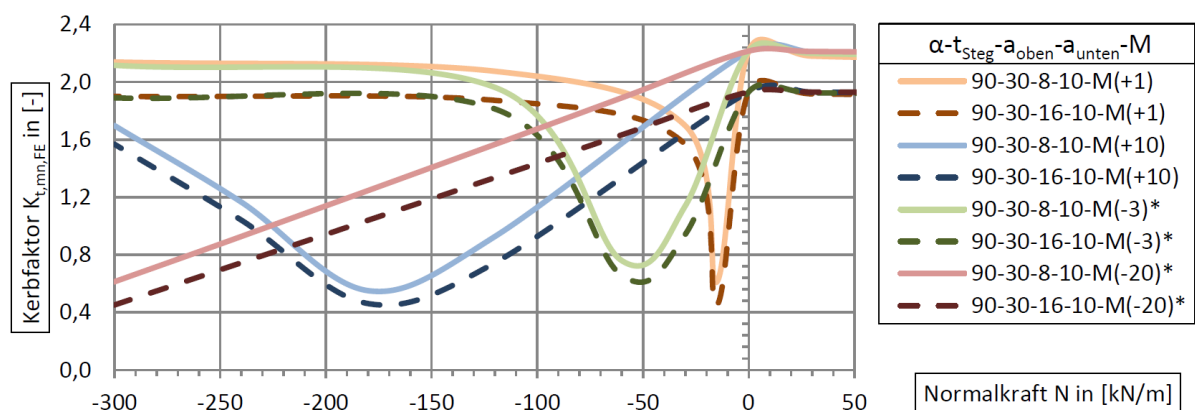


Abbildung 5.19: Vergleich der Kerbfaktoren $K_{t,mn,FE}$ bei verschiedenen a_{oben} gemäß Tabelle 5.17 ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{untten}-M$ in [kNm/m], * ... gespiegelt um die vertikale Achse).

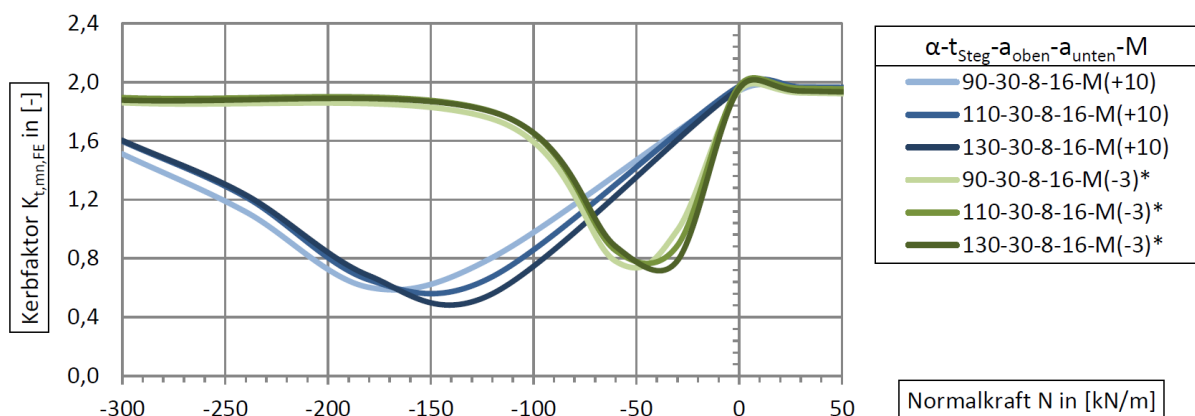


Abbildung 5.20: Vergleich der Kerbfaktoren $K_{t,mn,FE}$ bei verschiedenen α gemäß Tabelle 5.18 ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{untten}-M$ in [kNm/m], * ... gespiegelt um die vertikale Achse).

Zur einfacheren Beschreibung der großen Datenmenge wird durch das Bearbeiten der Ergebnisse versucht, Vereinfachungen vorzunehmen. Durch eine zweiteilige Ansatzfunktion (siehe Kapitel 5.3.3) wird mit dem ersten Term ein Startwert ermittelt und mit dem zweiten Term wird die Verlaufsform beschrieben. Dieser Umstand erlaubt eine Betrachtung von normierten Kerbfaktoren nach Gleichung 5.20 für die Ermittlung des zweiten Terms.

$$K_{t,mn,1,FE}(N) = \frac{K_{t,mn,FE}(N)}{K_{t,m,FE}} \quad (5.20)$$

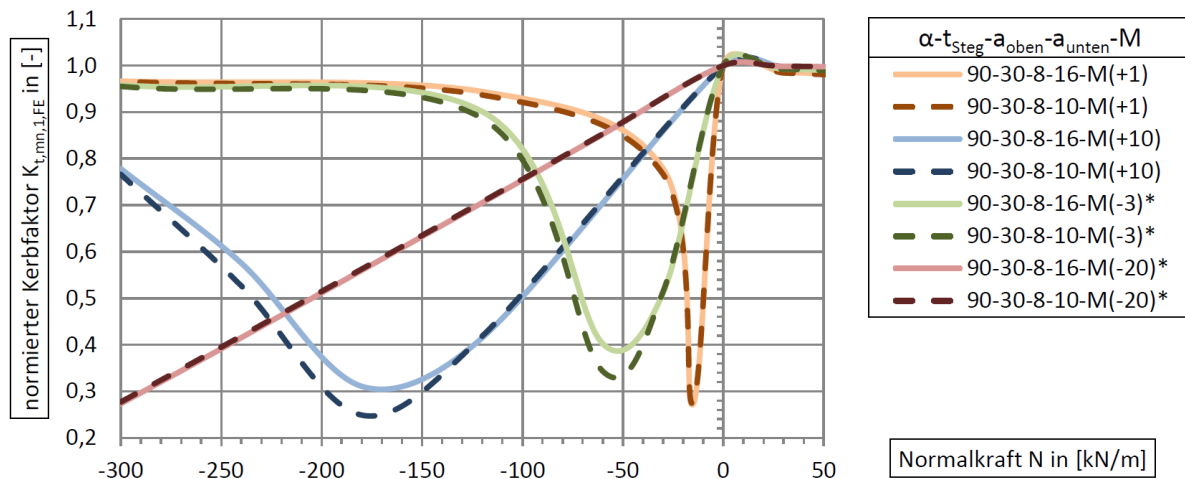
Die normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}$ werden in weiterer Folge durch die Variation festgelegter Parameter verglichen, wobei die Fälle der nachfolgenden Aufzählung betrachtet werden.

- Fall I - Variation der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} bei konstantem a_{oben} :
Die entsprechenden Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}(a_{unten})$ werden dem Anhang C entnommen und in der Tabelle 5.16 aufbereitet. Die Darstellung erfolgt in Abbildung 5.21. Durch die Normierung der Werte decken sich die Funktionsgraphen weitgehend und bei zunehmenden Biegemoment wird ersichtlich, dass vor allem bei den minimalen Extremstellen gewisse Abweichungen vorliegen.
- Fall II - Variation der oberen Schweißnahtdicke a_{oben} bei konstantem a_{unten} :
Die entsprechenden Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}(a_{oben})$ werden dem Anhang C entnommen und in der Tabelle 5.17 aufbereitet. Die Darstellung erfolgt in Abbildung 5.22. Durch die Normierung der Werte decken sich die Funktionsgraphen weitgehend. Verbleibende Abweichungen liegen diesmal nicht bei der minimalen Extremstelle vor, sondern beim Annähern an die horizontale Asymptote.
- Fall III - Variation des Neigungswinkels α :
Die entsprechenden Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}(\alpha)$ werden dem Anhang C entnommen und in der Tabelle 5.18 aufbereitet. Die Darstellung erfolgt in Abbildung 5.23. Durch die Normierung der Werte decken sich die Funktionsgraphen wieder zum größten Teil. Hier wird ersichtlich, dass bei der minimalen Extremstelle ein ähnlicher Verlauf vorliegt, welcher in horizontaler Richtung versetzt ist.

Durch die Variation der geometrischen Parameter konnte festgestellt werden, dass durch die Normierung der Kerbfaktoren nach Gleichung 5.20 die Verläufe derart verzerrt werden können, dass diese je nach Situation eng nebeneinanderliegen. Wird nun eine Umhüllende von den normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}$ gebildet, so kann der Einfluss von der oberen Schweißnahtdicke a_{oben} , der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} und dem Stegblech-Neigungswinkel α ausgeschlossen werden und es verbleiben Datensätze, welche nur noch von der Stegblechdicke t_{Steg} , dem Biegemoment M und der Normalkraft N abhängig sind. Es wird darauf hingewiesen, dass in den Tabellen 5.16 bis 5.18 aus Platzgründen der Index FE nicht angeführt wird. Es handelt sich dennoch um Kerbfaktoren von der FEM-Analyse.

a_{unten}	10 mm	16 mm	a_{unten}	10 mm	16 mm				
a_{oben}	8 mm	8 mm	a_{oben}	8 mm	8 mm				
M = +1 kNm/m			M = -3 kNm/m						
N	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	N	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$
300	2,147	0,969	1,893	0,976	-300	2,116	0,955	1,859	0,958
120	2,159	0,975	1,895	0,977	-120	1,962	0,886	1,748	0,901
30	2,180	0,984	1,913	0,986	-60	0,760	0,343	0,780	0,402
0	2,215	1,000	1,940	1,000	-30	1,139	0,515	0,993	0,512
-15	0,613	0,277	0,530	0,273	0	2,215	1,000	1,940	1,000
-30	1,697	0,766	1,510	0,778	30	2,198	0,993	1,926	0,993
-120	2,074	0,937	1,832	0,944	120	2,176	0,982	1,909	0,984
-300	2,139	0,966	1,875	0,967	300	2,160	0,975	1,897	0,978
M = +10 kNm/m			M = -20 kNm/m						
N	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	N	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$
300	2,180	0,984	1,913	0,986	-300	0,613	0,277	0,530	0,273
120	2,196	0,992	1,924	0,992	-240	0,928	0,419	0,806	0,415
30	2,208	0,997	1,935	0,997	-120	1,567	0,707	1,368	0,705
0	2,215	1,000	1,940	1,000	-60	1,890	0,853	1,654	0,852
-120	0,928	0,419	0,806	0,415	0	2,215	1,000	1,940	1,000
-180	0,551	0,249	0,603	0,311	30	2,212	0,999	1,937	0,999
-240	1,166	0,527	1,117	0,576	120	2,203	0,995	1,931	0,995
-300	1,697	0,766	1,510	0,778	300	2,193	0,990	1,922	0,991

Tabelle 5.16: Vergleich der normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}$ mit verschiedenen unteren Schweißnahtdicken a_{unten} , einer Stegdicke $t_{Steg} = 30$ mm und einem Winkel $\alpha = 90^\circ$



Abbildungung 5.21: Vergleich der normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}$ mit verschiedenen unteren Schweißnahtdicken a_{unten} , gemäß den Werten aus Tabelle 5.16 ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-M$ in [kNm/m], * ... gespiegelt um die vertikale Achse).

a_{unten}	10 mm	10 mm	a_{unten}	10 mm	10 mm				
a_{oben}	8 mm	16 mm	a_{oben}	8 mm	16 mm				
M = +1 kNm/m			M = -3 kNm/m						
N	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	N	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$
300	2,147	0,969	1,907	0,988	-300	2,116	0,955	1,890	0,979
120	2,159	0,975	1,907	0,988	-120	1,962	0,886	1,813	0,939
30	2,180	0,984	1,917	0,993	-60	0,760	0,343	0,657	0,340
0	2,215	1,000	1,931	1,000	-30	1,139	0,515	0,942	0,488
-15	0,613	0,277	0,452	0,234	0	2,215	1,000	1,931	1,000
-30	1,697	0,766	1,567	0,812	30	2,198	0,993	1,924	0,997
-120	2,074	0,937	1,872	0,970	120	2,176	0,982	1,916	0,992
-300	2,139	0,966	1,900	0,984	300	2,160	0,975	1,909	0,989
M = +10 kNm/m			M = -20 kNm/m						
N	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	N	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$
300	2,180	0,984	1,917	0,993	-300	0,613	0,277	0,452	0,234
120	2,196	0,992	1,923	0,996	-240	0,928	0,419	0,745	0,386
30	2,208	0,997	1,929	0,999	-120	1,567	0,707	1,336	0,692
0	2,215	1,000	1,931	1,000	-60	1,890	0,853	1,633	0,846
-120	0,928	0,419	0,745	0,386	0	2,215	1,000	1,931	1,000
-180	0,551	0,249	0,462	0,239	30	2,212	0,999	1,930	0,999
-240	1,166	0,527	1,041	0,539	120	2,203	0,995	1,927	0,998
-300	1,697	0,766	1,567	0,812	300	2,193	0,990	1,922	0,995

Tabelle 5.17: Vergleich der normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}$ mit verschiedenen oberen Schweißnahtdicken a_{oben} , einer Stegdicke $t_{Steg} = 30$ mm und einem Winkel $\alpha = 90^\circ$

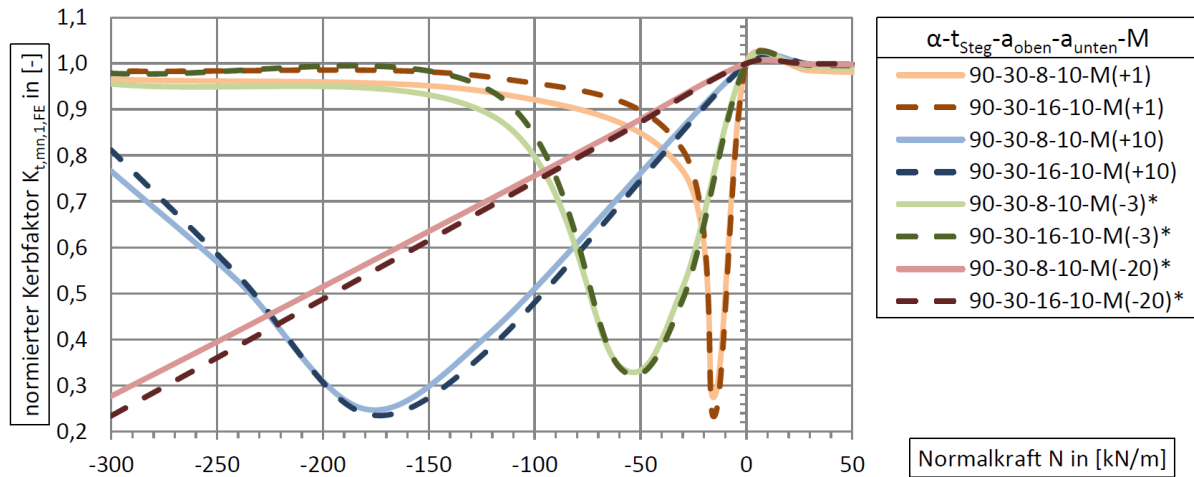


Abbildung 5.22: Vergleich der normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}$ mit verschiedenen oberen Schweißnahtdicken a_{oben} , gemäß den Werten aus Tabelle 5.17 ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-M$ in [kNm/m], * ... gespiegelt um die vertikale Achse).

α	90°		110°		130°	
M = -3 kNm/m						
N	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$
-300	1,859	0,958	1,894	0,960	1,877	0,961
-120	1,748	0,901	1,799	0,912	1,796	0,919
-60	0,780	0,402	0,853	0,432	0,881	0,451
-30	0,993	0,512	0,887	0,450	0,784	0,401
0	1,940	1,000	1,972	1,000	1,954	1,000
30	1,926	0,993	1,957	0,992	1,939	0,992
120	1,909	0,984	1,947	0,987	1,921	0,983
300	1,897	0,978	1,934	0,981	1,915	0,980
M = +10 kNm/m						
N	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$	$K_{t,mn}$	$K_{t,mn,1}$
300	1,913	0,986	1,947	0,987	1,927	0,986
120	1,924	0,992	1,958	0,993	1,937	0,991
30	1,935	0,997	1,966	0,997	1,948	0,997
0	1,940	1,000	1,972	1,000	1,954	1,000
-120	0,806	0,415	0,676	0,343	0,559	0,286
-180	0,603	0,311	0,654	0,332	0,682	0,349
-240	1,117	0,576	1,218	0,617	1,232	0,631
-300	1,510	0,778	1,597	0,810	1,602	0,820

Tabelle 5.18: Vergleich der normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}$ mit verschiedenen Winkel α , einer Stegdicke $t_{Steg} = 30$ mm, einer Schweißnahtdicke $a_{oben} = 8$ mm und $a_{unten} = 16$ mm

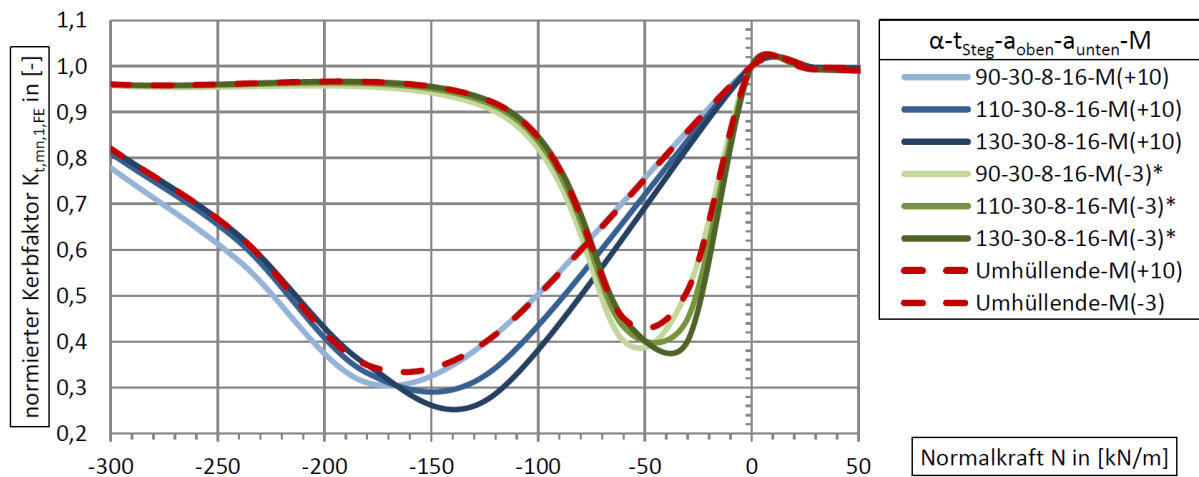


Abbildung 5.23: Vergleich der normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,1,FE}$ mit verschiedenen Stegblech-Neigungswinkel α , gemäß den Werten aus Tabelle 5.18 ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-M$ in [kNm/m], * ... gespiegelt um die vertikale Achse).

Bei weiterer Betrachtung der Kerbfaktoren kann festgestellt werden, dass zwischen den Zahlenwerten der effektiven Kerbspannungen infolge der M-N-Interaktion $\sigma_{k,K21,mn,FE}$, wie auch bei der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$, ein linearer Zusammenhang vorliegt. Um diesen Umstand darzustellen wird nachfolgend ein Ausschnitt der Tabelle C.15 dargestellt, wo deutlich ersichtlich ist, dass ein Skalierungsfaktor von 10 vorliegt. Dieser Faktor entspricht dem Biegemoment.

$M = +1$ kNm/m		$\sigma_{k,K21,mn,FE}$		$\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.
30	1	-19,727	26,081	9,160	14,531
-30	-1	-0,239	5,423	-11,311	-5,144
$M = +10$ kNm/m		$\sigma_{k,K21,mn,FE}$		$\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-197,270	260,812	91,603	145,309
-300	-10	-2,386	54,233	-113,117	-51,434

Tabelle 5.19: Ausschnitt von $\sigma_{k,K21,mn,FE}$, $\sigma_{k,K21,m,FE}(N)$ gemäß Tabelle C.15

Die normierten Kerbfaktoren $K_{t,nm,1,FE}$ können somit weiter vereinfacht werden. Zusätzlich zu der Verzerrung entlang der vertikalen Achse kann auch noch eine Stauchung in Richtung der horizontalen Achse erfolgen. Dies erfolgt durch den Bezug von der Normalkraft N auf das Biegemoment nach Gleichung 5.21.

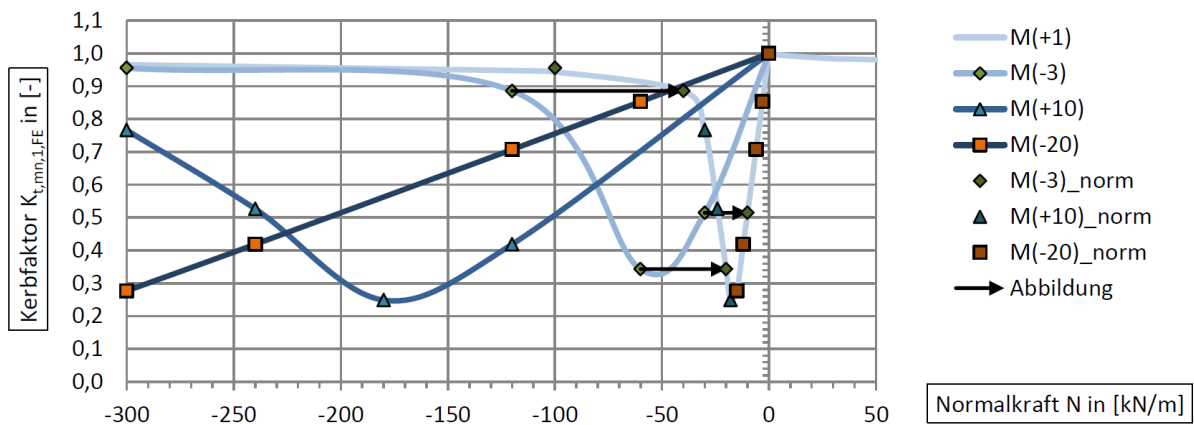
$$N_m = \frac{N}{M} \quad (5.21)$$

Durch diese Biegemoment-Normierung werden die Werte infolge der vier betrachteten Biegemomente $\{+1, -3, +10, -20\}$ auf den sogenannten Einheitsverlauf ($M = 1$ kNm/m) abgebildet. Der zweite Term der Kerbfunktion muss somit nur noch an eine Wertekurve angenähert werden, von welcher durch die Normierung wesentlich mehr bekannte Punkte vorliegen. Die angestrebte mathematisch, genaue Beschreibung des *Übergangsbereiches* (siehe Ende von Kapitel 5.3.1) ist dadurch somit möglich. Eine Darstellung der Biegemoment-Normierung erfolgt in der Abbildung 5.24. Die horizontale Stauchung der Funktionsgraphen bzw. der Versatz einzelner Punkte wird dabei für den Fall $M = -3$ kNm/m mittels Pfeilen dargestellt.

Zusammenfassend können die doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,nm,2,FE}$ schließlich nach Gleichung 5.22 ermittelt werden. Grundsätzlich entspricht dies Gleichung 5.20 mit dem Unterschied, dass sich der Funktionswert nicht an der Stelle N sondern an N_m befindet. Eine Auflistung für die Beschreibung durch den zweiten Term der Kerbfunktion erfolgt in Tabelle 5.20.

$$K_{t,mn,2,FE}(N_m) = \frac{K_{t,mn,FE}(N)}{K_{t,m,FE}} \quad (5.22)$$

Die doppelt-normierte Funktion der Kerbfaktoren weist somit folgende Eigenschaften auf: Der Kerbfaktor an der Stelle $N = 0$ kNm/m beträgt 1,0 [-], es wird ein Einheitsmoment $M = 1$ kNm/m zugrunde gelegt und eine geometrische Abhängigkeit besteht nur noch von der Stegblechdicke t_{Steg} .



Abbildungung 5.24: Darstellung der Biegemoment-Normierung durch die Abbildung einzelner Funktionswerte von $M(-3)$ auf die normierte Funktion $M(+1)$.

$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$			$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$			$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		
N_m [kN/m]	$K_{t,mn,2,FE}$ Min. Max.		N_m [kN/m]	$K_{t,mn,2,FE}$ Min. Max.		N_m [kN/m]	$K_{t,mn,2,FE}$ Min. Max.	
200,0	0,984	0,999	300,0	0,969	0,995	400,0	0,954	0,987
80,0	0,984	0,999	120,0	0,975	0,996	160,0	0,956	0,992
66,7	0,991	0,999	100,0	0,975	0,993	133,3	0,957	0,988
26,7	0,992	0,999	40,0	0,976	0,996	53,3	0,965	0,991
20,0	0,996	1,000	30,0	0,984	0,995	40,0	0,969	0,990
10,0	0,997	1,000	15,0	0,990	0,996	20,0	0,977	0,993
8,0	0,997	1,000	12,0	0,991	0,997	16,0	0,980	0,994
6,7	0,998	1,000	10,0	0,992	0,997	13,3	0,982	0,994
4,0	0,998	1,001	6,0	0,995	0,998	8,0	0,987	0,996
2,0	1,000	1,000	3,0	0,997	0,999	4,0	0,993	0,998
1,0	1,000	1,000	1,5	0,998	0,999	2,0	0,996	0,999
0,0	1,000	1,000	0,0	1,000	1,000	0,0	1,000	1,000
-2,0	0,894	0,934	-3,0	0,804	0,853	-4,0	0,670	0,748
-4,0	0,787	0,867	-6,0	0,609	0,707	-8,0	0,346	0,498
-6,7	0,647	0,778	-10,0	0,348	0,515	-13,3	0,198	0,359
-8,0	0,574	0,734	-12,0	0,221	0,419	-16,0	0,364	0,544
-10,0	0,469	0,668	-15,0	0,124	0,287	-20,0	0,606	0,773
-12,0	0,363	0,601	-18,0	0,233	0,352	-24,0	0,768	0,902
-13,3	0,292	0,557	-20,0	0,328	0,472	-26,7	0,666	0,931
-16,0	0,151	0,469	-24,0	0,514	0,691	-32,0	0,862	0,955
-20,0	0,097	0,337	-30,0	0,765	0,912	-40,0	0,896	0,968
-26,7	0,244	0,486	-40,0	0,886	0,965	-53,3	0,918	0,973
-40,0	0,662	0,952	-100,0	0,955	0,984	-80,0	0,933	0,979
-66,7	0,964	0,993	-120,0	0,937	0,980	-133,3	0,941	0,982
-200,0	0,983	1,000	-300,0	0,963	0,989	-400,0	0,944	0,989

Tabelle 5.20: Doppelt-normierte, umhüllende Kerbfaktoren $K_{t,mn,2,FE}(N_m)$ für die Ermittlung von $K_{t,mn}$ je Stegblechdicke t_{Steg}

5.3.3 Ermittlung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,m}$

Die mittels FEM-Analyse ermittelten Kerbfaktoren werden nun durch die Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,m}$ beschrieben. Dazu wird die Ansatzfunktion nach Gleichung 5.23 verwendet.

$$\mathcal{A}_{k,K21,m} = K_{t,m} \cdot K_{t,mn} \quad (5.23)$$

Die Funktion $K_{t,m}$ beschreibt dabei den Grundwert, welcher unabhängig von der Normalkraft ist. Die Funktion $K_{t,mn}$ berücksichtigt den Einfluss der M-N-Interaktion.

5.3.3.1 Ermittlung von $K_{t,m}$

Die mit Hilfe der FEM-Analyse ermittelten Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ werden nun durch Gleichung 5.24 beschrieben. Der gewählte Ansatz beinhaltet einen quadratischen Term mit der Abhängigkeit von a_{unten} , welcher die grundlegende Funktionsform beschreibt. Die Anpassung an die spezifischen Parameter erfolgt durch zusätzliche lineare Terme mit den Abhängigkeiten von t_{Steg} und a_{oben} . Es liegt somit eine Ansatzfunktion vor, welche ausgenommen vom α -Term jener aus Kapitel 5.2.3 entspricht. Zum Nachvollziehen des Einflusses der einzelnen Terme wird sinngemäß auf Abbildung 5.7 a), b) und c) verwiesen.

$$K_{t,m} = A + \left(\frac{a_{unten} - d_0}{B} \right)^2 + a_{oben} \cdot C \quad (5.24)$$

Das Anpassen der quadratischen Grundform an die jeweilige Stegblechdicke t_{Steg} erfolgt mit dem Parameter d_0 , sowie mit den Funktionen A und B . Der Parameter d_0 bewirkt einen Versatz der gesamten Kurve in horizontaler Richtung. Der Versatz in vertikaler Richtung erfolgt mit der Funktion A und das Stauchen entlang der horizontalen Achse erfolgt mit der Funktion B . Sowohl die Funktion A als auch die Funktion B wird durch eine Geradengleichung mit dem Parameter t_{Steg} beschrieben (siehe Gleichung 5.25 und 5.26).

$$A = a_0 + t_{Steg} \cdot a_1 \quad (5.25)$$

$$B = b_0 + t_{Steg} \cdot b_1 \quad (5.26)$$

Der Einfluss der oberen Schweißnahtdicke a_{oben} wird mit der Funktion C berücksichtigt, welche durch eine Geradengleichung mit der Variable t_{Steg} beschrieben wird (siehe Gleichung 5.27).

$$C = c_0 + t_{Steg} \cdot c_1 \quad (5.27)$$

Zur Bestimmung der Parameter wird die Methode der Kleinsten Quadrate angewandt. Die Berechnung der Eingangswerte erfolgt gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ aus Tabelle 5.15 werden in die Tab. 5.21 - 5.23 übertragen.
- In der Spalte $K_{t,m,Modell}$ wird die Ansatz-Funktion gemäß Gleichung 5.24 angewendet. Der Startwert der Funktionen A_{ber} , B_{ber} und C_{ber} , sowie der Faktor d_{ber} wird mit 1,0 gewählt, wobei der Faktor d_{ber} unabhängig von der Stegblechdicke t_{Steg} ist.

- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von $K_{t,m,Modell}$ zu $K_{t,m,FE}$ gebildet.
- Die Startwerte von A_{ber} werden in die Tabelle 5.24 übertragen und entsprechend verknüpft, sodass die jeweiligen Werte bei der iterativen Minimierung der Fehlerquadrate automatisch übertragen werden.
- In der Spalte A_{Modell} wird die Gleichung 5.25 angewendet. Die Parameter $a_{0,ber}$ und $a_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von A_{Modell} zu A_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von B_{ber} werden in die Tabelle 5.25 übertragen und wiederum entsprechend verknüpft.
- In der Spalte B_{Modell} wird die Gleichung 5.26 angewendet. Die Parameter $b_{0,ber}$ und $b_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von B_{Modell} zu B_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von C_{ber} werden in die Tabelle 5.26 übertragen und wiederum entsprechend verknüpft.
- In der Spalte C_{Modell} wird die Gleichung 5.27 angewendet. Die Parameter $c_{0,ber}$ und $c_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von C_{Modell} zu C_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.

Im Excel-Solver können nun die *Eingangswerte*, sprich die gewählten Startwerte der jeweiligen Parameter, als veränderliche Zellen und die quadrierte Gesamtabweichungssumme als *Zielzelle* definiert werden. Mit dem Ziel, dass $\sum[\sum(Abweichung)^2]$ minimal wird, werden die *Eingangswerte* so lange variiert bis ein Minimum vorliegt. Die *Eingangswerte*, sprich alle Werte mit dem Index *ber*, sind nun ermittelt worden. Die Wahl der Endwerte erfolgt nun gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die Parameter $a_{0,fin}$ und $a_{1,fin}$ in Tab. 5.24 werden gewählt und mittels Gleichung 5.25 ergibt sich Spalte $A_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tab. 5.21 - 5.23 eingesetzt.
- Die Parameter $b_{0,fin}$ und $b_{1,fin}$ in Tab. 5.25 werden gewählt und mittels Gleichung 5.26 ergibt sich Spalte $B_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tab. 5.21 - 5.23 eingesetzt.
- Die Parameter $c_{0,fin}$ und $c_{1,fin}$ in Tab. 5.26 werden gewählt und mittels Gleichung 5.27 ergibt sich Spalte $C_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tab. 5.21 - 5.23 eingesetzt.
- Der Parameter d_{fin} in Tab. 5.21 - 5.23 wird gewählt.

Die Endwerte (Werte mit dem Index *fin*) wurden nun ermittelt, rückgerechnet bzw. gewählt. Die Funktion $K_{t,m}$ ist somit vollständig definiert und die Funktionswerte können mit den Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ aus Tabelle 5.15 verglichen werden. Der Vergleich von $K_{t,m,FE}$ mit $K_{t,m}$ wird in Abbildung 5.25 dargestellt.

	Ausgangswerte für $K_{t,m,Modell}$			Endwerte für $K_{t,m}$		
	20	A_{ber}	1,8566	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	1,8582
	B_{ber}	15,3091	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	15,2754	gem. Tab. 5.25
	C_{ber}	-0,0546	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,0534	gem. Tab. 5.26
	d_{ber}	15,6122	berechnet	d_{fin}	15,6122	gewählt
a_{unten}	a_{oben}	$K_{t,m,FE}$	$K_{t,m,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,m}$	$[Abw.]^2$
5	8	1,865	1,900	1,22 E-3	1,9136	2,37 E-3
10	8	1,535	1,554	3,37 E-4	1,5660	9,31 E-4
12	8	1,487	1,475	1,43 E-4	1,4869	2,18 E-8
14	8	1,454	1,431	5,58 E-4	1,4421	1,44 E-4
16	8	1,432	1,420	1,47 E-4	1,4316	3,09 E-7
5	10	1,734	1,791	3,21 E-3	1,8068	5,31 E-3
10	10	1,430	1,445	2,07 E-4	1,4592	8,44 E-4
12	10	1,384	1,366	3,26 E-4	1,3801	1,40 E-5
14	10	1,352	1,321	9,72 E-4	1,3353	2,91 E-4
16	10	1,333	1,311	5,00 E-4	1,3248	6,87 E-5
5	16	1,340	1,463	1,51 E-2	1,4864	2,14 E-2
10	16	1,109	1,117	5,83 E-5	1,1388	8,87 E-4
12	16	1,072	1,038	1,19 E-3	1,0597	1,61 E-4
14	16	1,047	0,993	2,89 E-3	1,0149	1,04 E-3
16	16	1,027	0,983	1,99 E-3	1,0044	5,30 E-4
$\sum[Abweichung]^2 =$				2,88 E-2		3,40 E-2

Tabelle 5.21: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,m}$ für $t_{Steg} = 20$ mm

	Ausgangswerte für $K_{t,m,Modell}$			Endwerte für $K_{t,m}$		
	30	A_{ber}	2,3268	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	2,3182
	B_{ber}	11,8325	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	11,8704	gem. Tab. 5.25
	C_{ber}	-0,0354	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,0373	gem. Tab. 5.26
	d_{ber}	15,6122	berechnet	d_{fin}	15,6122	gewählt
a_{unten}	a_{oben}	$K_{t,m,FE}$	$K_{t,m,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,m}$	$[Abw.]^2$
5	8	2,969	2,848	1,46 E-2	2,8190	2,25 E-2
10	8	2,239	2,269	8,86 E-4	2,2433	1,83 E-5
12	8	2,115	2,137	4,67 E-4	2,1124	9,30 E-6
14	8	2,030	2,062	1,03 E-3	2,0382	6,16 E-5
16	8	1,972	2,045	5,35 E-3	2,0209	2,41 E-3
5	10	2,894	2,778	1,36 E-2	2,7444	2,24 E-2
10	10	2,190	2,198	5,83 E-5	2,1687	4,72 E-4
12	10	2,070	2,066	1,05 E-5	2,0378	1,01 E-3
14	10	1,986	1,992	3,07 E-5	1,9636	5,06 E-4
16	10	1,929	1,974	2,06 E-3	1,9463	3,03 E-4
5	16	2,585	2,565	3,88 E-4	2,5206	4,14 E-3
10	16	1,965	1,986	4,18 E-4	1,9449	4,21 E-4
12	16	1,858	1,854	1,43 E-5	1,8140	1,93 E-3
14	16	1,785	1,779	2,87 E-5	1,7398	2,03 E-3
16	16	1,733	1,762	8,26 E-4	1,7225	1,16 E-4
$\sum[Abweichung]^2 =$				3,97 E-2		5,83 E-2

Tabelle 5.22: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,m}$ für $t_{Steg} = 30$ mm

40	Ausgangswerte für $K_{t,m,Modell}$			Endwerte für $K_{t,m}$		
	A_{ber}	2,7741	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	2,7782	gem. Tab. 5.24
	B_{ber}	8,4722	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	8,4654	gem. Tab. 5.25
	C_{ber}	-0,0222	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,0212	gem. Tab. 5.26
	d_{ber}	15,6122	berechnet	d_{fin}	15,6122	gewählt

a_{unten}	a_{oben}	$K_{t,m}$	$K_{t,m,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,m}$	$[Abw.]^2$
5	8	4,190	4,165	6,10 E-4	4,1801	9,79 E-5
10	8	3,000	3,035	1,23 E-3	3,0481	2,31 E-3
12	8	2,783	2,778	2,33 E-5	2,7907	5,99 E-5
14	8	2,637	2,633	2,31 E-5	2,6449	5,68 E-5
16	8	2,535	2,598	4,06 E-3	2,6107	5,78 E-3
5	10	4,149	4,121	7,92 E-4	4,1377	1,28 E-4
10	10	2,976	2,991	2,08 E-4	3,0057	8,67 E-4
12	10	2,768	2,734	1,20 E-3	2,7483	4,00 E-4
14	10	2,626	2,588	1,41 E-3	2,6025	5,35 E-4
16	10	2,525	2,554	8,67 E-4	2,5683	1,92 E-3
5	16	3,911	3,988	5,86 E-3	4,0105	9,90 E-3
10	16	2,835	2,857	4,91 E-4	2,8785	1,88 E-3
12	16	2,645	2,600	1,98 E-3	2,6211	5,63 E-4
14	16	2,512	2,455	3,28 E-3	2,4753	1,35 E-3
16	16	2,415	2,421	3,58 E-5	2,4411	6,99 E-4
$\sum [Abweichung]^2 =$				2,21 E-2		2,65 E-2

Tabelle 5.23: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,m}$ für $t_{Steg} = 40$ mm

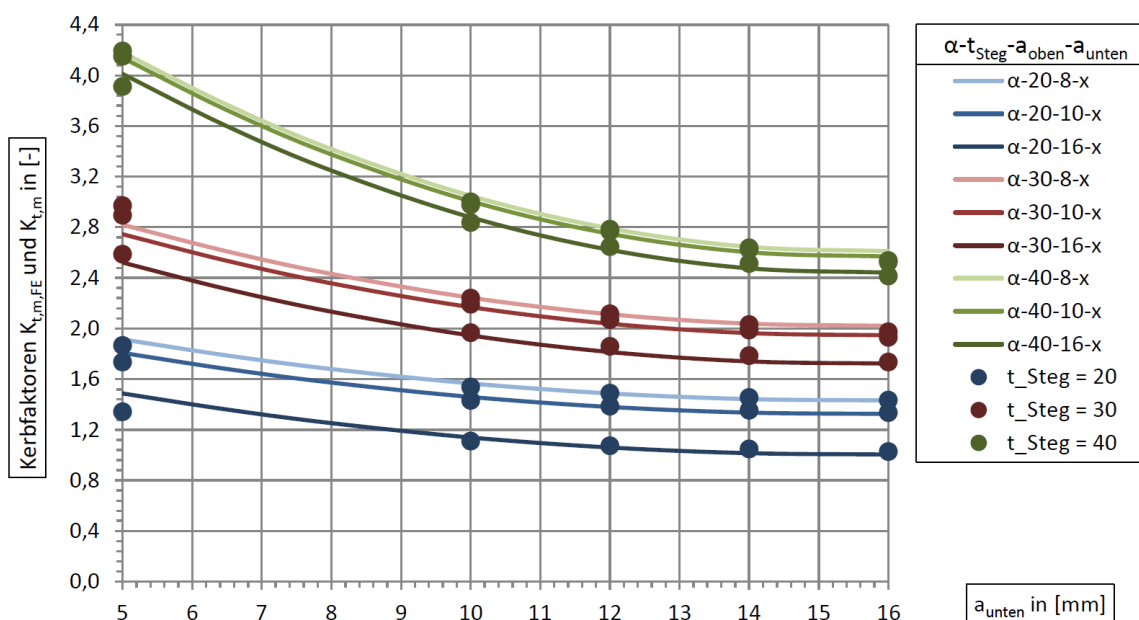


Abbildung 5.25: Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ infolge der FEM-Analyse und $K_{t,m}$ gemäß der Kerbfunktion in Abhängigkeit von a_{unten} (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten}).

Ausgangswerte für A_{Modell}			Endwerte für $A_{fin}(t_{Steg})$		
$a_{0,ber}$	0,9382	berechnet	$a_{0,fin}$	0,9382	gewählt
$a_{1,ber}$	0,0460	berechnet	$a_{1,fin}$	0,0460	gewählt
t_{Steg} [mm]	A_{ber} gem. Tab. 5.21 - 5.23		A_{Modell}	$[Abw.]^2$	$A_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.21 - 5.23
20	1,8566		1,8576	1,05 E-6	1,8582
30	2,3268		2,3173	8,95 E-5	2,3182
40	2,7741		2,7770	8,64 E-6	2,7782
$\sum [Abweichung]^2 = 9,92 \text{ E-5}$					

Tabelle 5.24: Ermittlung der Funktionswerte für A_{fin}

Ausgangswerte für B_{Modell}			Endwerte für $B_{fin}(t_{Steg})$		
$b_{0,ber}$	22,0854	berechnet	$b_{0,fin}$	22,0854	gewählt
$b_{1,ber}$	-0,3405	berechnet	$b_{1,fin}$	-0,3405	gewählt
t_{Steg} [mm]	B_{ber} gem. Tab. 5.21 - 5.23		B_{Modell}	$[Abw.]^2$	$B_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.21 - 5.23
20	15,3091		15,2764	1,07 E-3	15,2754
30	11,8325		11,8719	1,56 E-3	11,8704
40	8,4722		8,4674	2,31 E-5	8,4654
$\sum [Abweichung]^2 = 2,65 \text{ E-3}$					

Tabelle 5.25: Ermittlung der Funktionswerte für B_{fin}

Ausgangswerte für C_{Modell}			Endwerte für $C_{fin}(t_{Steg})$		
$c_{0,ber}$	-0,0856	berechnet	$c_{0,fin}$	-0,0856	gewählt
$c_{1,ber}$	1,61 E-3	berechnet	$c_{1,fin}$	1,61 E-3	gewählt
t_{Steg} [mm]	C_{ber} gem. Tab. 5.21 - 5.23		C_{Modell}	$[Abw.]^2$	$C_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.21 - 5.23
20	-0,0546		-0,0534	1,60 E-6	-0,0534
30	-0,0354		-0,0372	3,55 E-6	-0,0373
40	-0,0222		-0,0211	1,21 E-6	-0,0212
$\sum [Abweichung]^2 = 6,36 \text{ E-6}$					

Tabelle 5.26: Ermittlung der Funktionswerte für C_{fin}

5.3.3.2 Ermittlung von $K_{t,mn}$

Die doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,2,FE}$ aus Tabelle 5.20 werden durch die Kerbfunktion $K_{t,mn}$ beschrieben. Dazu wird die Ansatzfunktion nach Gleichung 5.28 verwendet. Eine Beschreibung der einzelnen Terme erfolgt im Anschluss (siehe Abbildung 5.28).

$$K_{t,mn} = \begin{cases} 1 & \dots & N_m \geq 0 \\ 1 + K \cdot N_m & \dots & 0 > N_m \geq N_m^* \\ \frac{(N_m + a_0 \cdot N_m^*)^2}{(b_0 \cdot N_m^*)^2 + (N_m + a_0 \cdot N_m^*)^2} & \dots & N_m^* > N_m \end{cases} \quad (5.28)$$

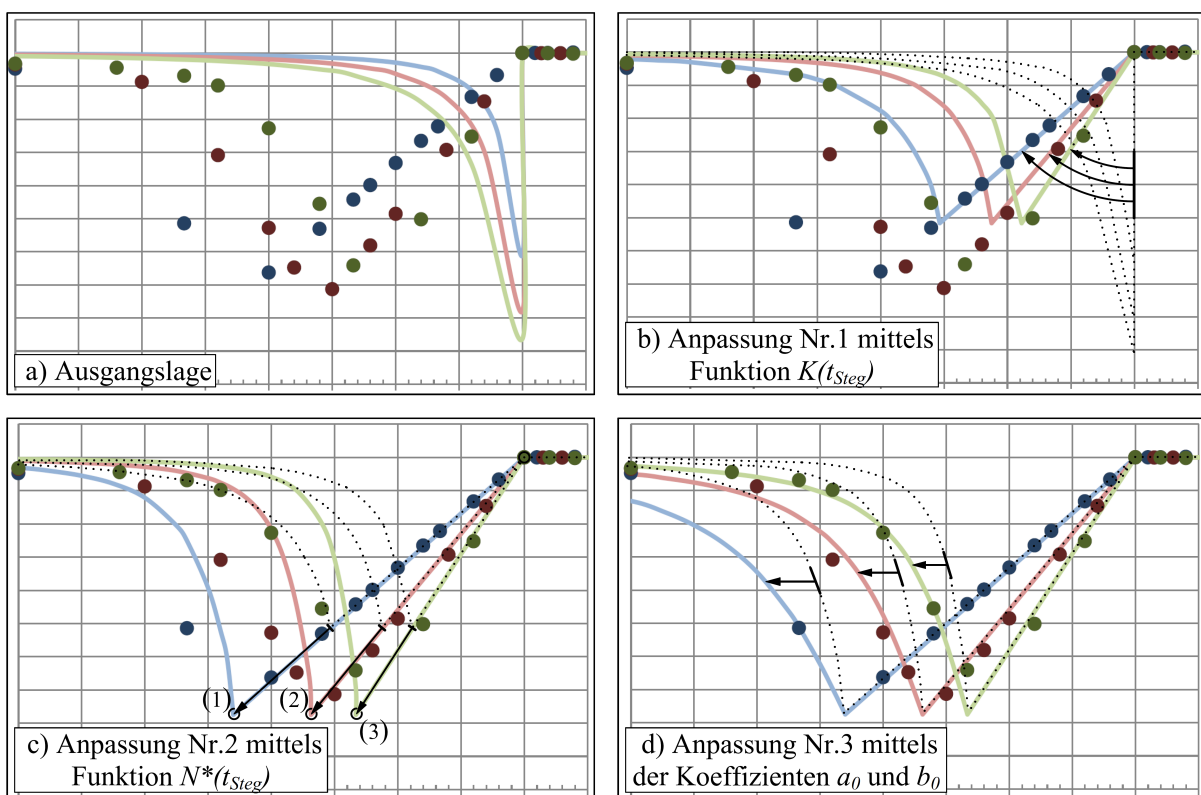


Abbildung 5.26: Einfluss der jeweiligen Funktionsterme in der Ansatzfunktion nach Gleichung 5.28. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde an dieser Stelle auf eine Beschriftung der Achsen, sowie auf eine Legende verzichtet (siehe dazu Abbildung 5.28). Horizontale Achse: N_m . Vertikale Achse: Kerbfaktoren $K_{t,mn,2,FE}$ infolge FEM-Analyse und $K_{t,mn}$ gemäß Kerbfunktion. Zuordnung der Farben, etc. gemäß Folgetext.

Die gewählte Ansatzfunktion setzt sich aus drei Funktionsbereichen zusammen, welche von der Normalkraft N , dem Biegemoment M und der Stegblechdicke t_{Steg} abhängig sind.

- Konstante Funktion im Bereich $N_m \geq 0$.
- Lineare Funktion im Bereich $0 > N_m \geq N_m^*$.
- Quadratische Funktion im Bereich $N_m^* > N_m$.

Bei der Betrachtung der Kerbfaktoren im Kapitel 5.3.2.2 (Abbildung 5.18 bis 5.24) wurde festgestellt, dass das Biegemoment und die Normalkraft immer von einander abhängig sind. Eine wesentliche Beeinflussung liegt jedoch nur vor, wenn die Schnittgrößenvorzeichen voneinander verschieden sind und das Verhältnis zwischen dem Biegemoment und der Normalkraft in einem gewissen Bereich liegt. Diese wesentliche Abhängigkeit wird durch den Punkt N_m^* beschrieben. N_m^* für $t_{Steg} = 20$ mm entspricht dem Punkt (1) in Abbildung 5.26 c), für 30 mm dem Punkt (2) und für 40 mm dem Punkt (3). Im Bereich $0 > N_m \geq N_m^*$ liegt ein linearer Verlauf vor und im Bereich $N_m^* > N_m$ erfolgt mittels einer quadratischen Funktion eine Annäherung an eine horizontale Asymptote nahe dem Wert 1. Dieser Abklingvorgang erfolgt im Bereich $N_m \geq 0$ zur gleichen horizontalen Asymptote. Aufgrund der geringen Beeinflussung von rund 2-3 % wird im positiven Wertebereich der horizontalen Achse, auf der sicheren Seite liegend, ein konstantes Plateau mit dem Wert 1 definiert. Für die Beschreibung des quadratischen Funktionsbereichs ($N_m^* > N_m$) wird zunächst von der Gleichung 5.30 ausgegangen. Diese wurde der Fourier-Analyse, genauer gesagt der kontinuierlichen Fourier-Transformation entnommen und dient üblicherweise der Beschreibung einer Zerlegung eines zeitabhängigen, periodischen oder nicht periodischen Signals in sein Spektrum. Mathematisch ausgedrückt handelt es sich bei der Gleichung 5.30 um eine kontinuierliche Fourier-Transformation von der exponentiellen Abfall-Funktion nach Gleichung 5.29, aufgesplittet in Real- und Imaginär-Teil.

$$f(t) = \begin{cases} e^{-\lambda t} & \dots t \geq 0 \\ 0 & \dots \text{sonst} \end{cases} \quad (5.29)$$

$$F(\omega) = \left(\frac{\lambda}{\lambda^2 + \omega^2} \right) - i \cdot \left(\frac{\omega}{\lambda^2 + \omega^2} \right) \quad (5.30)$$

Der erste Term aus Gleichung 5.30 beschreibt dabei den Real-Anteil und der zweite Term den Imaginär-Anteil. Die Funktionskurve der Ansatzfunktion $F(\omega)$ und die einzelnen Terme werden in Abbildung 6.15 dargestellt.

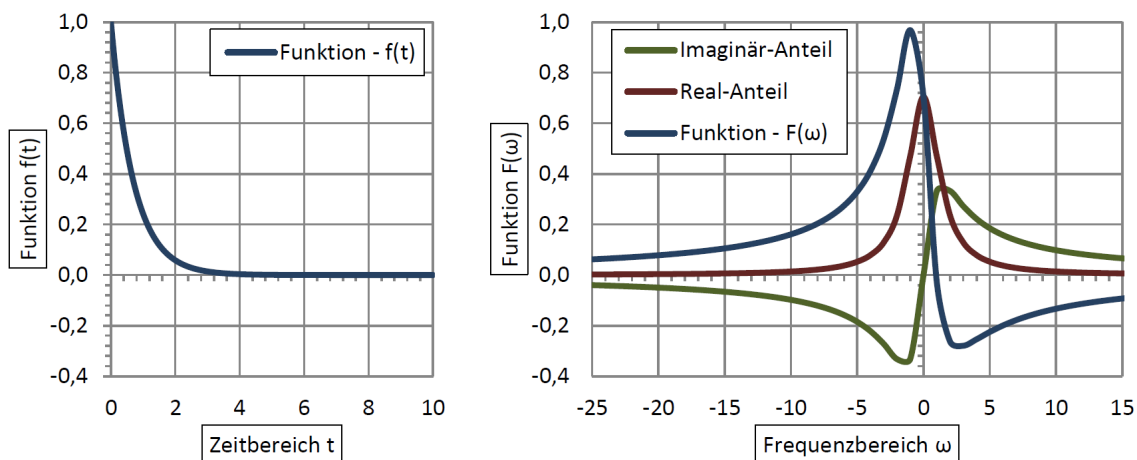


Abbildung 5.27: Links: exponentielle Abfallfunktion $f(t)$ nach Gleichung 5.29. Rechts: kontinuierliche Fourier-Transformation der Ausgangsfunktion nach Gleichung 5.30.

Bei genauerer Betrachtung von Abbildung 6.15 wird ersichtlich, dass der Imaginärteil den quadratischen Funktionsbereich sehr gut abbilden kann². Eine entsprechende Anpassung zur Berücksichtigung der Minimalstelle N_m^* und der verschiedenen Stegblechdicken t_{Steg} führt schließlich zu finalen Funktionsform nach Gleichung 5.31.

$$\frac{\omega}{\lambda^2 + \omega^2} \longrightarrow \frac{(N_m + a_0 \cdot N_m^*)^2}{(b_0 \cdot N_m^*)^2 + (N_m + a_0 \cdot N_m^*)^2} \quad (5.31)$$

Die Anpassung der Minimalstellen erfolgt durch die Funktion N_m^* . N_m^* für $t_{Steg} = 20$ mm entspricht dem Punkt (1) in Abbildung 5.26 c), für 30 mm dem Punkt (2) und für 40 mm dem Punkt (3). Die Funktion N_m^* wird durch ein Polynom zweiter Ordnung mit der Variable t_{Steg} beschrieben (siehe Gleichung 5.32).

$$N_m^* = n_0^* - \left(\frac{t_{Steg} + n_1^*}{n_2^*} \right)^2 \quad (5.32)$$

Das Anpassen der Geradensteigung erfolgt durch die Funktion K (siehe Abbildung 5.26, Anpassung Nr.1), welche durch eine Geradengleichung mit der Variable t_{Steg} beschrieben wird (siehe Gleichung 5.33).

$$K = k_0 + t_{Steg} \cdot k_1 \quad (5.33)$$

Die Laufvariable N_m , sprich die normierte Normalkraft, wird mit der Normalkraft N und dem Biegemoment M beschrieben (siehe Gleichung 5.34).

$$N_m = N/M \quad (5.34)$$

Zur Bestimmung der Parameter wird die Methode der Kleinsten Quadrate angewandt. Die Berechnung der Eingangswerte erfolgt gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,2,FE}$ aus Tabelle 5.20 werden in die Tab. 5.27 - 5.29 übertragen.
- In der Spalte $K_{t,mn,Modell}$ wird die Ansatz-Funktion gemäß Gleichung 5.28 angewendet. Der Startwert der Funktionen $N_{m,ber}^*$, K_{ber} , sowie der Parameter a_{ber} und b_{ber} wird zunächst mit 1,0 gewählt, wobei die Parameter a_{ber} und b_{ber} unabhängig von der Stegblechdicke t_{Steg} sind.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von $K_{t,mn,Modell}$ zu $K_{t,mn,2,FE}$ gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von $N_{m,ber}^*$ werden in die Tabelle 5.30 übertragen und entsprechend verknüpft, sodass die jeweiligen Werte bei der iterativen Minimierung der Fehlerquadrate automatisch übertragen werden.

²Zunächst wurde eigentlich versucht die gesamte Funktion mit Hilfe von Gleichung 5.30 zu beschreiben. Schlussendlich wurde im Sinne einer genauen, mathematischen Beschreibung der doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,mn,2,FE}$ jedoch davon abgesehen und es wurde eine Funktion bestehend aus mehreren Einzelfunktionen herangezogen.

- In der Spalte $N_{m,Modell}^*$ wird die Gleichung 5.32 angewendet. Die Parameter $n_{0,ber}^*$, $n_{1,ber}^*$ und $n_{2,ber}^*$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von $N_{m,Modell}^*$ zu $N_{m,ber}^*$ gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von K_{ber} werden in die Tabelle 5.31 übertragen und wiederum entsprechend verknüpft.
- In der Spalte K_{Modell} wird die Gleichung 5.33 angewendet. Die Parameter $k_{0,ber}$ und $k_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von K_{Modell} zu K_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.

Im Excel-Solver können nun die *Eingangswerte*, sprich die gewählten Startwerte der jeweiligen Parameter, als veränderliche Zellen und die quadrierte Gesamtabweichungssumme als *Zielzelle* definiert werden. Mit dem Ziel, dass $\sum[\sum(Abweichung)^2]$ minimal wird, und mit der Bedingungen, dass die Parameter a_{ber} und b_{ber} für jede Stegblechdicke t_{Steg} gleich sein müssen, werden die *Eingangswerte* so lange variiert bis ein Minimum vorliegt. Ebenso muss der lineare und quadratische Funktionsterm die gleichen Funktionswerte an der Stelle N_m^* aufweisen, da ansonsten keine stetige Funktion vorliegt. Aus diesem Grund werden in den Tabellen 5.27 - 5.29 zusätzlich die Punkte $N_{m,fin}^*$ und $N_{m,fin}^* - \Delta N_m$ mit den entsprechenden Ergebnissen angeführt, damit gezeigt werden kann, dass ein stetiger Verlauf vorliegt. Die *Eingangswerte*, sprich alle Werte mit dem Index *ber*, sind nun ermittelt worden. Die Wahl der Endwerte erfolgt nun gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die Parameter $n_{0,fin}^*$, $n_{1,fin}^*$ und $n_{2,fin}^*$ in Tabelle 5.30 werden gewählt und mittels Gleichung 5.32 ergibt sich die Spalte $N_{m,fin}^*(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tabelle 5.27 - 5.29 eingesetzt.
- Die Parameter $k_{0,fin}$ und $k_{1,fin}$ in Tabelle 5.31 werden gewählt und mittels Gleichung 5.33 ergibt sich die Spalte $K_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tabelle 5.27 - 5.29 eingesetzt.
- Die Parameter a_{fin} und b_{fin} in Tabelle 5.27 - 5.29 werden gewählt und mittels Gleichung 5.28 ergibt sich Spalte $K_{t,mn,fin}$.

Die Endwerte (Werte mit dem Index *fin*) wurden nun ermittelt, rückgerechnet bzw. gewählt. Die Funktion $K_{t,mn}$ ist somit vollständig definiert und kann nun mit den Kerbfaktoren $K_{t,mn,2,FE}$ aus Tabelle 5.20 verglichen werden. Der Vergleich von $K_{t,mn,2,FE}$ mit $K_{t,mn}$ wird in Abbildung 5.28 dargestellt.

Ausgangswerte für $K_{t,mn,Modell}$			Endwerte für $K_{t,mn}$		
$N_{m,ber}^*$	-23,0139	berechnet	$N_{m,fin}^*(t_{Steg})$	-23,0147	gem. Tab. 5.30
K_{ber}	0,0332	berechnet	$K_{fin}(t_{Steg})$	0,0337	gem. Tab. 5.31
$a_{0,ber}$	-0,8040	berechnet	$a_{0,fin}$	-0,8040	gewählt
$b_{0,ber}$	-0,3635	berechnet	$b_{0,fin}$	-0,3635	gewählt

N_m	$K_{t,mn,2,FE}$	$K_{t,mn,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,mn}$	$[Abw.]^2$
200,00	0,999	1,000	4,10E-7	1,000	4,10E-7
80,00	0,999	1,000	1,00E-6	1,000	1,00E-6
66,67	0,999	1,000	3,57E-7	1,000	3,57E-7
26,67	0,999	1,000	3,08E-7	1,000	3,08E-7
20,00	1,000	1,000	2,44E-7	1,000	2,44E-7
10,00	1,000	1,000	6,09E-8	1,000	6,09E-8
8,00	1,000	1,000	4,06E-8	1,000	4,06E-8
6,67	1,000	1,000	1,78E-7	1,000	1,78E-7
4,00	1,001	1,000	1,99E-6	1,000	1,99E-6
2,00	1,000	1,000	7,52E-9	1,000	7,52E-9
1,00	1,000	1,000	3,60E-9	1,000	3,60E-9
0,00	1,000	1,000	0,00E+0	1,000	0,00E+0
-2,00	0,934	0,934	3,54E-9	0,933	7,63E-7
-4,00	0,867	0,867	1,46E-8	0,865	3,04E-6
-6,67	0,778	0,779	4,05E-8	0,776	8,46E-6
-8,00	0,734	0,734	6,04E-8	0,731	1,21E-5
-10,00	0,668	0,668	9,27E-8	0,663	1,90E-5
-12,00	0,601	0,602	1,37E-7	0,596	2,73E-5
-13,33	0,557	0,557	6,58E-8	0,551	3,55E-5
-16,00	0,469	0,469	1,70E-8	0,461	5,77E-5
-20,00	0,337	0,336	5,04E-7	0,327	1,01E-4
-23,01	-	0,225	-	0,225	-
-23,01	-	0,225	-	0,225	-
-24,00	-	-	-	0,301	-
-25,00	-	-	-	0,376	-
-26,67	0,486	0,488	4,07E-6	0,488	4,01E-6
-30,00	-	-	-	0,654	-
-32,50	-	-	-	0,737	-
-35,00	-	-	-	0,795	-
-37,50	-	-	-	0,838	-
-40,00	0,952	0,868	7,02E-3	0,868	7,02E-3
-50,00	-	-	-	0,934	-
-66,67	0,993	0,971	4,99E-4	0,971	4,99E-4
-85,00	-	-	-	0,984	-
-200,00	1,000	0,998	4,50E-6	0,998	4,49E-6
$\sum [Abweichung]^2 =$			7,54 E-3	7,80 E-3	

Tabelle 5.27: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,mn}$ für $t_{Steg} = 20$ mm

Ausgangswerte für $K_{t,mn,Modell}$			Endwerte für $K_{t,mn,fin}$		
$N_{m,ber}^*$	-16,8826	berechnet	$N_{m,fin}^*(t_{Steg})$	-168798	gem. Tab. 5.30
K_{ber}	0,0481	berechnet	$K_{fin}(t_{Steg})$	0,0459	gem. Tab. 5.31
$a_{0,ber}$	-0,8040	berechnet	$a_{0,fin}$	-0,8040	gewählt
$b_{0,ber}$	-0,3635	berechnet	$b_{0,fin}$	-0,3635	gewählt

N_m	$K_{t,mn,2,FE}$	$K_{t,mn,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,mn}$	$[Abw.]^2$
300,00	0,995	1,000	2,24E-5	1,000	2,24E-5
120,00	0,996	1,000	1,58E-5	1,000	1,58E-5
100,00	0,993	1,000	5,23E-5	1,000	5,23E-5
40,00	0,996	1,000	1,85E-5	1,000	1,85E-5
30,00	0,995	1,000	2,60E-5	1,000	2,60E-5
15,00	0,996	1,000	1,42E-5	1,000	1,42E-5
12,00	0,997	1,000	8,41E-6	1,000	8,41E-6
10,00	0,997	1,000	8,38E-6	1,000	8,38E-6
6,00	0,998	1,000	3,43E-6	1,000	3,43E-6
3,00	0,999	1,000	1,07E-6	1,000	1,07E-6
1,50	0,999	1,000	2,87E-7	1,000	2,87E-7
0,00	1,000	1,000	0,00E+0	1,000	0,00E+0
-3,00	0,853	0,856	5,16E-6	0,862	7,73E-5
-6,00	0,707	0,712	1,64E-5	0,725	2,92E-4
-8,00	-	-	-	0,633	-
-10,00	0,515	0,519	2,18E-5	0,541	6,97E-4
-12,00	0,419	0,423	1,72E-5	0,449	9,13E-4
-15,00	0,287	0,279	6,73E-5	0,311	5,95E-4
-16,88	-	0,188	-	0,225	-
-16,88	-	0,188	-	0,225	-
-18,00	0,352	0,342	9,18E-5	0,343	8,55E-5
-20,00	0,472	0,523	2,64E-3	0,523	2,67E-3
-22,00	-	-	-	0,654	-
-24,00	0,691	0,743	2,64E-3	0,743	2,66E-3
-26,00	-	-	-	0,804	-
-28,00	-	-	-	0,847	-
-30,00	0,912	0,877	1,20E-3	0,878	1,19E-3
-32,50	-	-	-	0,905	-
-35,00	-	-	-	0,924	-
-37,50	-	-	-	0,938	-
-40,00	0,965	0,949	2,77E-4	0,949	2,76E-4
-50,00	-	-	-	0,972	-
-100,00	0,984	0,995	1,11E-4	0,995	1,12E-4
-120,00	0,980	0,997	2,90E-4	0,997	2,90E-4
-300,00	0,989	1,000	1,13E-4	1,000	1,13E-4
$\sum [Abweichung]^2 =$			7,66 E-3	1,01 E-2	

Tabelle 5.28: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,mn}$ für $t_{Steg} = 30$ mm

Ausgangswerte für $K_{t,mn,Modell}$			Endwerte für $K_{t,mn,fin}$		
$N_{m,ber}^*$	-13,3338	berechnet	$N_{m,fin}^*(t_{Steg})$	-13,3273	gem. Tab. 5.30
K_{ber}	0,0527	berechnet	$K_{fin}(t_{Steg})$	0,0582	gem. Tab. 5.31
$a_{0,ber}$	-0,8040	berechnet	$a_{0,fin}$	-0,8040	gewählt
$b_{0,ber}$	-0,3635	berechnet	$b_{0,fin}$	-0,3635	gewählt

N_m	$K_{t,mn,2,FE}$	$K_{t,mn,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,mn}$	$[Abw.]^2$
400,00	0,987	1,000	1,71E-4	1,000	1,71E-4
160,00	0,992	1,000	7,08E-5	1,000	7,08E-5
133,33	0,988	1,000	1,56E-4	1,000	1,56E-4
53,33	0,991	1,000	8,27E-5	1,000	8,27E-5
40,00	0,990	1,000	9,21E-5	1,000	9,21E-5
20,00	0,993	1,000	5,10E-5	1,000	5,10E-5
16,00	0,994	1,000	3,44E-5	1,000	3,44E-5
13,33	0,994	1,000	3,11E-5	1,000	3,11E-5
8,00	0,996	1,000	1,41E-5	1,000	1,41E-5
4,00	0,998	1,000	4,80E-6	1,000	4,80E-6
2,00	0,999	1,000	1,23E-6	1,000	1,23E-6
0,00	1,000	1,000	0,00E+0	1,000	0,00E+0
-4,00	0,748	0,789	1,71E-3	0,767	3,87E-4
-6,00	-	-	-	0,651	-
-8,00	0,498	0,578	6,49E-3	0,535	1,38E-3
-13,33	-	0,297	-	0,225	-
-13,33	-	0,297	-	0,225	-
-13,33	0,359	0,297	3,80E-3	0,226	1,75E-2
-16,00	0,544	0,543	2,16E-6	0,543	4,80E-7
-18,00	-	-	-	0,693	-
-20,00	0,773	0,786	1,69E-4	0,786	1,80E-4
-22,00	-	-	-	0,844	-
-24,00	0,902	0,882	3,65E-4	0,883	3,58E-4
-26,67	0,931	0,915	2,51E-4	0,916	2,47E-4
-28,00	-	-	-	0,927	-
-30,00	-	-	-	0,941	-
-32,00	0,955	0,951	2,11E-5	0,951	2,04E-5
-35,00	-	-	-	0,962	-
-37,50	-	-	-	0,968	-
-40,00	0,968	0,973	3,32E-5	0,973	3,37E-5
-53,33	0,973	0,987	1,93E-4	0,987	1,93E-4
-80,00	0,979	0,995	2,53E-4	0,995	2,53E-4
-100,00	-	-	-	0,997	-
-133,33	0,982	0,998	2,77E-4	0,998	2,78E-4
-400,00	0,989	1,000	1,08E-4	1,000	1,08E-4
$\sum [Abweichung]^2 =$			1,44 E-2	2,17 E-2	

Tabelle 5.29: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,mn}$ für $t_{Steg} = 40$ mm

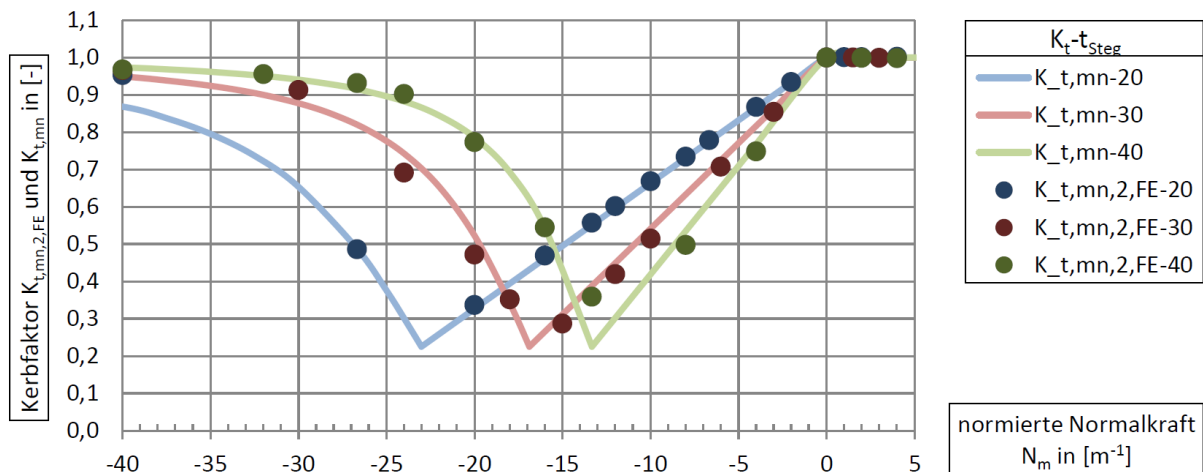


Abbildung 5.28: Kerbfaktoren $K_{t,mn,2,FE}$ infolge der FEM-Analyse und $K_{t,mn}$ gemäß Kerbfunktion in Abhängigkeit von der normierten Normalkraft N_m

Ausgangswerte für $N_{m,Modell}^*$			Endwerte für $N_{m,fin}^*(t_{Steg})$		
$n_{0,ber}^*$	-12,3371	berechnet	$n_{0,fin}^*$	-12,3371	gewählt
$n_{1,ber}^*$	-48,7573	berechnet	$n_{1,fin}^*$	-48,7573	gewählt
$n_{2,ber}^*$	8,8006	berechnet	$n_{2,fin}^*$	8,8006	gewählt
t_{Steg} [mm]	$N_{m,ber}^*$ gem. Tab. 5.27 - 5.29	$N_{m,Modell}^*$	$[Abw.]^2$	$N_{m,fin}^*(t_{Steg})$ für Tab. 5.27 - 5.29	
20	-23,0139	-23,0147	5,89 E-7	-23,0147	
30	-16,8826	-16,8798	7,92 E-6	-16,8798	
40	-13,3338	-13,3272	4,33 E-5	-13,3273	
$\sum [Abweichung]^2 =$			5,18 E-5		

Tabelle 5.30: Ermittlung der Funktionswerte für $N_{m,fin}^*$

Ausgangswerte für K_{Modell}			Endwerte für $K_{fin}(t_{Steg})$		
$k_{0,ber}$	9,19 E-3	berechnet	$k_{0,fin}$	9,19 E-3	gewählt
$k_{1,ber}$	1,22 E-3	berechnet	$k_{1,fin}$	1,224 E-3	gewählt
t_{Steg} [mm]	K_{ber} gem. Tab. 5.27 - 5.29	K_{Modell}	$[Abw.]^2$	$K_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.27 - 5.29	
20	0,0332	0,0337	2,12 E-7	0,0337	
30	0,0481	0,0459	4,77 E-6	0,0459	
40	0,0527	0,0581	2,92 E-5	0,0582	
$\sum [Abweichung]^2 =$			3,41 E-5		

Tabelle 5.31: Ermittlung der Funktionswerte für K_{fin}

5.3.4 Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m}$

Einsetzen der finalen Parameter, welche in Kapitel 5.3.3.1 berechnet wurden ergibt Gleichung 5.35 zur Ermittlung des Kerbfaktors $K_{t,m}$. Es werden dabei folgende Einheiten verwendet: a_{unten} , a_{oben} und t_{Steg} in [mm].

$$K_{t,m} = A + \left(\frac{a_{unten} - 15,6122}{B} \right)^2 + a_{oben} \cdot C$$

(5.35)

mit : $A = 0,9382 + t_{Steg} \cdot 0,0460$
 $B = 22,0854 - t_{Steg} \cdot 0,3405$
 $C = -0,0856 + t_{Steg} \cdot 0,00161$

Einsetzen der finalen Parameter, welche in Kapitel 5.3.3.2 berechnet wurden ergibt Gleichung 5.36 zur Ermittlung des Kerbfaktors $K_{t,mn}$. Es werden dabei folgende Einheiten verwendet: t_{Steg} in [mm], N in [kN] und M in [kNm].

$$K_{t,mn} = \begin{cases} 1 & \dots N_m \geq 0 \\ 1 + K \cdot N_m & \dots 0 > N_m \geq N_m^* \\ \frac{(N_m - 0,8040 \cdot N_m^*)^2}{(N_m)^2 - 1,608 \cdot N_m \cdot N_m^* + 0,7785 \cdot (N_m^*)^2} & \dots N_m^* > N_m \end{cases} \quad (5.36)$$

mit : $N_m^* = -12,3371 - [(t_{Steg} - 48,7573)/8,8006]^2$
 $K = 0,00919 + t_{Steg} \cdot 0,001224$
 $N_m = N/M$

Unter der Voraussetzung, dass die Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ durch die Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,m}$ beschrieben werden, kann mit Hilfe von Gleichung 5.19 und 5.23 die nachfolgende Beziehung aufgestellt werden.

$$\frac{\max. |\sigma_{k,K21,m,FE}(N)|}{\sigma_{0,m}} = K_{t,m,FE} \in \mathcal{A}_{k,K21,m} = K_{t,m} \cdot K_{t,mn} \quad (5.37)$$

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m}$ kann auf der Grundlage von Gleichung 5.37 wie folgt ausgedrückt werden:

$$\sigma_{k,K21,m} = \sigma_{0,m} \cdot K_{t,m} \cdot K_{t,mn} \quad (5.38)$$

5.4 Kerbfunktion bei Querkraftbeanspruchung, V - N und V - M -Interaktion

Für die Ermittlung der Kerbfunktion wird eine Querkraft V und für die Schnittgrößeninteraktion eine Normalkraft N und ein Biegemoment M definiert. Die einwirkende Querkraft wurde dabei so gewählt, dass einerseits positive und negative Querkraften betrachtet werden können und dass andererseits eine gewisse Bandbreite abgedeckt wird. Die einwirkende Normalkraft wird wie im Kapitel 5.2 gewählt und das Biegemoment wie im Kapitel 5.3. Der Lastansatz erfolgt gemäß dem Kapitel 3.6. Die Schnittgrößeninteraktion ergibt sich infolge der Tatsache, dass die Spannungsextrempunkte je Schnittgröße nicht immer an der selben Stelle auftreten, wodurch eine direkte additive Überlagerung der effektiven Kerbspannungen zu größeren Kerbfaktoren führen würde. Durch die V - N und V - M Interaktion wird eine effektive Kerbspannung infolge Querkraftbeanspruchung ermittelt, welche als Funktion von der Normalkraft und dem Biegemoment dargestellt werden kann. Dadurch wird die Änderung der Extremstellenposition berücksichtigt und eine exakte additive Überlagerung ist möglich.

- $t_{Steg} = 20 \text{ mm} \dots V = \{+1, -2, +5, -25\} \text{ [kN/m]}, +200 \geq N \geq -200 \text{ [kN]}$
- $t_{Steg} = 30 \text{ mm} \dots V = \{+1, -2, +5, -25\} \text{ [kN/m]}, +300 \geq N \geq -300 \text{ [kN]}$
- $t_{Steg} = 40 \text{ mm} \dots V = \{+1, -2, +5, -25\} \text{ [kN/m]}, +400 \geq N \geq -400 \text{ [kN]}$

- $t_{Steg} = 20 \text{ mm} \dots V = \{+1, -2, +5, -25\} \text{ [kN/m]}, M = \{+1, -3, +10, -20\} \text{ [kNm/m]}$
- $t_{Steg} = 30 \text{ mm} \dots V = \{+1, -2, +5, -25\} \text{ [kN/m]}, M = \{+1, -3, +10, -20\} \text{ [kNm/m]}$
- $t_{Steg} = 40 \text{ mm} \dots V = \{+1, -2, +5, -25\} \text{ [kN/m]}, M = \{+1, -3, +10, -20\} \text{ [kNm/m]}$

Die Verläufe mit $V = 0 \text{ kNm/m}$ in Abbildung 5.33 (bzw. Abbildung 5.35) stellen effektive Kerbspannungen infolge reiner Normalkraftbeanspruchung (bzw. Momentenbeanspruchung) dar und dienen nur für etwaige Vergleiche und Interpretationen.

Für eine entsprechende Übersichtlichkeit sind die Ergebniswerte der effektiven Kerbspannungen und die Kerbfaktoren dem Anhang D zu entnehmen. Im vorliegenden Kapitel werden nur die notwendigen Kerbfaktoren zur Ermittlung der Kerbfunktion sowie Werte zur genaueren Interpretation gewisser Sachverhalte tabellarisch erfasst.

5.4.1 Anmerkung zur Schnittgrößen-Interaktion

Bei der Ermittlung von den Kerbfunktionen wurde grundsätzlich so vorgegangen, dass bei der Betrachtung einer weiteren Schnittgröße der Einfluss der bereits betrachteten Schnittgrößen berücksichtigt wurde.

So wurden zunächst ausschließlich die effektiven Kerbspannungen infolge reiner Normalkraftbeanspruchung ermittelt und betrachtet (siehe Kapitel 5.2). In weiterer Folge wurden die effektiven Kerbspannungen infolge Momenten- und Normalkraftbeanspruchung ermittelt und betrachtet. So konnten Kerbfaktoren infolge reiner Momentenbeanspruchung und Anpassungsfaktoren zur Berücksichtigung der N-M-Interaktion durch Kerbfunktionen beschrieben werden (siehe Kapitel 5.3).

Schließlich verbleiben die effektiven Kerbspannungen infolge Querkraft-, Momenten- und Normalkraftbeanspruchung. Da durch die Kombination der zahlreichen Schnittgrößen ein sehr großer Rechenaufwand entsteht wird dies zuerst für eine ausgewählte Querschnittsgeometrie durchgeführt, um zu zeigen, dass die Betrachtung einer N-V und M-V Interaktion zur Ableitung der Kerbfunktionen ausreichend ist. Für die N-M-V Kombination werden die nachfolgend definierten Schnittgrößen verwendet.

- $V = \{+1, -2\}$ [kN/m], $M = \{-3\}$ [kNm/m], $+300 \geq N \geq -300$ [kN/m]
- $V = \{+1, -2\}$ [kN/m], $N = \{+100\}$ [kN/m], $+10 \geq M \geq -20$ [kNm/m]

Es wird somit ein konstantes Biegemoment M mit einer veränderlichen Normalkraft N und umgekehrt mit je zwei verschiedenen Querkraftbeanspruchungen überlagert. So können die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,vnm,FE}$ auf die Normalkraft N und auf das Biegemoment M bezogen werden. Durch die Vorzeichen- und Schnittgrößenwahl konnte außerdem jegliche Schnittgrößen-Vorzeichen-Kombination erzielt werden.

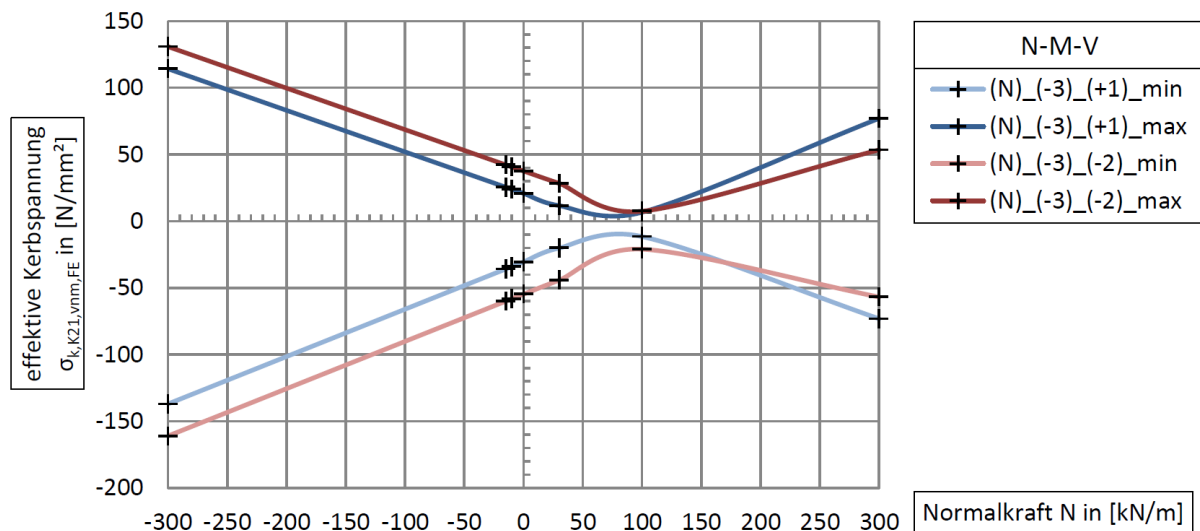


Abbildung 5.29: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,vnm,FE}$ infolge N-M-V Interaktion in Abhängigkeit von der Normalkraft N für den Trogrückenquerschnitt 30-90-16-10 ($t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}$, gemäß Tabelle 5.32).

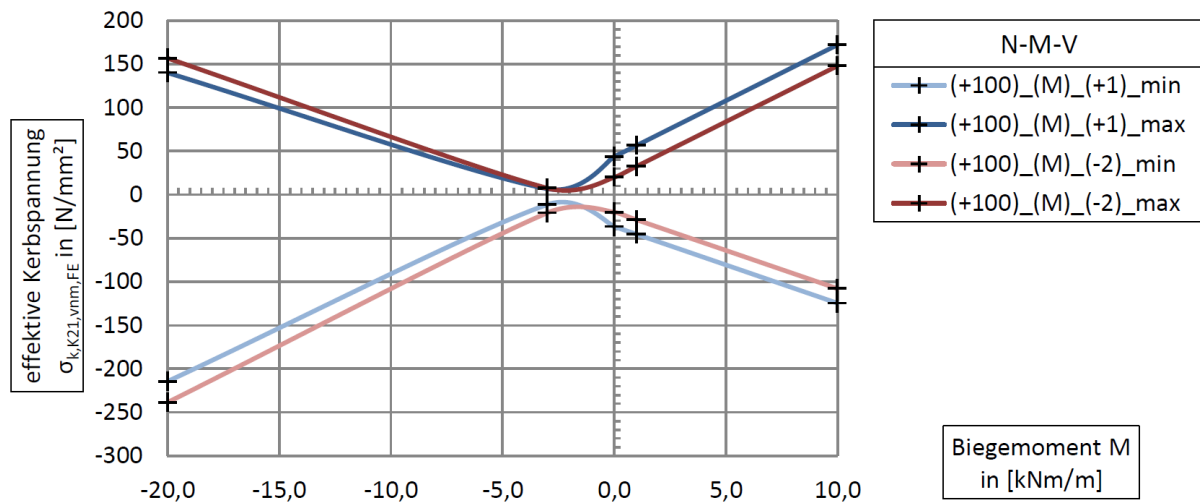


Abbildung 5.30: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,vnm,FE}$ infolge N-M-V Interaktion in Abhängigkeit vom Biegemoment M für den Trogbriickenquerschnitt 30-90-16-10 ($t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}$, gemäß Tabelle 5.33).

Um nun aus den effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,vnm,FE}$ infolge N-M-V Interaktion eine effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v,FE}(NM)$ zu erhalten muss eine entsprechende Subtraktion erfolgen (siehe Gleichung 5.39). Dabei ist $\sigma_{k,K21,v,FE}(NM)$ eine effektive Kerbspannung infolge Querkraftbeanspruchung, welche die Lokalisationsänderung der Spannungsextremstellen infolge N-M Beanspruchung berücksichtigt. Eine Darstellung der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,v,FE}(NM)$ erfolgt in den Abbildungen 5.31 und 5.32.

$$\sigma_{k,K21,v,FE}(NM) = \sigma_{k,K21,vnm,FE} - \sigma_{k,K21,nm,FE} \quad (5.39)$$

Bei der Betrachtung von Abbildung 5.31 kann festgestellt werden, dass die Umhüllende der effektiven Kerbspannungen qualitativ den gleichen Verlauf wie bei der ausschließlichen Betrachtung einer N-V Interaktion aufweist (vergleiche Abbildung 5.31 (N-M-V) mit der finalen Kerbfunktion nach Abbildung 5.44 (N-V)). Es liegt lediglich ein horizontaler Versatz der Funktion vor, sprich der Übergang vom konstanten zum linearen Funktionsbereich findet nicht genau an der Stelle $N = 0$ statt. Dieser horizontale Versatz lässt sich durch das zusätzliche Biegemoment M erklären, da sich in Kombination mit der Normalkraft N ein anderer Normalspannungsverlauf im Stegblech einstellt.

Bei der Betrachtung von Abbildung 5.32 kann ebenfalls festgestellt werden, dass die Umhüllende der effektiven Kerbspannungen qualitativ den gleichen Verlauf wie bei der ausschließlichen Betrachtung einer M-V Interaktion aufweist (vergleiche Abbildung 5.31 (N-M-V) mit der finalen Kerbfunktion nach Abbildung 5.46(M-V)).

Aus diesem Grund wird in weiterer Folge keine N-M-V Schnittgrößenkombination zugrunde gelegt. Es erfolgt die ausschließliche Betrachtung von einer N-V und M-V Interaktion. Außerdem wird an dieser Stelle davon ausgegangen, dass der horizontale Versatz infolge Biegemoment M bei variierender Normalkraft N durch die Überlagerung der Anpassungsfaktoren infolge der N-V und N-M Interaktion berücksichtigt wird.

Es sei noch zu erwähnen, dass die effektive Kerbspannung wiederum nur dann infolge der Schnittgrößeninteraktion beeinflusst werden kann, wenn ein gewisses Verhältnis der Schnittgrößen vorliegt. In weiterer Folge ist somit zu prüfen, ob es theoretisch überhaupt möglich ist, dass die vorliegenden Schnittgrößen einen Einfluss infolge Schnittgrößeninteraktion verursachen.

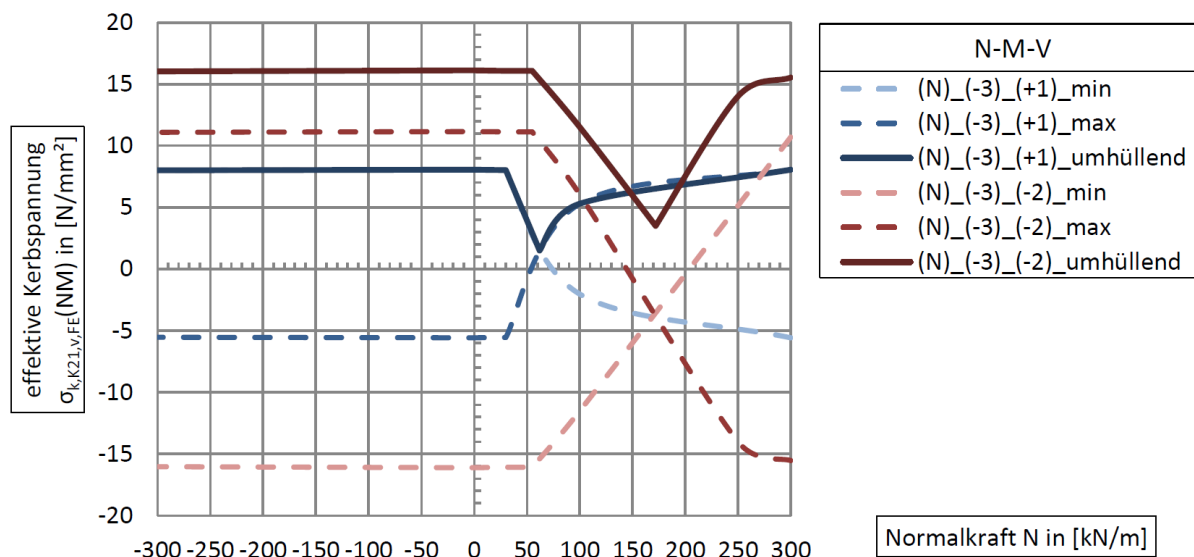


Abbildung 5.31: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v,FE}(NM)$ nach Gleichung 5.39 in Abhängigkeit von der Normalkraft N für den Trogbriickenquerschnitt 30-90-16-10 ($t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}$, gemäß Tabelle 5.32).

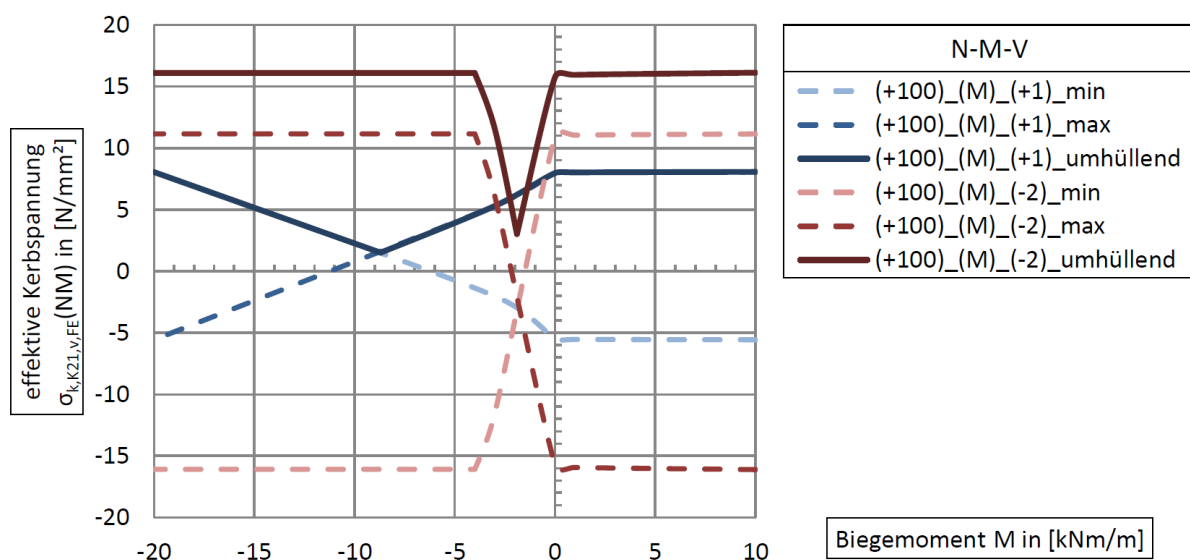


Abbildung 5.32: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v,FE}(NM)$ nach Gleichung 5.39 in Abhängigkeit vom Biegemoment M für den Trogbriickenquerschnitt 30-90-16-10 ($t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}$, gemäß Tabelle 5.33).

V = +1 kN/m, M = -3 kNm/m						
N in [kN/m]	$\sigma_{k,K21,vnm,FE}$		$\sigma_{k,K21,nm,FE}$		$\sigma_{k,K21,v,FE}(N, M)$	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-73,135	77,075	-67,561	69,020	-5,574	8,055
100	-11,536	6,707	-9,507	1,412	-2,029	5,295
30	-20,175	11,686	-28,196	17,235	8,021	-5,549
0	-30,565	20,877	-38,621	26,450	8,056	-5,573
-10	-34,080	23,965	-42,135	29,539	8,055	-5,574
-15	-35,838	25,512	-43,894	31,084	8,056	-5,572
-300	-136,996	114,241	-145,001	119,776	8,005	-5,535

V = -2 kN/m, M = -3 kNm/m						
N in [kN/m]	$\sigma_{k,K21,vnm,FE}$		$\sigma_{k,K21,nm,FE}$		$\sigma_{k,K21,v,FE}(N, M)$	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-56,869	53,489	-67,561	69,020	10,692	-15,531
100	-21,024	7,475	-9,507	1,412	-11,517	6,063
30	-44,271	28,362	-28,196	17,235	-16,075	11,127
0	-54,731	37,597	-38,621	26,450	-16,110	11,147
-10	-58,246	40,686	-42,135	29,539	-16,111	11,147
-15	-60,003	42,231	-43,894	31,084	-16,109	11,147
-300	-161,032	130,862	-145,001	119,776	-16,031	11,086

Tabelle 5.32: $\sigma_{k,K21,vnm,FE}$, $\sigma_{k,K21,nm,FE}$ und $\sigma_{k,K21,v,FE}(NM)$ bei variabler Normalkraftbeanspruchung für den Trogbübrückenquerschnitt 30-90-16-10 ($t_{Steg-\alpha-a_{oben}-a_{unten}}$)

V = +1 kN/m, N = 100 kN/m						
M in [kN/m]	$\sigma_{k,K21,vnm,FE}$		$\sigma_{k,K21,nm,FE}$		$\sigma_{k,K21,v,FE}(N, M)$	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
10	-124,683	171,955	-119,112	163,900	-5,571	8,055
1	-45,471	56,350	-39,926	48,334	-5,545	8,016
0	-36,712	43,567	-31,197	35,605	-5,515	7,962
-3	-11,536	6,707	-9,507	1,412	-2,029	5,295
-20	-214,493	139,979	-222,536	145,551	8,043	-5,572

V = -2 kN/m, N = 100 kN/m						
M in [kN/m]	$\sigma_{k,K21,vnm,FE}$		$\sigma_{k,K21,nm,FE}$		$\sigma_{k,K21,v,FE}(N, M)$	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
10	-107,972	147,790	-119,112	163,900	11,140	-16,110
1	-28,885	32,400	-39,926	48,334	11,041	-15,934
0	-20,276	19,858	-31,197	35,605	10,921	-15,747
-3	-21,024	7,475	-9,507	1,412	-11,517	6,063
-20	-238,622	156,697	-222,536	145,551	-16,086	11,146

Tabelle 5.33: $\sigma_{k,K21,vnm,FE}$, $\sigma_{k,K21,nm,FE}$ und $\sigma_{k,K21,v,FE}(NM)$ bei variabler Momentenbeanspruchung für den Trogbübrückenquerschnitt 30-90-16-10 ($t_{Steg-\alpha-a_{oben}-a_{unten}}$)

5.4.2 Diskussion der FEM-Ergebnisse

Die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,vn,FE}$ infolge V-N-Interaktion werden für eine ausgewählte Querschnittsgeometrie in Abbildung 5.33 dargestellt. Ein Vergleich mit den effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,n,FE}$ infolge reiner Normalkraftbeanspruchung gemäß Abbildung 5.6 zeigt, dass wie bereits bei der M-N-Interaktion gemäß Kapitel 5.3.1 ein ähnliches Verhalten vorliegt. Es liegt lediglich ein Versatz entlang der horizontalen Achse vor, welcher von der Größe des Biegemoments abhängig ist und im Scheitelpunkt gibt es eine Abrundung anstelle einer Nullstelle.

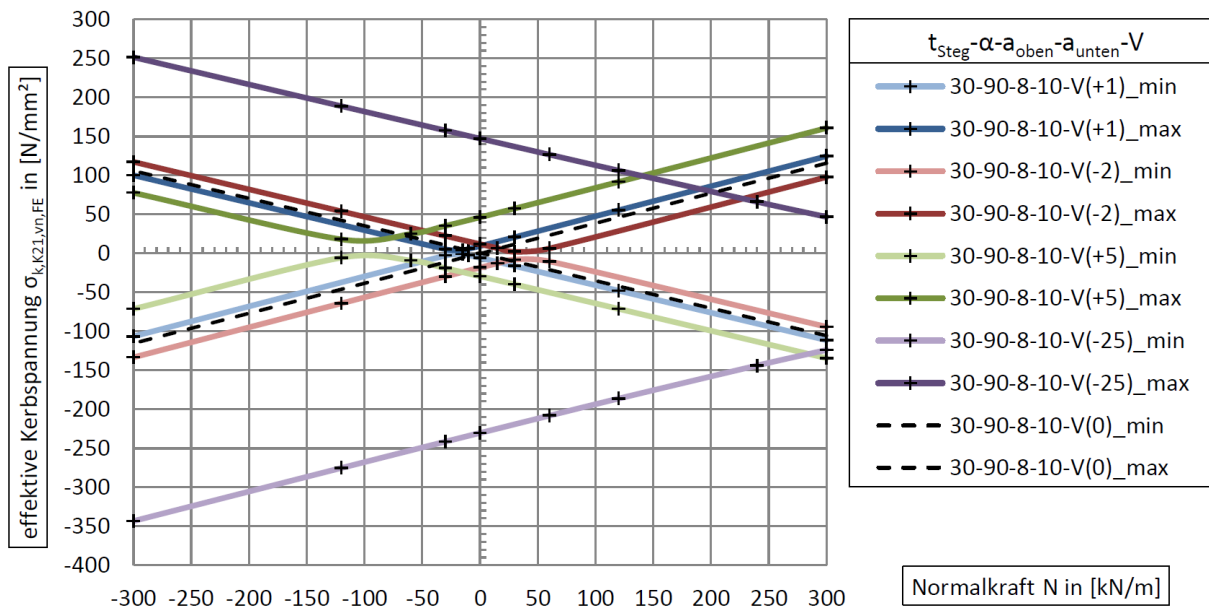


Abbildung 5.33: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,vn,FE}$ infolge V-N-Interaktion ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-V$, Min. oder Max.-Werte, V in [kN/m]).

Wie zu Beginn von Kapitel 5.4 angesprochen wurde, muss für die Kerbfunktion bei Querkraftbeanspruchung eine Interaktion mit Normalkräften, sowie mit einer Momentenbeanspruchung, berücksichtigt werden, um von den effektiven Kerbspannungen die Änderung der Extremstellenposition berücksichtigen zu können. Um nun aus den effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,vn,FE}$ infolge V-N-Interaktion eine effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v,FE}(N)$ zu erhalten muss eine entsprechende Subtraktion erfolgen (siehe Gleichung 5.40 und 5.41). Dabei ist $\sigma_{k,K21,v,FE}(N)$ eine effektive Kerbspannung infolge Querkraftbeanspruchung, welche die Lokalisationsänderung der Spannungsextremstellen infolge Normalkraftbeanspruchung berücksichtigt.

$$(\text{Max. Wert}) \sigma_{k,K21,v,FE,max}(N) = \sigma_{k,K21,vn,FE} - \sigma_{k,K21,n,FE} \quad (5.40)$$

$$(\text{Min. Wert}) \sigma_{k,K21,v,FE,min}(N) = \sigma_{k,K21,n,FE} - \sigma_{k,K21,vn,FE} \quad (5.41)$$

Die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,v,FE}(N)$ werden für eine ausgewählte Querschnittsgeometrie in Abbildung 5.34 dargestellt, wobei deutlich wird, dass diese in Hinblick auf

die Normalkraft-Abhängigkeit verschiedene Phasen durchlaufen. Die Bezeichnung und Beschreibung der jeweiligen Phasen ist analog zu jener nach Abbildung 5.13 aus Kapitel 5.3.1, weshalb auf das besagte Kapitel verwiesen wird.

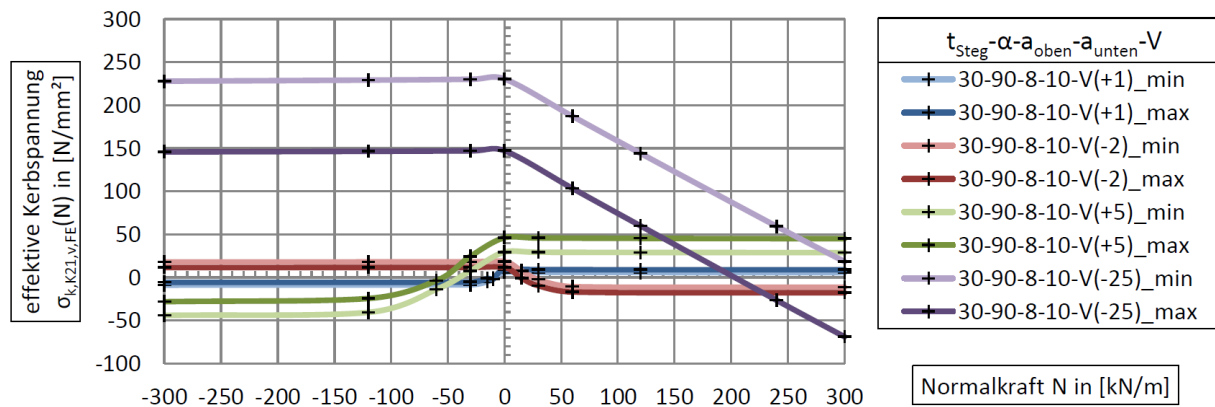


Abbildung 5.34: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v,FE}(N)$ nach den Gleichungen 5.40 und 5.41 für mehrere Querkräfte V ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-V$ in $[\text{kN/m}]$).

Die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,vm,FE}$ infolge V-M-Interaktion werden für eine ausgewählte Querschnittsgeometrie in Abbildung 5.35 dargestellt.

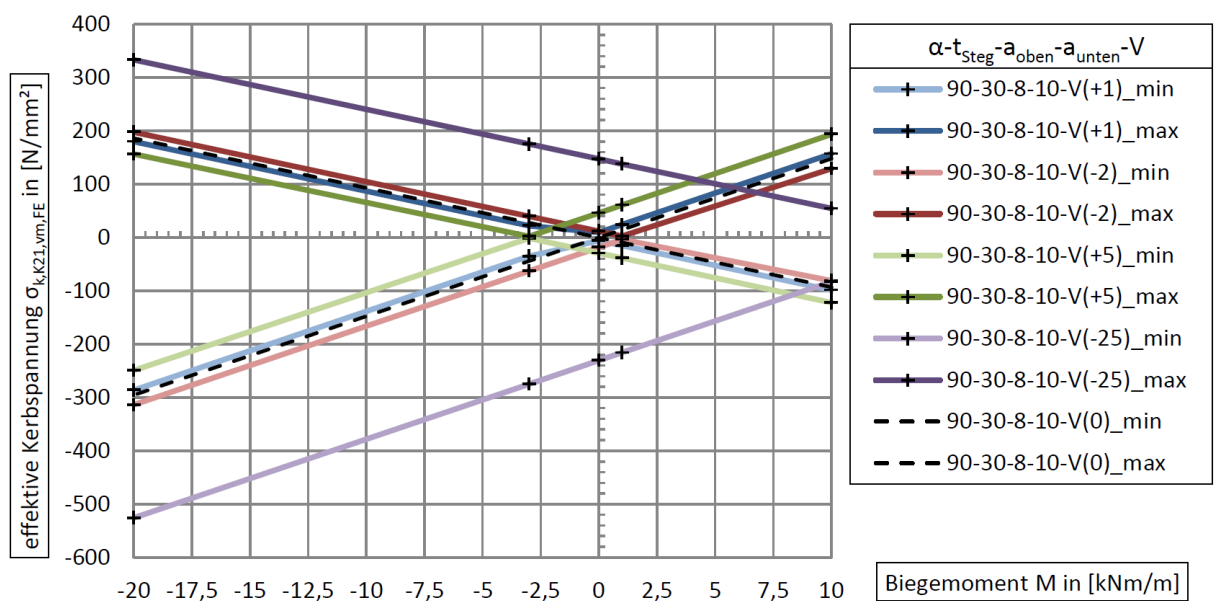


Abbildung 5.35: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,vm,FE}$ infolge V-M-Interaktion ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-V$, Min. oder Max.-Werte, V in $[\text{kN/m}]$).

Wie zu Beginn von Kapitel 5.4 angesprochen wurde, muss für die Kerbfunktion bei Querkraftbeanspruchung eine Interaktion mit einer Momentenbeanspruchung berücksichtigt werden, um von den effektiven Kerbspannungen die Änderung der Extremstellenposition berücksichtigen zu können. Um nun aus den effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,vm,FE}$ infolge

V-M-Interaktion eine effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v,FE}(M)$ zu erhalten muss eine entsprechende Subtraktion erfolgen (siehe Gleichung 5.42 und 5.43). Dabei ist $\sigma_{k,K21,v,FE}(M)$ eine effektive Kerbspannung infolge Querkraftbeanspruchung, welche die Lokalisationsänderung der Spannungsextremstellen infolge Momentenbeanspruchung berücksichtigt.

$$(\text{Max. Wert}) \sigma_{k,K21,v,FE,max}(M) = \sigma_{k,K21,vm,FE} - \sigma_{k,K21,m,FE} \quad (5.42)$$

$$(\text{Min. Wert}) \sigma_{k,K21,v,FE,min}(M) = \sigma_{k,K21,m,FE} - \sigma_{k,K21,vm,FE} \quad (5.43)$$

Die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,v,FE}(M)$ werden für eine ausgewählte Querschnittsgeometrie in Abbildung 5.36 dargestellt, wobei deutlich wird, dass nur dann eine Abhängigkeit vom Biegemoment vorliegt, wenn die Querkraft und das Biegemoment verschiedene Vorzeichen aufweisen und ein gewisses Verhältnis vorliegt.

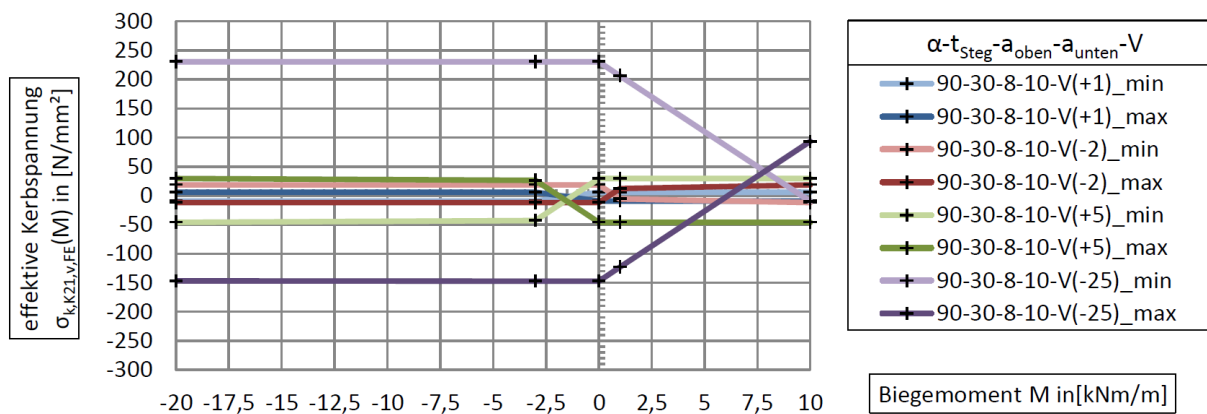


Abbildung 5.36: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v,FE}(M)$ nach den Gleichungen 5.42 und 5.43 für mehrere Querkräfte V ($\alpha \cdot t_{\text{Steg}} - a_{\text{oben}} - a_{\text{unten}} - V$ in $[\text{kN/m}]$).

5.4.3 Ermittlung der Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$

Mit Hilfe der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21,v,FE}$ gemäß Tabelle D.3-D.38 und D.48-D.55, sowie mit der nach Gleichung 5.6 definierten Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ können die zugehörigen dimensionslosen Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$ nach Gleichung 5.44 ermittelt werden.

$$K_{t,v,FE} = \frac{\max. |\sigma_{k,K21,v,FE}|}{\sigma_{0,v}} \quad (5.44)$$

Eine Auflistung der ermittelten Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$ erfolgt in den Tabellen D.39-D.47 und D.48-D.55. Im Zuge der Kerbfunktionsbeschreibung stellte sich eine dreiteilige Ansatzfunktion nach Gleichung 5.47 als sehr günstig heraus.

Der erste Term beschreibt einen Kerbfaktor infolge reiner Querkraftbeanspruchung, sprich bei $N = 0 \text{ kN/m}$ und $M = 0 \text{ kNm/m}$ und wird als Grund- oder Startwert bezeichnet. Wie zu Beginn von Kapitel 5.4 erwähnt wurde befinden sich die Spannungsextrempunkte infolge Querkraft, Normalkraft und Biegemoment nicht an der gleichen Stelle, wodurch

eine direkte additive Überlagerung der effektiven Kerbspannungen zu einer Überschätzung führen würde. Der zweite Term berücksichtigt somit die V-N-Interaktion und der dritte Term die V-M-Interaktion durch eine entsprechende Skalierung des Grundwertes. Ob gewisse Vereinfachung zur Beschreibung der jeweiligen Terme möglich sind, wird in den nachfolgenden Kapiteln untersucht.

5.4.3.1 Kerbfaktoren bei reiner Querkraft

Für die Betrachtung der Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$ werden in Abbildung 5.37 typische Verläufe der besagten Kerbfaktoren dargestellt.

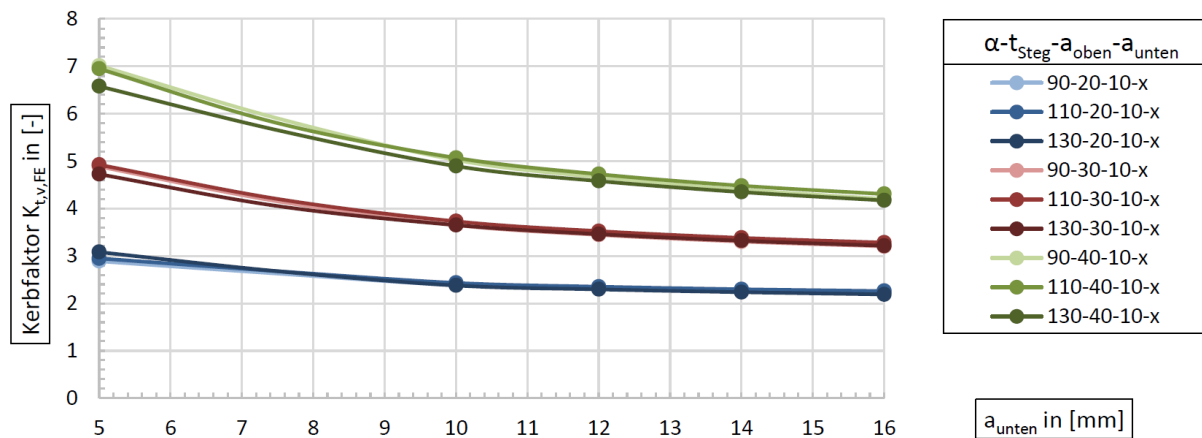


Abbildung 5.37: Darstellung ausgewählter Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$ (t_{Steg} - α - a_{oben} - a_{unten})

Aus Abbildung 5.37 geht hervor, dass der Einfluss des Stegblech-Neigungswinkels α auf den Kerbfaktor $K_{t,v,FE}$ gering bis vernachlässigbar ist. Aus diesem Grund wird der Parameter α durch die Definition einer Umhüllenden ausgeschlossen. Eine Auflistung für die Beschreibung durch den ersten Term der Ansatzfunktion erfolgt in Tabelle 5.34.

t_{Steg}	a_{oben}	a_{unten}				
		5	10	12	14	16
20	8	3,307	2,605	2,522	2,465	2,425
	10	3,080	2,430	2,351	2,297	2,258
	16	2,434	1,896	1,833	1,789	1,755
30	8	5,030	3,808	3,597	3,451	3,351
	10	4,924	3,730	3,523	3,381	3,282
	16	4,426	3,363	3,178	3,053	2,964
40	8	7,083	5,088	4,742	4,495	4,319
	10	7,015	5,069	4,725	4,482	4,306
	16	6,637	4,860	4,532	4,304	4,136

Tabelle 5.34: Umhüllende Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$

5.4.3.2 Kerbfaktoren bei V-N-Interaktion

Im Ansatz der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,v}$ nach Gleichung 5.47 beschreibt der Kerbfaktor $K_{t,vn}$ einen Anpassungsfaktor, welcher die V-N-Interaktion berücksichtigt. Die bereits erlangten Erkenntnisse aus Kapitel 5.3.2.2, wie die doppelte Normierung, können auch für die vorliegende Situation herangezogen werden, wodurch die vertikale Achse durch den Bezug auf den Kerbfaktor $K_{t,v,FE}(N=0)$ und die horizontale Achse durch den Bezug auf die Querkraft V skaliert bzw. normiert wird (siehe Gleichung 5.45).

$$K_{t,vn,2,FE}(N_v) = \frac{K_{t,vn,FE}(N)}{K_{t,v,FE}} \quad , \quad \text{mit : } N_v = \frac{N}{V} \quad (5.45)$$

Die doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}(N_v)$ werden in weiterer Folge durch die Variation festgelegter Parameter verglichen, um etwaige weitere Vereinfachungen vornehmen zu können. Die entsprechenden Kerbfaktoren wurden dabei dem Anhang D entnommen.

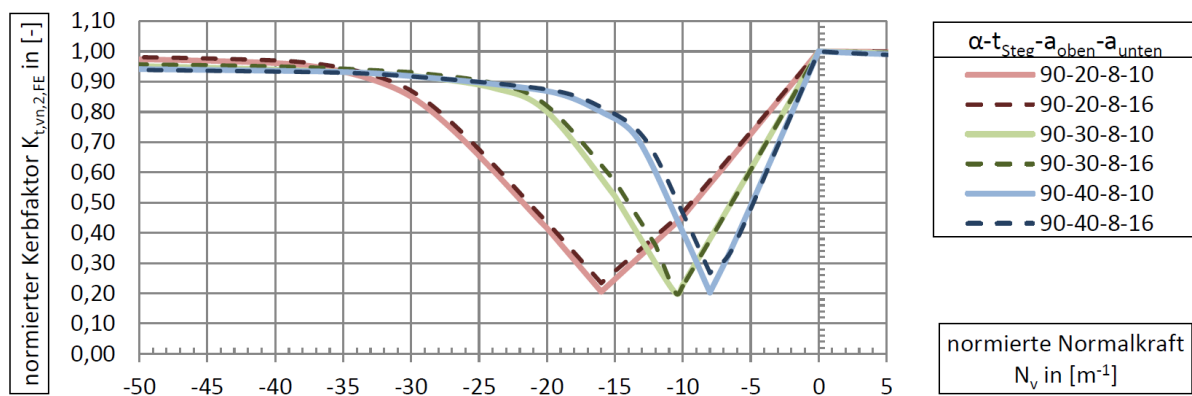


Abbildung 5.38: Darstellung ausgewählter Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}(N_v)$ bei variierender unterer Schweißnahtdicke a_{unten} ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}$).

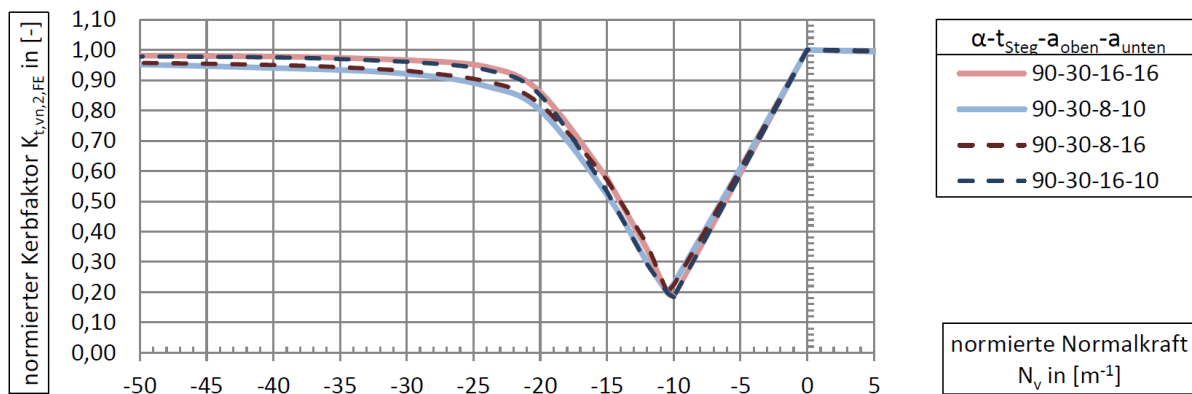


Abbildung 5.39: Darstellung ausgewählter Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}(N_v)$ bei variierenden Kombination von oberer und unterer Schweißnahtdicke ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}$).

In Abbildung 5.38 wird bei der Variation von der Stegblechdicke t_{Steg} und der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} ersichtlich, dass einerseits eine eindeutige Abhängigkeit von der Stegblechdicke t_{Steg} vorliegt und dass andererseits die untere Schweißnahtdicke a_{unten} nur geringen bis gar keinen Einfluss auf die Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}(N_v)$ aufweist.

Durch die Variation der Schweißnahtdicken der SWo und SWu in Abbildung 5.39 wird ersichtlich, dass beim abfallenden, linearen Funktionsbereich die Querschnittsgeometrien 90-30-8-10 und 90-30-8-16 maßgebend sind, während im quadratischen Funktionsbereich die Modellvarianten 90-30-16-16 und 90-30-16-10 maßgebend sind. Bei der Variation vom Stegblech-Neigungswinkel α in Abbildung 5.40 ist ersichtlich, dass der Parameter α keinen wesentlichen Einfluss auf die Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}(N_v)$ aufweist.

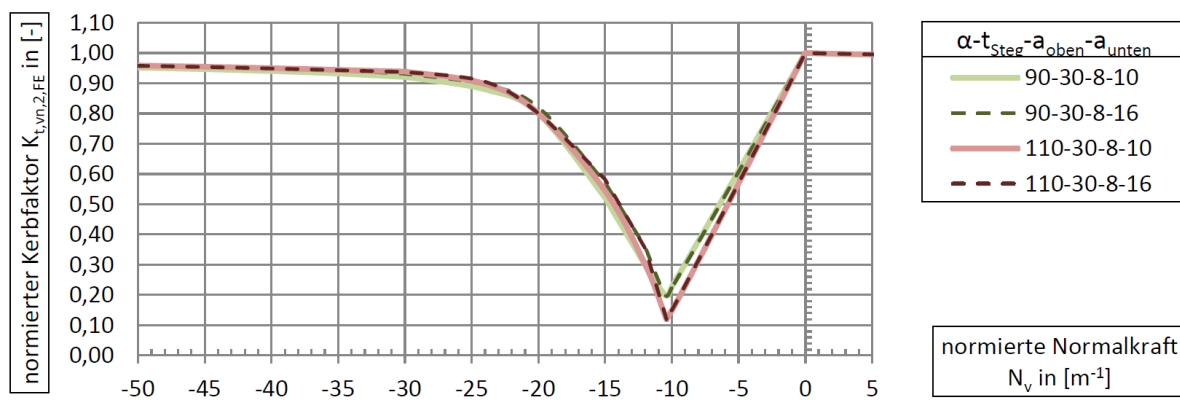


Abbildung 5.40: Darstellung ausgewählter Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}(N_v)$ bei variierendem Stegblech Neigungswinkel α (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten}).

Durch die Betrachtung verschiedener Querschnittsgeometrien konnte festgestellt werden, dass eine Abhängigkeit infolge der Stegblechdicke t_{Steg} existiert. Für die Parameter a_{oben} und a_{unten} , aber auch für den Stegblech-Neigungswinkel α , liegen keine dominierenden Modellbildungen vor. Es erfolgt ein Ausschluss dieser Faktoren durch die Bildung einer Umhüllenden. Die maßgebenden Kerbfaktoren, welche in weiterer Folge für die Ermittlung des zweiten Terms der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,v}$ verwendet werden, sind in Tabelle 5.35 gelistet.

$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	
N_v	$K_{t,vn,2,FE}$	N_v	$K_{t,vn,2,FE}$	N_v	$K_{t,vn,2,FE}$
200,00	0,999	300,00	0,995	400,00	0,990
100,00	0,999	150,00	0,995	200,00	0,989
80,00	0,999	120,00	0,995	160,00	0,989
40,00	0,999	60,00	0,994	80,00	0,990
20,00	0,999	30,00	0,995	40,00	0,991
16,00	1,000	24,00	0,995	32,00	0,992
10,00	1,000	15,00	0,996	20,00	0,993
8,00	1,000	12,00	0,997	16,00	0,994
4,00	1,000	6,00	0,998	8,00	0,996
3,20	1,000	4,80	0,998	6,40	0,996
0,80	1,000	1,20	0,999	1,60	0,999
0,00	1,000	0,00	1,000	0,00	1,000
-1,60	0,915	-2,40	0,812	-3,20	0,677
-3,20	0,829	-4,80	0,625	-6,40	0,358
-4,00	0,787	-6,00	0,538	-8,00	0,267
-5,00	0,733	-7,50	0,417	-10,00	0,472
-6,40	0,659	-9,60	0,258	-12,80	0,740
-6,67	0,644	-10,00	0,238	-13,33	0,769
-8,00	0,573	-12,00	0,359	-16,00	0,889
-10,00	0,467	-15,00	0,595	-20,00	0,951
-16,00	0,332	-24,00	0,954	-32,00	0,976
-20,00	0,606	-30,00	0,975	-40,00	0,980
-40,00	0,992	-60,00	0,985	-80,00	0,984
-100,00	1,000	-150,00	0,990	-200,00	0,989
-200,00	1,000	-300,00	0,990	-400,00	0,994

Tabelle 5.35: Auflistung der maßgebenden doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}$

5.4.3.3 Kerbfaktoren bei V-M-Interaktion

Im Ansatz der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,v}$ nach Gleichung 5.47 beschreibt der Kerbfaktor $K_{t,vm}$ einen Anpassungsfaktor, welcher die V-M-Interaktion berücksichtigt. Die bereits erlangten Erkenntnisse aus Kapitel 5.3.2.2, wie die doppelte Normierung, können auch für die vorliegende Situation herangezogen werden, wodurch die vertikale Achse durch den Bezug auf den Kerbfaktor $K_{t,v,FE}(M = 0)$ und die horizontale Achse durch den Bezug auf das Biegemoment M skaliert bzw. normiert wird (siehe Gleichung 5.46).

$$K_{t,vm,2,FE}(M_v) = \frac{K_{t,vm,FE}(M)}{K_{t,v,FE}}, \quad \text{mit : } M_v = \frac{M}{V} \quad (5.46)$$

Die doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,vm,2,FE}(M_v)$ werden in weiterer Folge durch die Variation festgelegter Parameter verglichen, um etwaige weitere Vereinfachungen vornehmen zu können. Die entsprechenden Kerbfaktoren wurden dabei dem Anhang D entnommen.

In Abbildung 5.41 wird bei der Variation vom Stegblech-Neigungswinkel α und der Stegblechdicke t_{Steg} ersichtlich, dass einerseits eine eindeutige Abhängigkeit vom Stegblech-

Neigungswinkel α vorliegt und dass andererseits die Stegblechdicke t_{Steg} keinen Einfluss auf die Kerbfaktoren $K_{t,vm,2,FE}(M_v)$ aufweist. Durch die Variation der Schweißnahtdicken der SWo und SWu in Abbildung 5.42 wird ersichtlich, dass kein wesentlicher Einfluss auf die Kerbfaktoren vorliegt, da sich die Steigung im linearen Bereich nur geringfügig ändert.

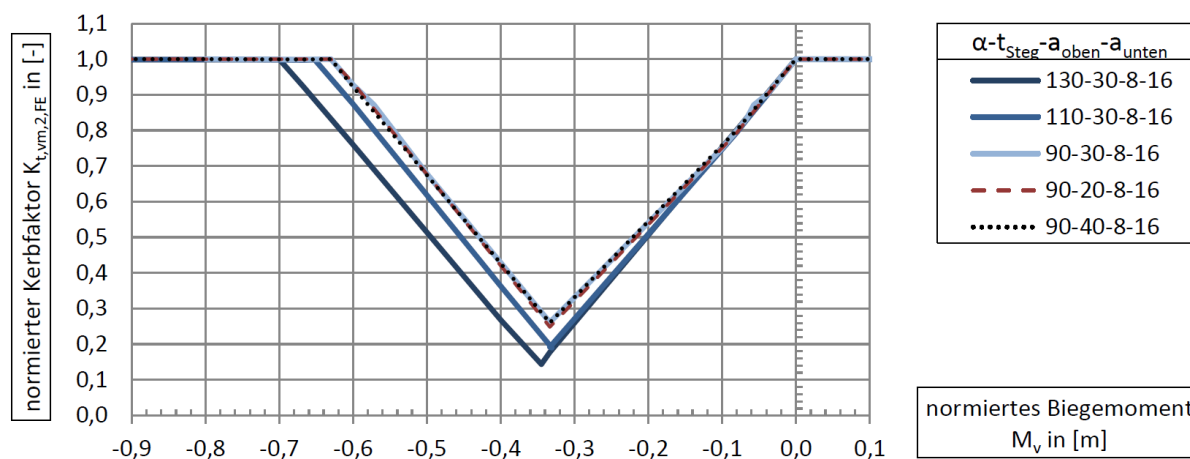


Abbildung 5.41: Darstellung ausgewählter Kerbfaktoren $K_{t,vm,2,FE}(M_v)$ bei variierender Stegblechdicke und Stegblech-Neigung (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten}).

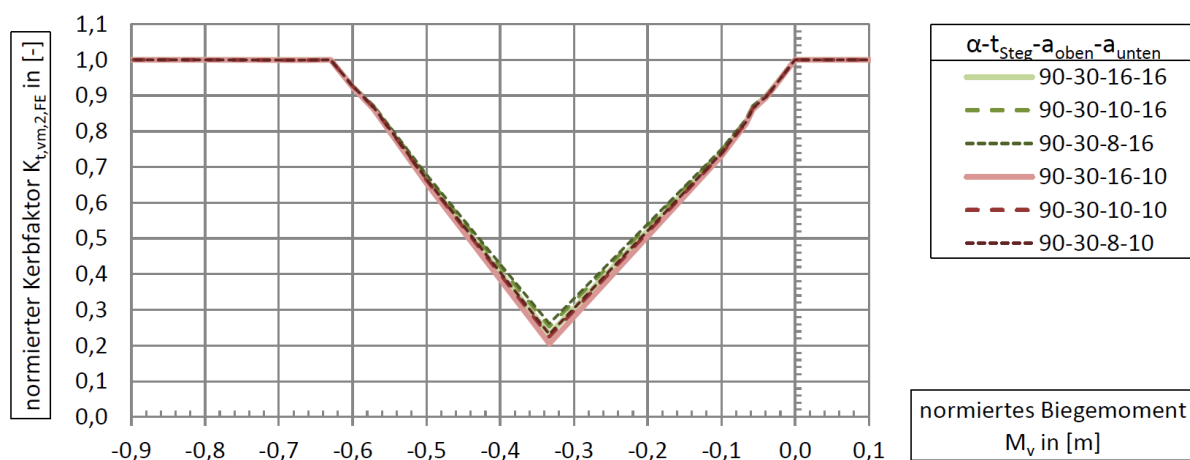


Abbildung 5.42: Darstellung ausgewählter Kerbfaktoren $K_{t,vm,2,FE}(M_v)$ bei variierenden Kombinationen von oberer und unterer Schweißnahtdicke (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten}).

Durch die Betrachtung verschiedener Querschnittsgeometrien konnte festgestellt werden, dass eine Abhängigkeit infolge des Stegblech-Neigungswinkels α existiert. Für die Parameter a_{oben} und a_{unten} , aber auch für die Stegblechdicke t_{Steg} , liegen keine dominierenden Modellbildungen vor. Es erfolgt ein Ausschluss dieser Faktoren durch die Bildung einer Umhüllenden. Die maßgebenden Kerbfaktoren, welche in weiterer Folge für die Ermittlung des dritten Terms der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,v}$ verwendet werden, sind in Tabelle 5.36 gelistet.

M_v	$K_{t,vm,2,FE}$	$K_{t,vm,2,FE}$	$K_{t,vm,2,FE}$
	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 110^\circ$	$\alpha = 130^\circ$
10,00	1,000	1,000	1,000
2,00	1,000	1,000	1,000
1,00	1,000	1,000	1,000
0,20	1,000	1,000	1,000
0,00	1,000	1,000	1,000
-0,03	0,917	0,915	0,918
-0,04	0,900	0,898	0,901
-0,07	0,833	0,829	0,835
-0,08	0,800	0,795	0,803
-0,33	0,262	0,192	0,177
-0,40	0,428	0,363	0,267
-0,60	0,928	0,874	0,760
-0,67	1,000	0,998	0,921
-0,80	1,000	1,000	0,999
-3,00	1,000	1,000	1,000
-4,00	1,000	1,000	1,000

Tabelle 5.36: Auflistung der maßgebenden doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,vm,2,FE}$

5.4.4 Ermittlung der Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,v}$

Die mittels FEM-Analyse ermittelten Kerbfaktoren werden nun durch die Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,v}$ beschreiben. Dazu wird die Ansatzfunktion nach Gleichung 5.47 verwendet.

$$\mathcal{A}_{k,K21,v} = K_{t,v} \cdot K_{t,vn} \cdot K_{t,vm} \quad (5.47)$$

Die Funktion $K_{t,v}$ beschreibt dabei den Grundwert, welcher unabhängig von Normalkraft und Biegemoment ist. Die Funktion $K_{t,vn}$ berücksichtigt den Einfluss der V-N-Interaktion und $K_{t,vm}$ berücksichtigt den Einfluss der V-M-Interaktion.

5.4.4.1 Ermittlung von $K_{t,v}$

Die mit Hilfe der FEM-Analyse ermittelten Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$ werden nun durch Gleichung 5.48 beschrieben. Der gewählte Ansatz beinhaltet einen quadratischen Term mit der Abhängigkeit von a_{unten} , welcher die grundlegende Funktionsform beschreibt. Die Anpassung an die spezifischen Parameter erfolgt durch zusätzliche lineare Terme mit den Abhängigkeiten von t_{Steg} und a_{oben} . Es liegt somit eine Ansatzfunktion vor, welche ausgenommen vom α -Term jener aus Kapitel 5.2.3 entspricht. Zum Nachvollziehen des Einflusses der einzelnen Terme wird sinngemäß auf Abbildung 5.7 a), b) und c) verwiesen.

$$K_{t,v} = A + \left(\frac{a_{unten} - d_0}{B} \right)^2 + a_{oben} \cdot C \quad (5.48)$$

Das Anpassen der quadratischen Grundform an die jeweilige Stegblechdicke t_{Steg} erfolgt mit dem Parameter d_0 , sowie mit den Funktionen A und B . Der Parameter d_0 bewirkt einen

Versatz der gesamten Kurve in horizontaler Richtung. Der Versatz in vertikaler Richtung erfolgt mit der Funktion A und das Stauchen entlang der horizontalen Achse erfolgt mit der Funktion B . Sowohl die Funktion A als auch die Funktion B wird durch eine Geradengleichung mit dem Parameter t_{Steg} beschrieben (siehe Gleichung 5.49 und 5.50).

$$A = a_0 + t_{Steg} \cdot a_1 \quad (5.49)$$

$$B = b_0 + t_{Steg} \cdot b_1 \quad (5.50)$$

Der Einfluss der oberen Schweißnahtdicke a_{oben} wird mit der Funktion C berücksichtigt, welche durch eine Geradengleichung mit der Variable t_{Steg} beschrieben wird (siehe Gleichung 5.51).

$$C = c_0 + t_{Steg} \cdot c_1 \quad (5.51)$$

Zur Bestimmung der Parameter wird die Methode der Kleinsten Quadrate angewandt. Die Berechnung der Eingangswerte erfolgt gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$ aus Tabelle 5.34 werden in Tab. 5.37 - 5.39 übertragen.
- In der Spalte $K_{t,v,Modell}$ wird die Ansatz-Funktion gemäß Gleichung 5.48 angewendet. Der Startwert der Funktionen A_{ber} , B_{ber} und C_{ber} , sowie der Faktor d_{ber} wird mit 1,0 gewählt, wobei der Faktor d_{ber} unabhängig von der Stegblechdicke t_{Steg} ist.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von $K_{t,v,Modell}$ zu $K_{t,v,FE}$ gebildet.
- Die Startwerte von A_{ber} werden in die Tabelle 5.40 übertragen und entsprechend verknüpft, sodass die jeweiligen Werte bei der iterativen Minimierung des Fehlerquadrates automatisch übertragen werden.
- In der Spalte A_{Modell} wird die Gleichung 5.49 angewendet. Die Parameter $a_{0,ber}$ und $a_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von A_{Modell} zu A_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von B_{ber} werden in die Tabelle 5.41 übertragen und wiederum entsprechend verknüpft.
- In der Spalte B_{Modell} wird die Gleichung 5.50 angewendet. Die Parameter $b_{0,ber}$ und $b_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von B_{Modell} zu B_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von C_{ber} werden in die Tabelle 5.42 übertragen und wiederum entsprechend verknüpft.
- In der Spalte C_{Modell} wird die Gleichung 5.51 angewendet. Die Parameter $c_{0,ber}$ und $c_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von C_{Modell} zu C_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.

Im Excel-Solver können nun die *Eingangswerte*, sprich die Startwerte der jeweiligen Parameter, als veränderliche Zellen und die quadrierte Gesamtabweichungssumme als *Zielzelle* definiert werden. Mit dem Ziel, dass $\sum [\sum (Abweichung)^2]$ minimal wird, werden die *Eingangswerte* so lange variiert bis ein Minimum vorliegt. Die *Eingangswerte*, sprich alle Werte mit dem Index *ber*, sind nun ermittelt worden. Die Wahl der Endwerte erfolgt nun gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die Parameter $a_{0,fin}$ und $a_{1,fin}$ in Tab. 5.40 werden gewählt und mittels Gleichung 5.49 ergibt sich die Spalte $A_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tab. 5.37 - 5.39 eingesetzt.
- Die Parameter $b_{0,fin}$ und $b_{1,fin}$ in Tab. 5.41 werden gewählt und mittels Gleichung 5.50 ergibt sich die Spalte $B_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tab. 5.37 - 5.39 eingesetzt.
- Die Parameter $c_{0,fin}$ und $c_{1,fin}$ in Tab. 5.42 werden gewählt und mittels Gleichung 5.51 ergibt sich die Spalte $C_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tab. 5.37 - 5.39 eingesetzt.
- Der Parameter d_{fin} in Tabelle 5.37 - 5.39 wird zuletzt noch gewählt.

Die Endwerte (Werte mit dem Index *fin*) wurden nun ermittelt, rückgerechnet bzw. gewählt. Die Funktion $K_{t,v,fin}$ ist somit vollständig definiert und die Funktionswerte können mit den Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$ aus Tabelle 5.34 verglichen werden. Der Vergleich von $K_{t,v,FE}$ mit $K_{t,v}$ wird in Abbildung 5.43 dargestellt.

20	Ausgangswerte für $K_{t,v,Modell}$			Endwerte für $K_{t,v}$		
	A_{ber}	3,1244	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	3,1253	gem. Tab. 5.40
B_{ber}	11,3074	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	11,2676	gem. Tab. 5.41	
C_{ber}	-0,0904	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,0891	gem. Tab. 5.42	
d_{ber}	15,8042	berechnet	d_{fin}	15,8042	gewählt	
a_{unten}	a_{oben}	$K_{t,v,FE}$	$K_{t,v,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,v}$	$[Abw.]^2$
5	8	3,307	3,314	5,36 E-5	3,3319	6,22 E-4
10	8	2,605	2,665	3,63 E-3	2,6779	5,37 E-3
12	8	2,522	2,515	5,08 E-5	2,5265	2,34 E-5
14	8	2,465	2,427	1,46 E-3	2,4381	7,22 E-4
16	8	2,425	2,402	5,43 E-4	2,4128	1,48 E-4
5	10	3,080	3,134	2,87 E-3	3,1537	5,44 E-3
10	10	2,430	2,484	2,90 E-3	2,4997	4,82 E-3
12	10	2,351	2,334	2,91 E-4	2,3483	6,45 E-6
14	10	2,297	2,246	2,58 E-3	2,2599	1,36 E-3
16	10	2,258	2,221	1,39 E-3	2,2346	5,56 E-4
5	16	2,434	2,591	2,47 E-2	2,6191	3,43 E-2
10	16	1,896	1,942	2,09 E-3	1,9651	4,76 E-3
12	16	1,833	1,792	1,73 E-3	1,8137	3,75 E-4
14	16	1,789	1,704	7,34 E-3	1,7253	4,11 E-3
16	16	1,755	1,679	5,87 E-3	1,7000	3,05 E-3
$\sum [Abweichung]^2 =$				5,75 E-2	6,56 E-2	

Tabelle 5.37: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,v}$ für $t_{Steg} = 20$ mm

30	Ausgangswerte für $K_{t,v,Modell}$			Endwerte für $K_{t,v}$		
	A_{ber}	3,8995	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	3,9003	gem. Tab. 5.40
B_{ber}	8,9086	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	8,9746	gem. Tab. 5.41	
C_{ber}	-0,0576	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,0604	gem. Tab. 5.42	
d_{ber}	15,8042	berechnet	d_{fin}	15,8042	gewählt	
a_{unten}	a_{oben}	$K_{t,v,FE}$	$K_{t,v,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,v}$	$[Abw.]^2$
5	8	5,030	4,910	1,45 E-2	4,8664	2,68 E-2
10	8	3,808	3,863	3,07 E-3	3,8354	7,57 E-4
12	8	3,597	3,621	5,99 E-4	3,5968	1,33 E-8
14	8	3,451	3,480	8,54 E-4	3,4575	4,82 E-5
16	8	3,351	3,439	7,87 E-3	3,4176	4,49 E-3
5	10	4,924	4,794	1,68 E-2	4,7456	3,18 E-2
10	10	3,730	3,748	3,40 E-4	3,7146	2,28 E-4
12	10	3,523	3,506	2,98 E-4	3,4760	2,23 E-3
14	10	3,381	3,365	2,72 E-4	3,3367	1,97 E-3
16	10	3,282	3,324	1,78 E-3	3,2968	2,23 E-4
5	16	4,426	4,449	5,23 E-4	4,3832	1,83 E-3
10	16	3,363	3,403	1,57 E-3	3,3522	1,14 E-4
12	16	3,178	3,160	3,19 E-4	3,1136	4,18 E-3
14	16	3,053	3,019	1,14 E-3	2,9743	6,16 E-3
16	16	2,964	2,979	2,03 E-4	2,9344	8,94 E-4
$\sum [Abweichung]^2 =$				5,01 E-2	8,17 E-2	

Tabelle 5.38: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,v}$ für $t_{Steg} = 30$ mm

40	Ausgangswerte für $K_{t,v,Modell}$			Endwerte für $K_{t,v}$		
	A_{ber}	4,6743	berechnet	$A_{fin}(t_{Steg})$	4,6753	gem. Tab. 5.40
B_{ber}	6,6907	berechnet	$B_{fin}(t_{Steg})$	6,6816	gem. Tab. 5.41	
C_{ber}	-0,0329	berechnet	$C_{fin}(t_{Steg})$	-0,0317	gem. Tab. 5.42	
d_{ber}	15,8042	berechnet	d_{fin}	15,8042	gewählt	

a_{unten}	a_{oben}	$K_{t,v,FE}$	$K_{t,v,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,v}$	$[Abw.]^2$
5	8	7,083	7,019	4,14 E-3	7,0364	2,17 E-3
10	8	5,088	5,164	5,67 E-3	5,1763	7,75 E-3
12	8	4,742	4,734	5,67 E-5	4,7459	1,59 E-5
14	8	4,495	4,484	1,24 E-4	4,4946	1,05 E-7
16	8	4,319	4,412	8,59 E-3	4,4226	1,07 E-2
5	10	7,015	6,953	3,87 E-3	6,9730	1,76 E-3
10	10	5,069	5,098	8,16 E-4	5,1129	1,91 E-3
12	10	4,725	4,669	3,18 E-3	4,6825	1,80 E-3
14	10	4,482	4,418	4,04 E-3	4,4312	2,53 E-3
16	10	4,306	4,346	1,62 E-3	4,3592	2,84 E-3
5	16	6,637	6,755	1,40 E-2	6,7828	2,13 E-2
10	16	4,860	4,900	1,66 E-3	4,9227	3,97 E-3
12	16	4,532	4,471	3,66 E-3	4,4923	1,55 E-3
14	16	4,304	4,221	6,92 E-3	4,2410	3,93 E-3
16	16	4,136	4,149	1,66 E-4	4,1690	1,10 E-3
$\sum [Abweichung]^2 =$				5,85 E-2		6,33 E-2

Tabelle 5.39: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,v}$ für $t_{Steg} = 40$ mm

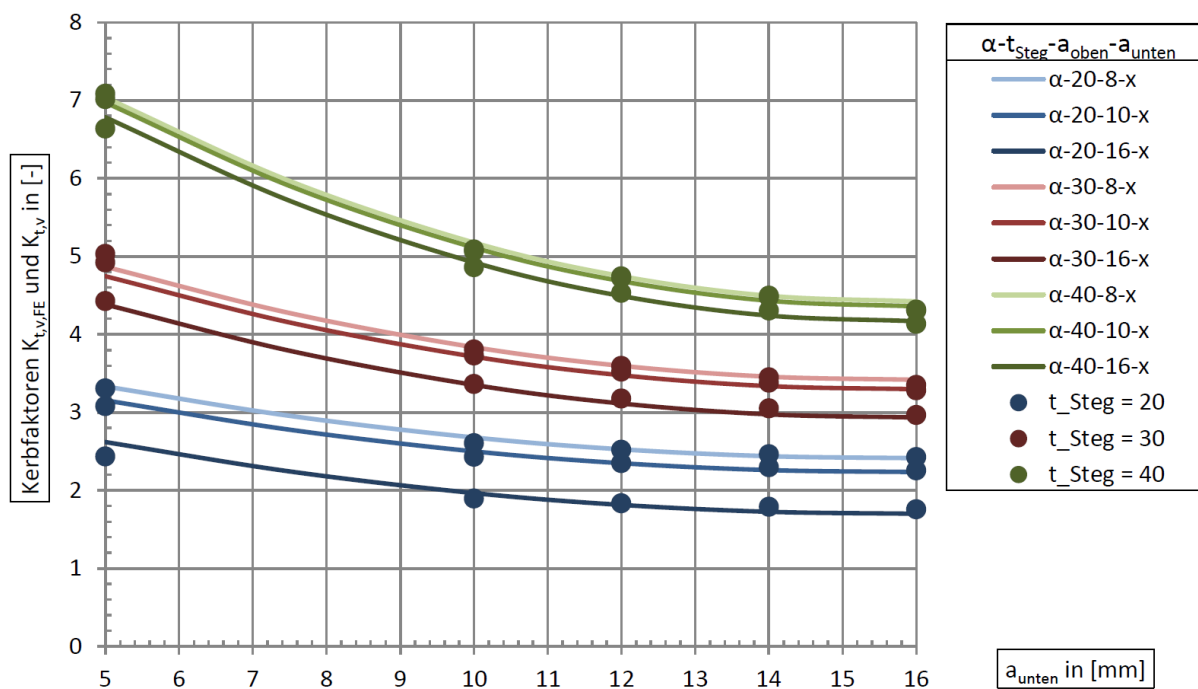


Abbildung 5.43: Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$ infolge der FEM-Analyse und $K_{t,v}$ gemäß der Kerbfunktion in Abhängigkeit von a_{unten} (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten}).

Ausgangswerte für A_{Modell}			Endwerte für $A_{fin}(t_{Steg})$		
$a_{0,ber}$	1,5753	berechnet	$a_{0,fin}$	1,5753	gewählt
$a_{1,ber}$	0,0775	berechnet	$a_{1,fin}$	0,0775	gewählt
t_{Steg} [mm]	A_{ber} gem. Tab. 5.37 - 5.39	A_{Modell}	$[Abw.]^2$	$A_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.37 - 5.39	
20	3,1244	3,1248	2,25 E-7	3,1253	
30	3,8995	3,8996	1,06 E-8	3,9003	
40	4,6743	4,6744	2,84 E-8	4,6753	
$\sum [Abweichung]^2 = 2,64 \text{ E-7}$					

Tabelle 5.40: Ermittlung der Funktionswerte für A_{fin}

Ausgangswerte für B_{Modell}			Endwerte für $B_{fin}(t_{Steg})$		
$b_{0,ber}$	15,8536	berechnet	$b_{0,fin}$	15,8536	gewählt
$b_{1,ber}$	-0,2293	berechnet	$b_{1,fin}$	-0,2293	gewählt
t_{Steg} [mm]	B_{ber} gem. Tab. 5.37 - 5.39	B_{Modell}	$[Abw.]^2$	$B_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.37 - 5.39	
20	11,3074	11,2668	1,64 E-3	11,2676	
30	8,9086	8,9734	4,20 E-3	8,9746	
40	6,6907	6,6800	1,16 E-4	6,6816	
$\sum [Abweichung]^2 = 5,96 \text{ E-3}$					

Tabelle 5.41: Ermittlung der Funktionswerte für B_{fin}

Ausgangswerte für C_{Modell}			Endwerte für $C_{fin}(t_{Steg})$		
$c_{0,ber}$	-0,1465	berechnet	$c_{0,fin}$	-0,1465	gewählt
$c_{1,ber}$	0,00287	berechnet	$c_{1,fin}$	0,00287	gewählt
t_{Steg} [mm]	C_{ber} gem. Tab. 5.37 - 5.39	C_{Modell}	$[Abw.]^2$	$C_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.37 - 5.39	
20	-0,0904	-0,0890	1,92 E-6	-0,0891	
30	-0,0576	-0,0603	7,12 E-6	-0,0604	
40	-0,0329	-0,0315	1,87 E-6	-0,0317	
$\sum [Abweichung]^2 = 1,09 \text{ E-5}$					

Tabelle 5.42: Ermittlung der Funktionswerte für C_{fin}

5.4.4.2 Ermittlung von $K_{t,vn}$

Die doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}$ aus Tabelle 5.35 werden durch Gleichung 5.52 beschrieben. Der gewählte Ansatz ist von der Normalkraft N , der Querkraft V und der Stegblechdicke t_{Steg} abhängig und beinhaltet einen konstanten, linearen und quadratischen Funktionsbereich. Es liegt somit eine Ansatzfunktion vor welche jener aus Kapitel 5.3.3.2 entspricht. Zum Nachvollziehen des Einflusses der einzelnen Terme wird sinngemäß auf Abbildung 5.26 verwiesen.

$$K_{t,vn} = \begin{cases} 1 & \dots & N_v \geq 0 \\ 1 + K \cdot N_v & \dots & 0 > N_v \geq N_v^* \\ \frac{(N_v + a_0 \cdot N_v^*)^2}{(b_0 \cdot N_v^*)^2 + (N_v + a_0 \cdot N_v^*)^2} & \dots & N_v^* > N_v \end{cases} \quad (5.52)$$

Das Anpassen der Minimalstellen erfolgt durch die Funktion N_v^* , welche durch ein Polynom zweiter Ordnung mit der Variable t_{Steg} beschrieben wird (siehe Gleichung 5.53).

$$N_v^* = n_0^* - \left(\frac{t_{Steg} + n_1^*}{n_2^*} \right)^2 \quad (5.53)$$

Das Anpassen der Geradensteigung erfolgt durch die Funktion K , welche durch eine Geradengleichung mit der Variable t_{Steg} beschrieben wird (siehe Gleichung 5.54).

$$K = k_0 + t_{Steg} \cdot k_1 \quad (5.54)$$

Die Laufvariable N_v , sprich die normierte Normalkraft, wird mit der Normalkraft N und der Querkraft V beschrieben (siehe Gleichung 5.55).

$$N_v = N/V \quad (5.55)$$

Zur Bestimmung der Parameter wird die Methode der Kleinsten Quadrate angewandt. Die Berechnung der Eingangswerte erfolgt gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}$ aus Tabelle 5.35 werden in Tab. 5.43 - 5.45 übertragen.
- In der Spalte $K_{t,vn,Modell}$ wird die Ansatz-Funktion gemäß Gleichung 5.52 angewendet. Der Startwert der Funktionen $N_{v,ber}^*$, K_{ber} , sowie der Parameter a_{ber} und b_{ber} werden mit 1,0 gewählt, wobei die Parameter a_{ber} und b_{ber} unabhängig von der Stegblechdicke t_{Steg} sind.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von $K_{t,vn,Modell}$ zu $K_{t,vn,2,FE}$ gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von $N_{v,ber}^*$ werden in die Tabelle 5.46 übertragen und entsprechend verknüpft, sodass die jeweiligen Werte bei der iterativen Minimierung der Fehlerquadrate automatisch übertragen werden.
- In der Spalte $N_{v,Modell}^*$ wird die Gleichung 5.53 angewendet. Die Parameter $n_{0,ber}^*$, $n_{1,ber}^*$ und $n_{2,ber}^*$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.

- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von $N_{v,Modell}^*$ zu $N_{v,ber}^*$ gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die Startwerte von K_{ber} werden in die Tabelle 5.47 übertragen und wiederum entsprechend verknüpft.
- In der Spalte K_{Modell} wird die Gleichung 5.54 angewendet. Die Parameter $k_{0,ber}$ und $k_{1,ber}$ werden zunächst mit 1,0 gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von K_{Modell} zu K_{ber} gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.

Im Excel-Solver können nun die *Eingangswerte*, sprich die gewählten Startwerte der jeweiligen Parameter, als veränderliche Zellen und die quadrierte Gesamtabweichungssumme als *Zielzelle* definiert werden. Mit dem Ziel, dass $\sum[\sum(Abweichung)^2]$ minimal wird, und mit der Bedingungen, dass die Parameter a_{ber} und b_{ber} für jede Stegblechdicke t_{Steg} gleich sein müssen, werden die Eingangswerte so lange variiert bis ein Minimum vorliegt. Ebenso müssen an der Stelle N_v^* die beiden linearen Funktionsbereiche die gleichen Funktionswerte aufweisen, da ansonsten keine stetige Funktion vorliegt. Aus diesem Grund werden in den Tabellen 5.43 - 5.45 zusätzlich die Punkte $N_{v,fin}^*$ und $N_{v,fin}^* - \Delta N_{norm}$ mit den entsprechenden Ergebnissen angeführt, damit gezeigt werden kann, dass ein stetiger Verlauf vorliegt. Die *Eingangswerte*, sprich alle Werte mit dem Index *ber*, sind nun ermittelt worden. Die Wahl der Endwerte erfolgt nun gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die Parameter $n_{0,fin}^*$, $n_{1,fin}^*$ und $n_{2,fin}^*$ in Tabelle 5.46 werden gewählt und mittels Gleichung 5.53 ergibt sich die Spalte $N_{v,fin}^*(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tabelle 5.43 - 5.45 eingesetzt.
- Die Parameter $k_{0,fin}$ und $k_{1,fin}$ in Tabelle 5.47 werden gewählt und mittels Gleichung 5.54 ergibt sich die Spalte $K_{fin}(t_{Steg})$. Die Endwerte werden in Tabelle 5.43 - 5.45 eingesetzt.
- Die Parameter a_{fin} und b_{fin} in Tabelle 5.43 - 5.45 werden gewählt und mittels Gleichung 5.52 ergibt sich Spalte $K_{t,vn,fin}$.

Die Endwerte (Werte mit dem Index *fin*) wurden nun ermittelt, rückgerechnet bzw. gewählt. Die Funktion $K_{t,vn}$ ist somit vollständig definiert und kann nun mit den Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}$ aus Tabelle 5.35 verglichen werden. Der Vergleich von $K_{t,vn,2,FE}$ mit $K_{t,vn}$ wird in Abbildung 5.44 dargestellt.

Ausgangswerte für $K_{t,vn,Modell}$			Endwerte für $K_{t,vn}$		
$N_{v,ber}^*$	-14,7765	berechnet	$N_{v,fin}^*(t_{Steg})$	-14,7764	gem. Tab. 5.46
K_{ber}	0,0548	berechnet	$K_{fin}(t_{Steg})$	0,0545	gem. Tab. 5.47
$a_{0,ber}$	-0,7837	berechnet	$a_{0,fin}$	-0,7837	gewählt
$b_{0,ber}$	-0,4459	berechnet	$b_{0,fin}$	-0,4459	gewählt
N_v	$K_{t,vn,2,FE}$	$K_{t,vn,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,vn}$	$[Abw.]^2$
200,00	0,999	1,000	8,49E-7	1,000	8,49E-7
100,00	0,999	1,000	4,43E-7	1,000	4,43E-7
80,00	0,999	1,000	5,14E-7	1,000	5,14E-7
40,00	0,999	1,000	3,06E-7	1,000	3,06E-7
20,00	0,999	1,000	3,17E-7	1,000	3,17E-7
16,00	1,000	1,000	2,42E-7	1,000	2,42E-7
10,00	1,000	1,000	1,68E-7	1,000	1,68E-7
8,00	1,000	1,000	9,98E-8	1,000	9,98E-8
4,00	1,000	1,000	2,69E-8	1,000	2,69E-8
3,20	1,000	1,000	1,62E-8	1,000	1,62E-8
0,80	1,000	1,000	1,08E-9	1,000	1,08E-9
0,00	1,000	1,000	0,00E+0	1,000	0,00E+0
-1,60	0,915	0,912	5,39E-6	0,913	3,52E-6
-3,20	0,829	0,825	2,16E-5	0,826	1,41E-5
-4,00	0,787	0,781	3,38E-5	0,782	2,21E-5
-5,00	0,733	0,726	5,29E-5	0,728	3,45E-5
-6,40	0,659	0,649	8,64E-5	0,651	5,64E-5
-6,67	0,644	0,635	7,72E-5	0,637	4,80E-5
-8,00	0,573	0,562	1,35E-4	0,564	8,80E-5
-10,00	0,467	0,452	2,26E-4	0,455	1,50E-4
-14,7765		0,1906		0,1905	
-14,7765		0,1906		0,1905	
-16,00	0,332	0,310	4,70E-4	0,310	4,73E-4
-20,00	0,606	0,620	1,93E-4	0,620	1,91E-4
-40,00	0,992	0,949	1,88E-3	0,949	1,88E-3
-100,00	1,000	0,994	2,83E-5	0,994	2,83E-5
-200,00	1,000	0,999	1,49E-6	0,999	1,49E-6
$\sum[Abweichung]^2 =$			3,22 E-3		3,00 E-3

Tabelle 5.43: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,vn}$ für $t_{Steg} = 20$ mm

Ausgangswerte für $K_{t,vn,Modell}$			Endwerte für $K_{t,vn}$		
$N_{v,ber}^*$	-10,7604	berechnet	$N_{v,fin}^*(t_{Steg})$	-10,7607	gem. Tab. 5.46
K_{ber}	0,0752	berechnet	$K_{fin}(t_{Steg})$	0,0757	gem. Tab. 5.47
$a_{0,ber}$	-0,7837	berechnet	$a_{0,fin}$	-0,7837	gewählt
$b_{0,ber}$	-0,4459	berechnet	$b_{0,fin}$	-0,4459	gewählt
N_v	$K_{t,vn,2,FE}$	$K_{t,vn,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,vn}$	$[Abw.]^2$
300,00	0,995	1,000	2,11E-6	1,000	2,11E-6
150,00	0,995	1,000	2,36E-5	1,000	2,36E-5
120,00	0,995	1,000	2,88E-5	1,000	2,88E-5
60,00	0,994	1,000	3,53E-5	1,000	3,53E-5
30,00	0,995	1,000	2,76E-5	1,000	2,76E-5
24,00	0,995	1,000	2,33E-5	1,000	2,33E-5
15,00	0,996	1,000	1,57E-5	1,000	1,57E-5
12,00	0,997	1,000	1,20E-5	1,000	1,20E-5
6,00	0,998	1,000	4,89E-6	1,000	4,89E-6
4,80	0,998	1,000	3,39E-6	1,000	3,39E-6
1,20	0,999	1,000	2,92E-7	1,000	2,92E-7
0,00	1,000	1,000	0,00E+0	1,000	0,00E+0
-2,40	0,812	0,819	5,32E-5	0,818	3,78E-5
-4,80	0,625	0,639	1,88E-4	0,637	1,31E-4
-6,00	0,538	0,549	1,12E-4	0,546	5,98E-5
-7,50	0,417	0,436	3,44E-4	0,432	2,25E-4
-9,60	0,258	0,278	3,94E-4	0,273	2,33E-4
-10,00	0,238	0,248	8,92E-5	0,243	2,19E-5
-10,7604		0,1906		0,1854	
-10,7604		0,1906		0,1854	
-12,00	0,359	0,356	7,26E-6	0,356	7,90E-6
-15,00	0,595	0,652	3,31E-3	0,652	3,30E-3
-24,00	0,954	0,913	1,64E-3	0,913	1,64E-3
-30,00	0,975	0,953	4,74E-4	0,953	4,74E-4
-60,00	0,985	0,991	3,64E-5	0,991	3,64E-5
-150,00	0,990	0,999	7,98E-5	0,999	7,98E-5
-300,00	0,990	1,000	8,75E-5	1,000	8,75E-5
$\sum[Abweichung]^2 =$			6,99 E-3		6,51 E-3

Tabelle 5.44: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,vn}$ für $t_{Steg} = 30$ mm

Ausgangswerte für $K_{t,vn,Modell}$			Endwerte für $K_{t,vn}$		
$N_{v,ber}^*$	-8,3301	berechnet	$N_{v,fin}^*(t_{Steg})$	-8,3299	gem. Tab. 5.46
K_{ber}	0,0972	berechnet	$K_{fin}(t_{Steg})$	0,0969	gem. Tab. 5.47
$a_{0,ber}$	-0,7837	berechnet	$a_{0,fin}$	-0,7837	gewählt
$b_{0,ber}$	-0,4459	berechnet	$b_{0,fin}$	-0,4459	gewählt

N_v	$K_{t,vn,2,FE}$	$K_{t,vn,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,vn}$	$[Abw.]^2$
400,00	0,990	1,000	1,06E-4	1,000	1,06E-4
200,00	0,989	1,000	1,19E-4	1,000	1,19E-4
160,00	0,989	1,000	1,19E-4	1,000	1,19E-4
80,00	0,990	1,000	1,03E-4	1,000	1,03E-4
40,00	0,991	1,000	7,56E-5	1,000	7,56E-5
32,00	0,992	1,000	6,78E-5	1,000	6,78E-5
20,00	0,993	1,000	4,88E-5	1,000	4,88E-5
16,00	0,994	1,000	3,96E-5	1,000	3,96E-5
8,00	0,996	1,000	1,75E-5	1,000	1,75E-5
6,40	0,996	1,000	1,32E-5	1,000	1,32E-5
1,60	0,999	1,000	1,38E-6	1,000	1,38E-6
0,00	1,000	1,000	0,00E+0	1,000	0,00E+0
-3,20	0,677	0,689	1,38E-4	0,690	1,60E-4
-6,40	0,358	0,378	3,89E-4	0,380	4,60E-4
-8,00	0,267	0,223	2,00E-3	0,225	1,82E-3
-8,3301		0,1906		0,1905	
-8,3301		0,1906		0,1905	
-10,00	0,472	0,466	3,01E-5	0,466	3,05E-5
-12,80	0,740	0,740	1,27E-9	0,740	4,73E-10
-13,33	0,769	0,770	3,59E-6	0,770	3,55E-6
-16,00	0,889	0,867	5,01E-4	0,867	5,01E-4
-20,00	0,951	0,929	4,51E-4	0,929	4,51E-4
-32,00	0,976	0,979	9,87E-6	0,979	9,87E-6
-40,00	0,980	0,988	6,68E-5	0,988	6,68E-5
-80,00	0,984	0,997	1,74E-4	0,997	1,74E-4
-200,00	0,989	1,000	1,20E-4	1,000	1,20E-4
-400,00	0,994	1,000	2,95E-5	1,000	2,95E-5
$\sum [Abweichung]^2 =$			4,63 E-3		4,53 E-3

Tabelle 5.45: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,vn}$ für $t_{Steg} = 40$ mm

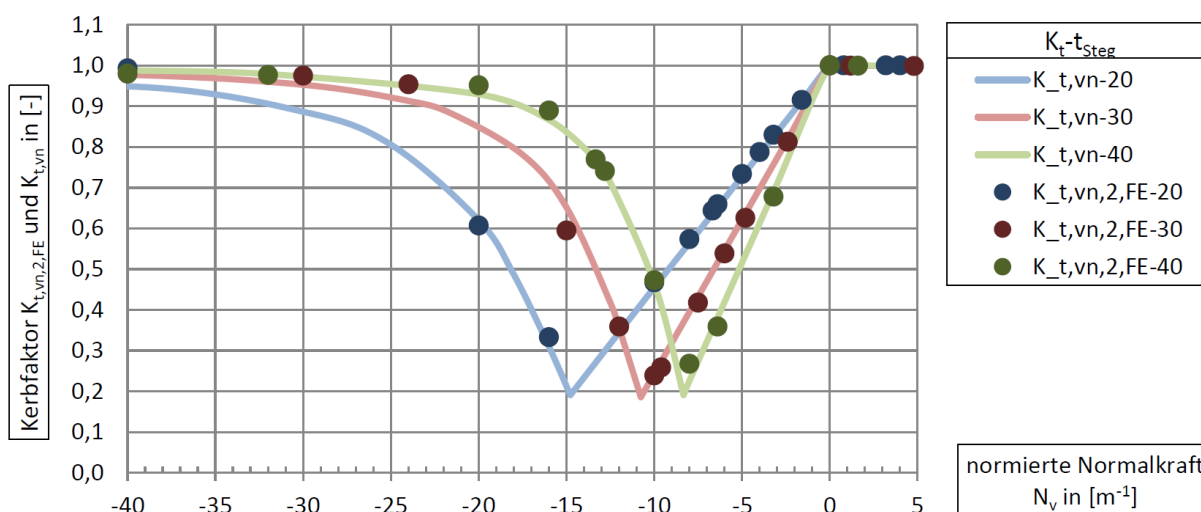


Abbildung 5.44: Kerbfaktoren $K_{t,vn,2,FE}$ infolge FEM-Analyse und $K_{t,vn}$ gemäß Kerbfunktion in Abhängigkeit von der normierten Normalkraft N_v

Ausgangswerte für $N_{v,Modell}^*$			Endwerte für $N_{v,fin}^*(t_{Steg})$		
$n_{0,ber}^*$	-7,4833	berechnet	$n_{0,fin}^*$	-7,4833	gewählt
$n_{1,ber}^*$	-50,3358	berechnet	$n_{1,fin}^*$	-50,3358	gewählt
$n_{2,ber}^*$	11,2331	berechnet	$n_{2,fin}^*$	11,2331	gewählt
t_{Steg} [mm]	$N_{v,ber}^*$ gem. Tab. 5.43 - 5.45	$N_{v,Modell}^*$	$[Abw.]^2$	$N_{v,fin}^*(t_{Steg})$ für Tab. 5.43 - 5.45	
20	-14,7765	-14,7764	8,97 E-9	-14,7764	
30	-10,7604	-10,7606	6,33 E-8	-10,7607	
40	-8,3301	-8,3299	4,50 E-8	-8,3299	
$\sum [Abweichung]^2 =$			1,17 E-7		

Tabelle 5.46: Ermittlung der Funktionswerte für $N_{v,fin}^*$

Ausgangswerte für K_{Modell}			Endwerte für $K_{fin}(t_{Steg})$		
$k_{0,ber}$	0,0121	berechnet	$k_{0,fin}$	0,0121	gewählt
$k_{1,ber}$	2,12 E-3	berechnet	$k_{1,fin}$	2,12 E-3	gewählt
t_{Steg} [mm]	K_{ber} gem. Tab. 5.43 - 5.45	K_{Modell}	$[Abw.]^2$	$K_{fin}(t_{Steg})$ für Tab. 5.43 - 5.45	
20	0,0548	0,0545	6,28 E-8	0,0545	
30	0,0752	0,0757	2,50 E-7	0,0757	
40	0,0972	0,0969	6,25 E-8	0,0969	
$\sum [Abweichung]^2 =$			3,76 E-7		

Tabelle 5.47: Ermittlung der Funktionswerte für K_{fin}

5.4.4.3 Ermittlung von $K_{t,vm}$

Die doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,vm,2,FE}$ aus Tabelle 5.36 werden durch die Kerbfunktion $K_{t,vm}$ beschrieben. Dazu wird die Ansatzfunktion nach Gleichung 5.56 verwendet. Eine Beschreibung der einzelnen Terme erfolgt im Anschluss (siehe Abbildung 5.45).

$$K_{t,vm} = \begin{cases} 1 & \dots & M_v \geq 0 \\ 1 + k \cdot M_v & \dots & 0 > M_v \geq M_v^* \\ 1 - k \cdot (M_v - 2M_v^*) & \dots & M_v^* > M_v \geq 2M_v^* \\ 1 & \dots & 2M_v^* > M_v \end{cases} \quad (5.56)$$

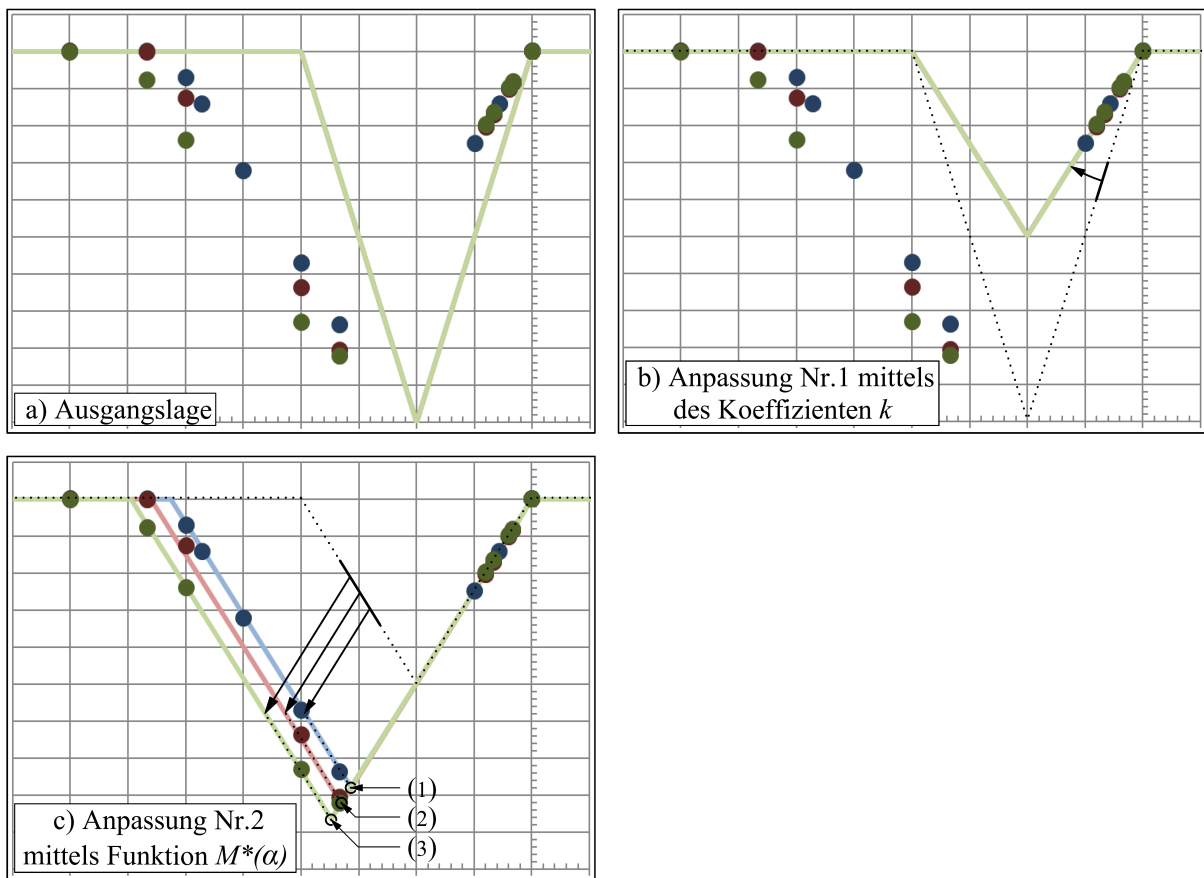


Abbildung 5.45: Einfluss der jeweiligen Funktionsterme in der Ansatzfunktion nach Gleichung 5.56. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde an dieser Stelle auf eine Beschriftung der Achsen, sowie auf eine Legende verzichtet (siehe dazu Abbildung 5.46). Horizontale Achse: M_v . Vertikale Achse: Kerbfaktoren $K_{t,mv,2,FE}$ infolge FEM-Analyse und $K_{t,mv}$ gemäß Kerbfunktion. Zuordnung der Farben, etc. gemäß Folgetext.

Die gewählte Ansatzfunktion setzt sich aus vier Funktionsbereichen zusammen, welche von der Querkraftkraft V , dem Biegemoment M und vom Winkel α abhängig sind.

- Konstante Funktion im Bereich $M_v \geq 0$.
- Lineare Funktion im Bereich $0 > M_v \geq M_v^*$.
- Lineare Funktion im Bereich $M_v^* > M_v \geq 2M_v^*$.
- Konstante Funktion im Bereich $2M_v^* > M_v$.

Bei der Betrachtung der Kerbfaktoren im Kapitel 5.4.3.3 konnte festgestellt werden, dass die Querkraft und das Biegemoment nur von einander abhängig sind, wenn die Schnittgrößenvorzeichen verschieden sind und ein gewisses Verhältnis von Querkraft und Biegemoment nicht überschritten wird. Diese wesentliche Abhängigkeit wird durch den Punkt M_v^* beschrieben. M_v^* für $\alpha = 90^\circ$) entspricht dem Punkt (1) nach Abbildung 5.45, für $\alpha = 110^\circ$ dem Punkt (2) und für $\alpha = 130^\circ$ dem Punkt (3). Ansonsten sind die Querkraft und das Biegemoment voneinander unabhängig, wodurch in den Bereichen $M_v \geq 0$ und $2M_v^* > M_v$ ein konstanter Verlauf mit dem Wert 1 vorliegt.

Das Anpassen der Minimalstelle individuell für jede Stegblech-Neigungswinkel α erfolgt durch die Funktion M_v^* , welche durch eine Geradengleichung und der Variable α beschrieben wird.

$$M_v^* = m_0^* + \alpha \cdot m_1^* \quad (5.57)$$

Die Beschreibung der Geradensteigung erfolgt durch den Faktor k und die Laufvariable M_v , sprich das normierte Biegemoment, wird mit dem Biegemoment M und der Querkraft V beschrieben.

$$M_v = M/V \quad (5.58)$$

Zur Bestimmung der Parameter wird die Methode der Kleinsten Quadrate angewandt. Die Berechnung der Eingangswerte erfolgt gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die doppelt-normierten Kerbfaktoren $K_{t,vm}$ aus Tabelle 5.36 werden in die Spalte $K_{t,vm}$ in Tabelle 5.48 - 5.50 übertragen.
- In der Spalte $K_{t,vm,Modell}$ wird die Ansatz-Funktion gemäß Gleichung 5.56 angewendet. Die Parameter $M_{v,ber}^*$ und k_{ber} werden zunächst beliebig gewählt, wobei der Parameter k_{ber} unabhängig vom Stegblech-Neigungswinkel α ist.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von $K_{t,vm,Modell}$ zu $K_{t,vm}$ gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.
- Die derzeit noch beliebigen Werte von M_{ber}^* werden in die Tabelle 5.51 übertragen und entsprechend verknüpft.
- In der Spalte $M_{v,Modell}^*$ wird die Gleichung 5.57 angewendet. Die Parameter $m_{0,ber}^*$ und $m_{1,ber}^*$ werden zunächst beliebig gewählt.
- In der Spalte $[Abw.]^2$ wird das Quadrat der Differenz von $M_{v,Modell}^*$ zu $M_{v,ber}^*$ gebildet. Die Summe der einzelnen $[Abw.]^2$ -Werte wird bei $\sum[Abweichung]^2$ gebildet.

Im Excel-Solver können nun die Eingangswerte, sprich die zunächst noch beliebig gewählten Parameter, als veränderliche Zellen und die quadrierte Gesamtabweichungssumme, als Zielzelle, definiert werden. Mit dem Ziel, dass $\sum [\sum (Abweichung)^2]$ minimal wird, und mit der Bedingungen, dass der Parameter k_{ber} für jeden Stegblech-Neigungswinkel α gleich sein muss, werden die Eingangswerte so lange variiert, bis ein Minimum vorliegt. Die Eingangswerte, sprich alle Werte mit dem Index ber , sind nun ermittelt worden. Die Wahl der Endwerte erfolgt nun gemäß dem nachfolgenden Konzept:

- Die Parameter $m_{0,fin}^*$ und $m_{1,fin}^*$ in Tabelle 5.51 werden gewählt und mittels Gleichung 5.57 ergibt sich die Spalte $M_{v,fin}^*(\alpha)$. Die Endwerte können in Tabelle 5.48 - 5.50 eingesetzt werden.
- Der Parameter k_{fin} in Tabelle 5.48 - 5.50 wird gewählt und mittels Gleichung 5.56 ergibt sich die Spalte $K_{t,vm,fin}$.

Die Endwerte, sprich alle Werte mit dem Index fin , sind nun ermittelt, rückgerechnet bzw. gewählt worden. Die Funktion $K_{t,vm,fin}$ ist somit vollständig definiert und kann nun mit den Kerbfaktoren $K_{t,vm}$ aus Tabelle 5.36 verglichen werden. Der Vergleich von $K_{t,vm}$ mit $K_{t,vm,fin}$ wird in Abbildung 5.46 dargestellt.

Ausgangswerte für $K_{t,vm,Modell}$			Endwerte für $K_{t,vm,fin}$		
$M_{v,ber}^*$	-0,3147	berechnet	$M_{v,fin}^*(\alpha)$	-0,3129	gem. Tab. 5.51
k_{ber}	2,4898	berechnet	k_{fin}	2,4900	gewählt
M_v	$K_{t,vm}$	$K_{t,vm,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,vm,fin}$	$[Abw.]^2$
10,00	1,000	1,000	7,89 E-31	1,000	7,89 E-31
2,00	1,000	1,000	6,14 E-10	1,000	6,14 E-10
1,00	1,000	1,000	1,53 E-8	1,000	1,53 E-8
0,20	1,000	1,000	0,00 E+0	1,000	0,00 E+0
0,00	1,000	1,000	0,00 E+0	1,000	0,00 E+0
-0,03	0,917	0,917	1,47 E-7	0,917	1,42 E-7
-0,04	0,900	0,900	2,11 E-7	0,900	2,04 E-7
-0,07	0,833	0,834	5,87 E-7	0,834	5,68 E-7
-0,08	0,800	0,801	8,19 E-7	0,801	7,91 E-7
-0,3129		0,221		0,221	
-0,33	0,262	0,263	1,15 E-6	0,272	1,00 E-4
-0,40	0,428	0,429	9,76 E-8	0,438	8,59 E-5
-0,60	0,928	0,927	1,94 E-6	0,936	5,78 E-5
-0,6258		0,991		1,000	
-0,67	1,000	1,000	1,44 E-7	1,000	1,44 E-7
-0,80	1,000	1,000	2,45 E-11	1,000	2,45 E-11
-3,00	1,000	1,000	1,97 E-31	1,000	1,97 E-31
-4,00	1,000	1,000	1,97 E-31	1,000	1,97 E-31

Tabelle 5.48: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,vm,fin}$ für $\alpha = 90^\circ$

Ausgangswerte für $K_{t,vm,Modell}$			Endwerte für $K_{t,vm,fin}$		
$M_{v,ber}^*$	-0,3274	berechnet	$M_{v,fin}^*(\alpha)$	-0,3301	gem. Tab. 5.51
k_{ber}	2,4898	berechnet	k_{fin}	2,4900	gewählt
M_v	$K_{t,vm}$	$K_{t,vm,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,vm,fin}$	$[Abw.]^2$
10,00	1,000	1,000	4,93 E-32	1,000	4,93 E-32
2,00	1,000	1,000	5,62 E-10	1,000	5,62 E-10
1,00	1,000	1,000	4,93 E-32	1,000	4,93 E-32
0,20	1,000	1,000	5,62 E-10	1,000	5,62 E-10
0,00	1,000	1,000	0,00 E+0	1,000	0,00 E+0
-0,03	0,915	0,917	5,88 E-6	0,917	5,85 E-6
-0,04	0,898	0,900	8,36 E-6	0,900	8,31 E-6
-0,07	0,829	0,834	2,31 E-5	0,834	2,30 E-5
-0,08	0,795	0,801	3,33 E-5	0,801	3,31 E-5
-0,3301		0,191		0,178	
-0,33	0,192	0,199	5,88 E-5	0,186	3,06 E-5
-0,40	0,363	0,365	8,68 E-6	0,352	1,05 E-4
-0,60	0,874	0,863	1,13 E-4	0,850	5,65 E-4
-0,6602		1,000		1,000	
-0,67	0,998	1,000	5,36 E-6	1,000	5,36 E-6
-0,80	1,000	1,000	1,58 E-7	1,000	1,58 E-7
-3,00	1,000	1,000	1,40 E-8	1,000	1,40 E-8
-4,00	1,000	1,000	5,62 E-10	1,000	5,62 E-10

Tabelle 5.49: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,vm,fin}$ für $\alpha = 110^\circ$

Ausgangswerte für $K_{t,vm,Modell}$			Endwerte für $K_{t,vm,fin}$		
$M_{v,ber}^*$	-0,3481	berechnet	$M_{v,fin}^*(\alpha)$	-0,3472	gem. Tab. 5.51
k_{ber}	2,4898	berechnet	k_{fin}	2,4900	gewählt
M_v	$K_{t,vm}$	$K_{t,vm,Modell}$	$[Abw.]^2$	$K_{t,vm,fin}$	$[Abw.]^2$
10,00	1,000	1,00	5,04 E-8	1,000	5,04 E-8
2,00	1,000	1,00	4,08 E-8	1,000	4,08 E-8
1,00	1,000	1,00	5,04 E-8	1,000	5,04 E-8
0,20	1,000	1,00	2,01 E-9	1,000	2,01 E-9
0,00	1,000	1,00	0,00 E+0	1,000	0,00 E+0
-0,03	0,918	0,92	4,61 E-7	0,917	4,70 E-7
-0,04	0,901	0,90	6,87 E-7	0,900	7,00 E-7
-0,07	0,835	0,83	1,99 E-6	0,834	2,03 E-6
-0,08	0,803	0,80	2,91 E-6	0,801	2,97 E-6
-0,33	0,177	0,17	5,41 E-5	0,170	5,51 E-5
-0,3472		0,136		0,136	
-0,40	0,267	0,26	2,72 E-5	0,267	2,05 E-7
-0,60	0,760	0,76	4,64 E-8	0,765	2,52 E-5
-0,67	0,921	0,93	2,50 E-5	0,931	9,63 E-5
-0,6944		0,995		1,000	
-0,80	0,999	1,00	1,68 E-6	1,000	1,68 E-6
-3,00	1,000	1,00	1,13 E-7	1,000	1,13 E-7
-4,00	1,000	1,00	6,09 E-8	1,000	6,09 E-8

Tabelle 5.50: Ermittlung der Funktionswerte von $K_{t,vm,fin}$ für $\alpha = 130^\circ$

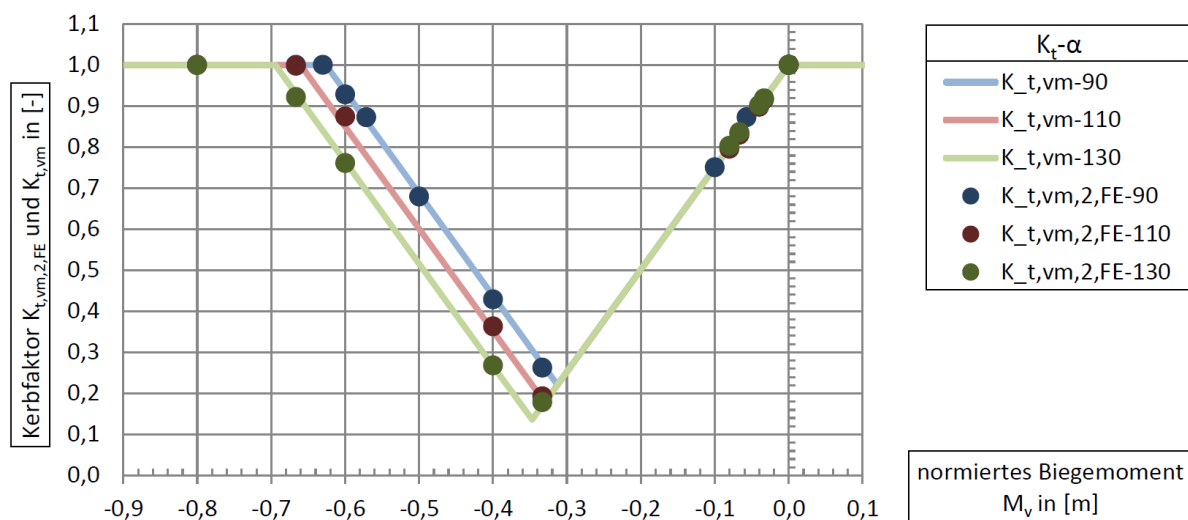


Abbildung 5.46: Darstellung der normierten Kerbfaktoren $K_{t,vm}$ und $K_{t,vm,2,FE}$ in Abhängigkeit vom normierten Biegemoment M_{norm}

Ausgangswerte für $M_{v,Modell}^*$			Endwerte für $M_{v,fin}^*(\alpha)$		
$m_{0,ber}^*$	-0,2359	berechnet	$m_{0,fin}^*$	-0,2359	gewählt
$m_{1,ber}^*$	-8,56 E-4	berechnet	$m_{1,fin}^*$	-8,56 E-4	gewählt
α [mm]	$M_{v,ber}^*$ gem. Tab. 5.48 - 5.50	$M_{v,Modell}^*$	$[Abw.]^2$	$M_{v,fin}^*(\alpha)$ für Tab. 5.48 - 5.50	
90	-0,3147	-0,3129	3,49 E-6	-0,3129	
110	-0,3274	-0,3300	6,62 E-6	-0,3301	
130	-0,3481	-0,3471	1,08 E-6	-0,3472	
$\sum [Abweichung]^2 =$			1,12 E-5		

Tabelle 5.51: Ermittlung der Funktionswerte für $M_{v,fin}^*$

5.4.5 Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v}$

Der Kerbfaktor $K_{t,v}$ kann durch das Einsetzen der finalen Parameter, welche in Kapitel 5.4.4.1 berechnet worden sind, nach Gleichung 5.59 ermittelt werden. Es wird dabei folgende Einheiten-Notation verwendet: a_{unten} , a_{oben} und t_{Steg} in [mm].

$$K_{t,v} = A + \left(\frac{a_{unten} - 15,8042}{B} \right)^2 + a_{oben} \cdot C$$

$$\text{mit : } A = 1,5753 + t_{Steg} \cdot 0,0775 \quad (5.59)$$

$$B = 15,8536 - t_{Steg} \cdot 0,2293$$

$$C = -0,1465 + t_{Steg} \cdot 0,00287$$

Der doppelt-normierte Kerbfaktor $K_{t,vn}$, sprich der Einfluss infolge V-N-Interaktion, kann durch das Einsetzen der finalen Parameter, welche in Kapitel 5.4.4.2 berechnet worden

sind, nach Gleichung 5.60 ermittelt werden. Es wird dabei folgende Einheiten-Notation verwendet: t_{Steg} in [mm], N und V in [kN].

$$K_{t,vn} = \begin{cases} 1 & \dots N_v \geq 0 \\ 1 + K \cdot N_v & \dots 0 > N_v \geq N_v^* \\ \frac{(N_v - 0,7837 \cdot N_v^*)^2}{N_v^2 - 1,5674 \cdot N_v \cdot N_v^* + 0,8130 \cdot (N_v^*)^2} & \dots N_v^* > N_v \end{cases} \quad (5.60)$$

$$\text{mit : } N_v^* = -7,4833 - [(t_{Steg} - 50,3358)/11,2331]^2$$

$$K = 0,0121 + t_{Steg} \cdot 0,00212$$

$$N_v = N/V$$

Der doppelt-normierte Kerbfaktor $K_{t,vm}$, sprich der Einfluss infolge V-M-Interaktion, kann durch das Einsetzen der finalen Parameter, welche in Kapitel 5.4.4.3 berechnet worden sind, nach Gleichung 5.61 ermittelt werden. Es wird dabei folgende Einheiten-Notation verwendet: α in [°], M in [kNm], V in [kN].

$$K_{t,vm} = \begin{cases} 1 & \dots M_v \geq 0 \\ 1 + 2,49 \cdot M_v & \dots 0 > M_v \geq M_v^* \\ 1 - 2,49 \cdot (M_v - 2M_v^*) & \dots M_v^* > M_v \geq 2M_v^* \\ 1 & \dots 2M_v^* > M_v \end{cases} \quad (5.61)$$

$$\text{mit : } M_v^* = -0,2359 - \alpha \cdot 0,000856$$

$$M_v = M/V$$

Unter der Voraussetzung, dass die Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$ durch die Kerbfunktion $\mathcal{A}_{k,K21,v}$ beschrieben werden, kann mit Hilfe von Gleichung 5.44 und 5.47 die nachfolgende Beziehung aufgestellt werden.

$$\frac{\max.|\sigma_{k,K21,v}|}{\sigma_{0,v}} = K_{t,v,FE} \in \mathcal{A}_{k,K21,v} = K_{t,v} \cdot K_{t,vn} \cdot K_{t,vm} \quad (5.62)$$

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v}$ kann, durch Umformen der Gleichung 5.62, wie folgt ausgedrückt werden:

$$\sigma_{k,K21,v} = \sigma_{0,v} \cdot K_{t,v} \cdot K_{t,vn} \cdot K_{t,vm} \quad (5.63)$$

Kapitel 6

Ermittlung der ermüdungsrelevanten Schnittgrößen

Für das betrachtete Trogbriicken-Detail wurden in Kapitel 5 die Formeln für die Berechnung der effektiven Kerbspannung σ_k an der kritischen Stelle $K21$ hergeleitet. Für die effektive Kerbspannung an den kritischen Stellen $K11$ und $K12$ können die Formeln gemäß [Schachinger, M., 2018] verwendet werden. Damit in einem abschließenden Kapitel entsprechende Schlussfolgerungen getroffen werden können, müssen für die Ermittlung der Bezugsspannung σ_0 zunächst noch die Schnittgrößen berechnet werden. Die numerische Analyse der Trogbriicke erfolgt mit Hilfe der FE-Software [DLUBAL RFEM 5.19.01].

6.1 Modellbildung der Trogbriicke

Die Trogbriicken-Geometrie wird nach der Regelstatik [Kuss, S.; Fink, J., 2006] gewählt, angepasst für das nachfolgend gelistete Parameterfeld. Der Regelquerschnitt ist in Abbildung 6.2 dargestellt. Die Durchbildung der Auflagerbereiche erfolgt ebenso in Anlehnung an die Regelstatik und wird für die jeweiligen Stegblech-Neigungswinkel entsprechend adaptiert.

- Brückenlänge - $L = 10,0; 12,5; 15,0; 17,5; 20,0$ in [m]
- Stegblechdicke - $t_{Steg} = 20; 30; 40$ in [mm]
- Stegblech-Neigungswinkel - $\alpha = 90; 110; 130$ in [°]

Es wird ein isotropes, linear elastisches Materialverhalten zugrunde gelegt. Für das Grobblech wird ein Baustahl S275NL und für die sonstigen Bleche wird ein Baustahl S355J2 gewählt. Die Lagerung erfolgt mit vier Knotenlagern, wobei unter jedem der beiden Endquerträger zwei Auflager angeordnet sind. Die jeweiligen Verschiebungs-Freiheitsgrade sind in Abbildung 6.1 dargestellt. Die X-Richtung liegt in Brückenlängsrichtung.

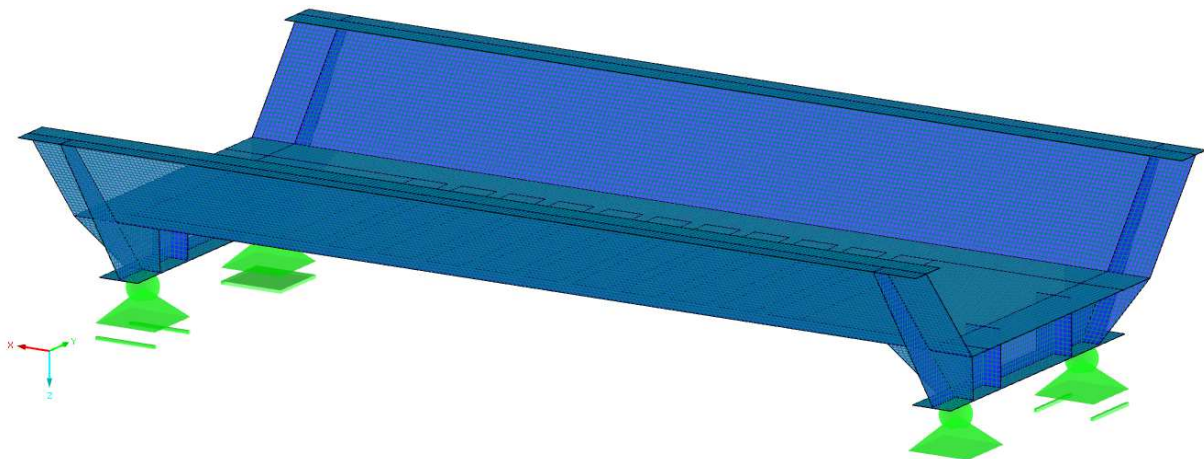


Abbildung 6.1: Darstellung der Lagerung mit Hilfe einer Trogbrückenisometrie. End-QS 1: Auflager-Nr. 1: $\boxtimes, \boxtimes, \boxtimes$, Auflager-Nr. 2: $\square, \boxtimes, \boxtimes$. End-QS 2: Auflager-Nr. 3: $\boxtimes, \square, \boxtimes$, Auflager-Nr. 4: $\square, \square, \boxtimes$ (x-, y-, z-Richtung).

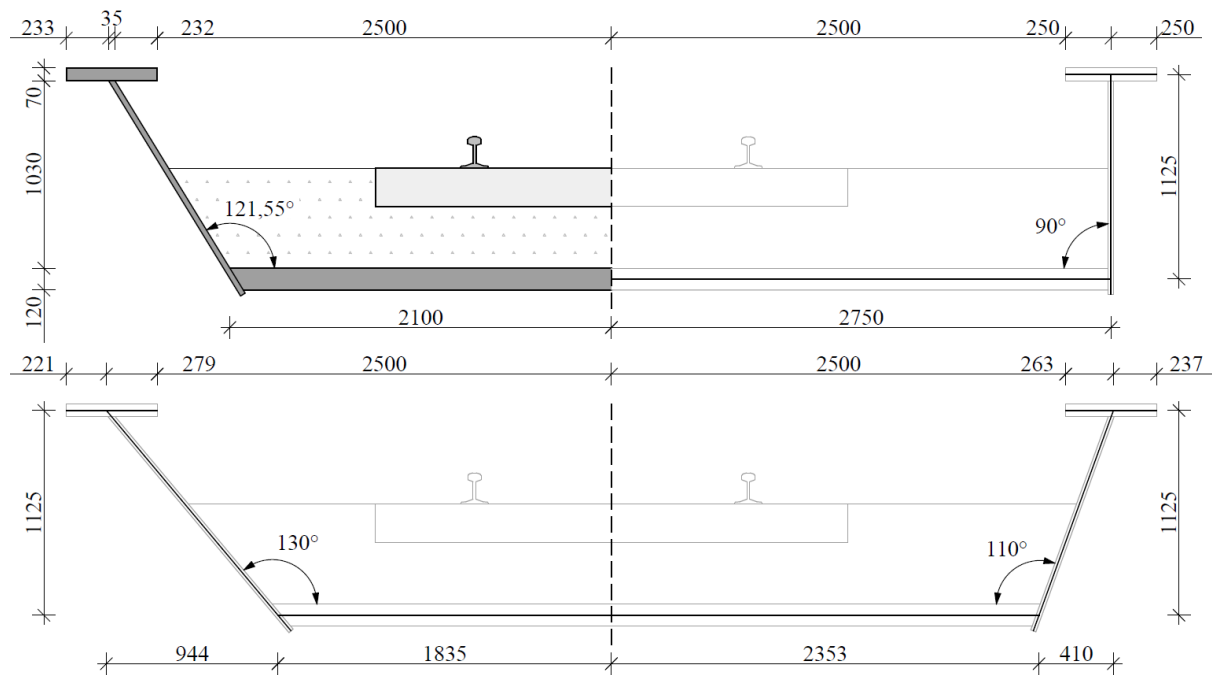


Abbildung 6.2: Trogbrückengeometrie im Regelbereich. Oben links: Grundgeometrie nach [Kuss, S.; Fink, J., 2006] als Ausgangslage. Oben rechts und unten: Systemskizzen mit den jeweiligen Stegblech-Neigungswinkeln α als Grundlage für die Schnittgrößenberechnung.

6.2 Belastung der Trogbücke

Bei der Belastung der Trogbücke wird zwischen ständigen und veränderlichen Lasten unterschieden, damit in weiterer Folge die ermüdungswirksamen Schnittgrößen in Anlehnung an Gleichung 6.6 berechnet werden können. Die Definition der jeweiligen Einwirkung erfolgt in den nachfolgenden Unterkapiteln. Eine Darstellung der qualitativen Lastgebiete für eine Trogbücke mit $L = 12,50$ m und $\alpha = 130^\circ$ ist den Abbildungen 6.3 und 6.4 zu entnehmen.

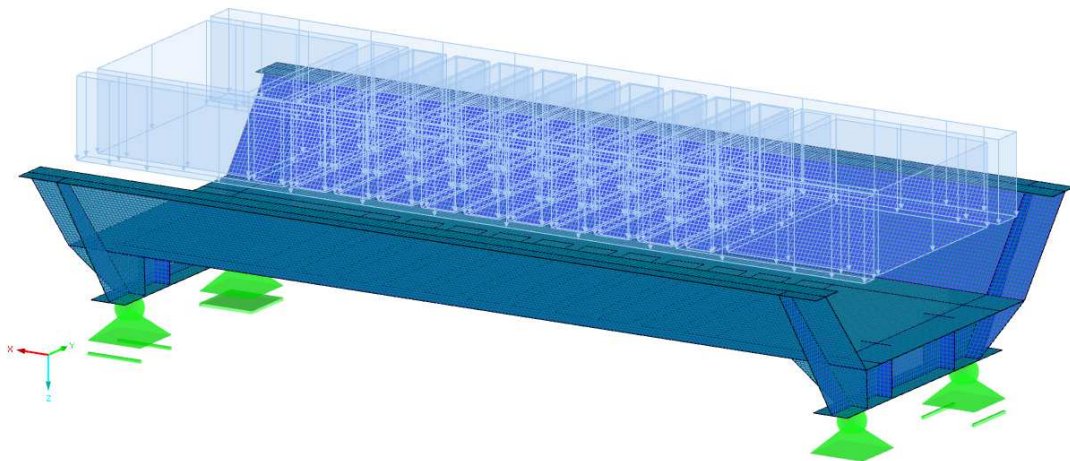


Abbildung 6.3: Trogbückenisometrie mit $L = 12,50$ m und $\alpha = 130^\circ$ inklusive der ständigen Lasten

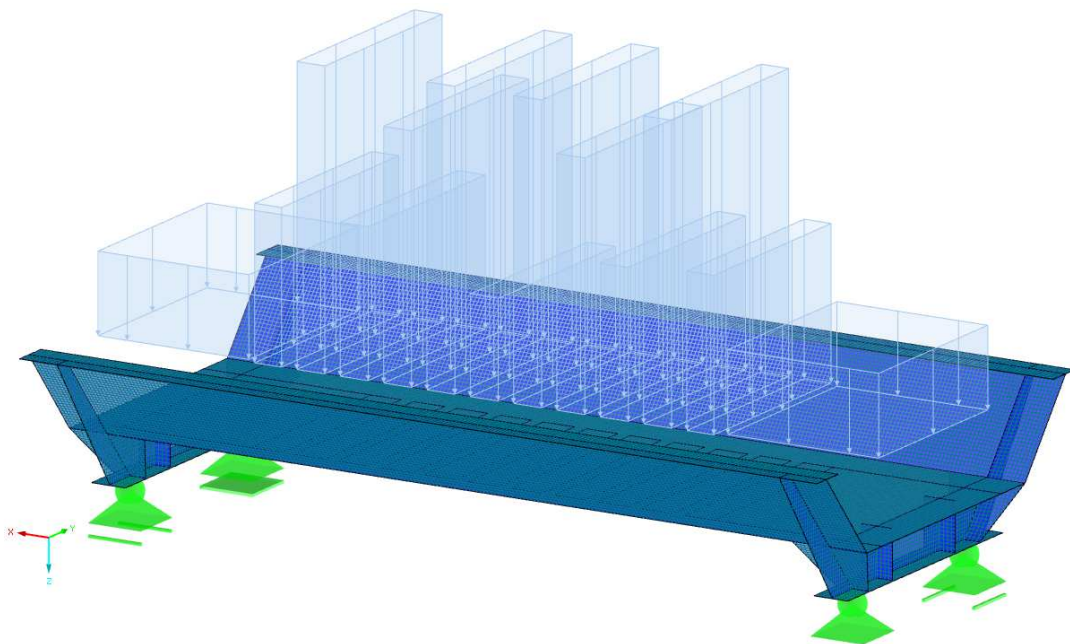


Abbildung 6.4: Trogbückenisometrie mit $L = 12,50$ m und $\alpha = 130^\circ$ inklusive dem Lastgebirge der veränderlichen Einwirkung infolge Eisenbahnverkehr (Lastmodell 71)

6.2.1 Ständige Lasten

Das Eigengewicht der Stahltrogbrücke wird selbstständig vom FE-Programm [*DLUBAL RFEM*] ermittelt. Die Ausbaulasten werden in Tabelle 6.1 als Flächenlast für das Fahrbahnblech definiert.

Ausbaulasten je α	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 110^\circ$	$\alpha = 130^\circ$
Schotterbett: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ $H = 550 \text{ mm}$	60,50 kN/m mit $A_{90} = 3,025 \text{ m}^2$	53,97 kN/m mit $A_{110} = 2,699 \text{ m}^2$	45,46 kN/m mit $A_{130} = 2,273 \text{ m}^2$
Schienen: 2x UIC60 inkl. Schienenbefestigung	1,70 kN/m	1,70 kN/m	1,70 kN/m
STB-Schwelle: $L \times B \times H = 2600 \times 210 \times 260 \text{ mm}$ Achsabstand $a = 600 \text{ mm}$ $\Delta\gamma = 25 - 20 = 5 \text{ kN/m}^3$	1,18 kN/m	1,18 kN/m	1,18 kN/m
$g_{\text{Ausbau}} =$	63,38 kN/m / 5,50 m 11,52 kN/m ²	56,86 kN/m / 4,71 m 12,08 kN/m ²	48,34 kN/m / 3,67 m 13,17 kN/m ²

Tabelle 6.1: Ermittlung der Ausbaulasten g_{Ausbau} bezogen auf die Fahrbahnblechbreite $b(\alpha)$

6.2.2 Veränderliche Lasten

Die Ermüdungsbelastung aus dem Eisenbahnverkehr ist gemäß [ÖNORM EN 1993-2, 2010, Abs. 9.2.1(1)] nach [ÖNORM EN 1991-2, 2012] zu bestimmen. Hier werden für die Abbildung der Eisenbahnlasten fünf Modelle angegeben, wobei für den Regelverkehr auf Hauptstrecken das Lastmodell 71 heranzuziehen ist. Dieses fiktive Lastmodell stellt den statischen Anteil der Einwirkungen aus dem Regelverkehr dar und wirkt als Vertikallast auf das Gleis (siehe Abbildung 6.5). Damit die real zu erwartenden Eisenbahnlasten, dynamische Einflüsse, etc. berücksichtigt werden, muss das fiktive Lastmodell 71 entsprechend angepasst werden. Die entsprechenden Faktoren sind nachfolgend definiert.

- Dynamischer Beiwert $\Phi(\Phi_2, \Phi_3)$: Dieser ergibt sich gemäß [ÖNORM EN 1991-2, 2012, Abs. 6.4.5] nach Gleichung 6.1, wobei von sorgfältig instand gehaltenen Gleisen ausgegangen wird.

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,20} + 0,82, \quad \text{mit } : 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67 \quad (6.1)$$

Die maßgebende Länge L_Φ ergibt sich gemäß [ÖNORM EN 1991-2, 2012, Tabelle 6.2, Fall 4.3] und der Plattenstützweite L nach Gleichung 6.2. Der gewählte Fall entspricht einer Fahrbahnplatte bei Trogbrücken mit einer Tragwirkung rechtwinkelig zu den Hauptträgern.

$$L_\Phi = 2 \cdot L + 3,00 \text{ m} \quad (6.2)$$

Die Plattenstützweiten L , maßgebenden Längen L_Φ und die dynamischen Beiwerte Φ_2 sind in Abhängigkeit vom Stegblech-Neigungswinkel α in Tabelle 6.2 gelistet.

Plattenstützweite nach Abb. 6.2	maßgebende Länge nach Gl. 6.2	dynamischer Beiwert nach Gl. 6.1
$L(\alpha = 90^\circ) = 5.500 \text{ mm}$	$L_\Phi(\alpha = 90^\circ) = 14.000 \text{ mm}$	$\Phi_2(\alpha = 90^\circ) = 1,23$
$L(\alpha = 110^\circ) = 4.707 \text{ mm}$	$L_\Phi(\alpha = 10^\circ) = 12.413 \text{ mm}$	$\Phi_2(\alpha = 110^\circ) = 1,25$
$L(\alpha = 130^\circ) = 3.671 \text{ mm}$	$L_\Phi(\alpha = 130^\circ) = 10.342 \text{ mm}$	$\Phi_2(\alpha = 130^\circ) = 1,30$

Tabelle 6.2: Ermittlung der dynamischen Beiwerte Φ_2

- Schadensäquivalenzfaktor λ : Dieser ist nach [ÖNORM EN 1993-2, 2010, Abs. 9.5.3] ein Produkt aus Teilfaktoren λ_i . Da für den vorliegenden Fall nur der Spannweitenbeiwert λ_1 relevant ist, ergibt sich der Schadensäquivalenzfaktor zu:

$$\lambda = \lambda_1 \leq \lambda_{max} = 1,40 \quad (6.3)$$

Der Spannweitenbeiwert λ_1 lässt sich nach [ÖNORM EN 1993-2, 2010, Abs. 9.5.3(4)] jedoch nicht zweifelsfrei für die vorliegende Trogbrücke definieren, wodurch zunächst eine Annahme getroffen wird. Für die vorab Abschätzung von λ_1 wird die Trogbrücke in Längs- und Querrichtung betrachtet.

- Längsrichtung - Das Fahrbahnblech wird an den Endpunkten gelenkig gelagert, wodurch die kritische Länge in Längsrichtung $L_{i,l}$ wie bei einem Einfeldträger mit der Spannweite L_l gewählt werden kann.
- Querrichtung - Das Fahrbahnblech und die biegesteif angeschweißten Stegbleche bilden ein Rahmensystem, welches durch die Obergurte gelagert wird. Die kritische Länge in Querrichtung $L_{i,q}$ kann somit durch den Feldbereich eines Durchlaufträgers beschrieben werden. Dies entspricht der Spannrichtung des Fahrbahnbleches in Querrichtung L_q .

Nach [ÖNORM EN 1993-2, 2010, Tab. 9.4] kann nun in Abhängigkeit der kritischen Länge der Spannweitenbeiwert linear interpoliert werden. Schlussendlich soll die Überlagerung der λ_1 -Werte je Richtung die kritische Länge in Form einer Einflussfläche approximieren (siehe Gleichung 6.4 und Tabelle 6.3).

$$\lambda_1 = \lambda_1(L_{i,l}) \cdot \lambda_1(L_{i,q}(\alpha)) \quad (6.4)$$

	α	90°	110°	130°
	$L_{i,q}(\alpha)$	5,50 m	4,71 m	3,67 m
$L_{i,l}$	λ_1	1,06	1,08	1,26
10 m	0,93	0,99	1,00	1,17
12,5 m	0,90	0,95	0,97	1,13
15 m	0,92	0,98	0,99	1,16
17,5 m	0,73	0,77	0,79	0,92
20 m	0,68	0,72	0,73	0,86

Tabelle 6.3: Überlagerung der Spannweitenbeiwerte λ_1 nach Gleichung 6.4

Für das gewählte Parameterfeld ergibt sich der Spannweitenbeiwert λ_1 im Mittel zu 0,95 und nach Gleichung 6.3 somit auch der Schadensäquivalenzfaktor λ . An dieser Stelle sei nochmals erwähnt, dass es sich hier um eine Annahme handelt, welche in weiterer Folge durch das Vorliegen neuer Erkenntnisse entsprechend geprüft werden muss.

- Teilsicherheitsbeiwert γ_{Ff} : Nach [ÖNORM EN 1993-2, 2010] wird der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Ff} für Ermüdungseinwirkung mit 1,00 angesetzt.

Der Anpassungsfaktor des fiktiven Lastmodells 71 auf eine reale Eisenbahnbelastung, ergibt sich zu $\Phi_2 \cdot \lambda$ und wird in Abhängigkeit vom Winkel α in Tabelle 6.4 gelistet.

Stegblech-Neigungswinkel - $\alpha =$	90°	110°	130°
Dynamischer Beiwert - $\Phi_2 =$	1,23	1,25	1,30
Schadensäquivalenzfaktor - $\lambda =$	0,95	0,95	0,95
Lastbeiwert - $\Phi_2 \cdot \lambda =$	1,17	1,19	1,24

Tabelle 6.4: Ermittlung des Anpassungsfaktors $\Phi_2 \cdot \lambda$

Die Lastanordnung und die charakteristischen Werte vom Lastmodell 71 sind in Abbildung 6.5 dargestellt. Es handelt sich dabei um vier Einzelkräfte $Q_{v,k}$ und um die beidseitig angrenzenden Linienlasten $q_{v,k}$.

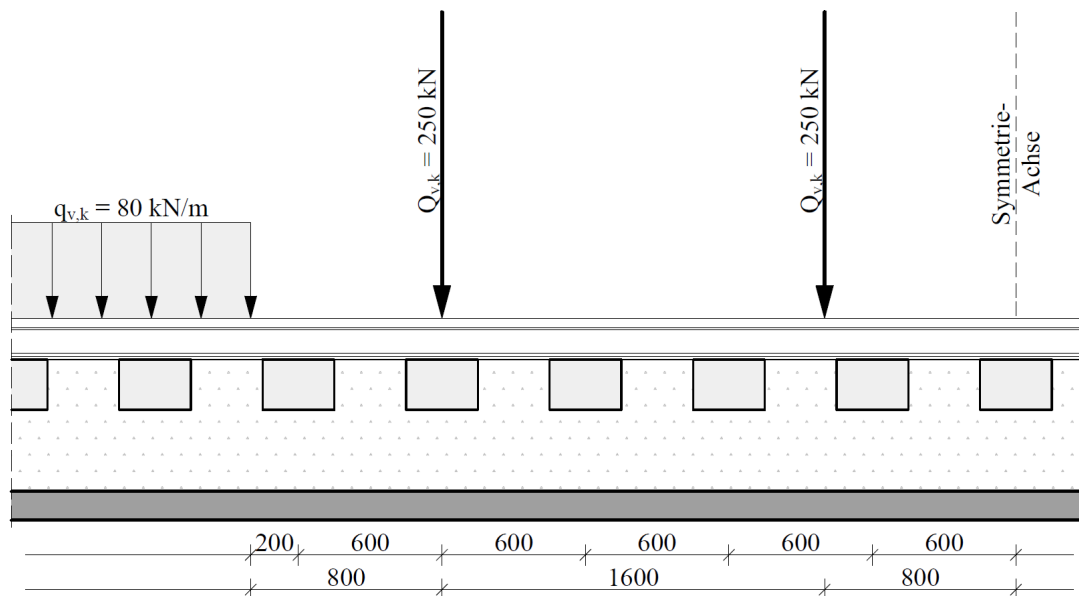


Abbildung 6.5: Darstellung der Achslasten des Lastmodells 71 in Anlehnung an die [ÖNORM EN 1993-2, 2010].

Für die Lastverteilung in Brücken-Längsrichtung und Brücken-Querrichtung wird eine Nennschotterhöhe mit 550 mm, sowie eine Betonschwelligeometrie nach [ÖNORM B 1991-2, 2018, Tab. 3] mit $B \times H \times L$ gleich 260 x 210 x 2600 mm zugrunde gelegt.

Nach [ÖNORM EN 1993-2, 2010, Abs. 6.3.6] ist eine Lastverteilung der Achslasten durch Schienen, Schwellen und Schotter möglich (siehe Abbildung 6.6). Die Einzellasten des Lastmodells 71 dürfen über drei Schienenstützpunkte verteilt werden. Die anschließende Lastausbreitung im Schotterbett darf mit einem Steigungs-Verhältnis von 4:1 erfolgen. Das daraus resultierende Lastbild wird in Abbildung 6.7 dargestellt.

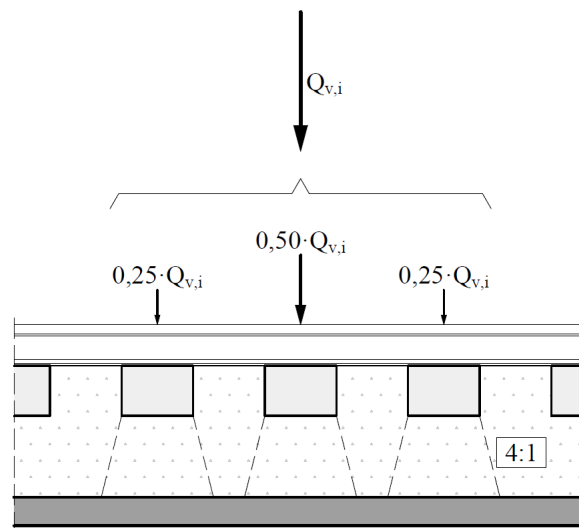


Abbildung 6.6: Lastverteilung in Brückenlängsrichtung von der Schienenoberkante bis zur Unterkante des Schotterbettes in Anlehnung an die [ÖNORM EN 1993-2, 2010].

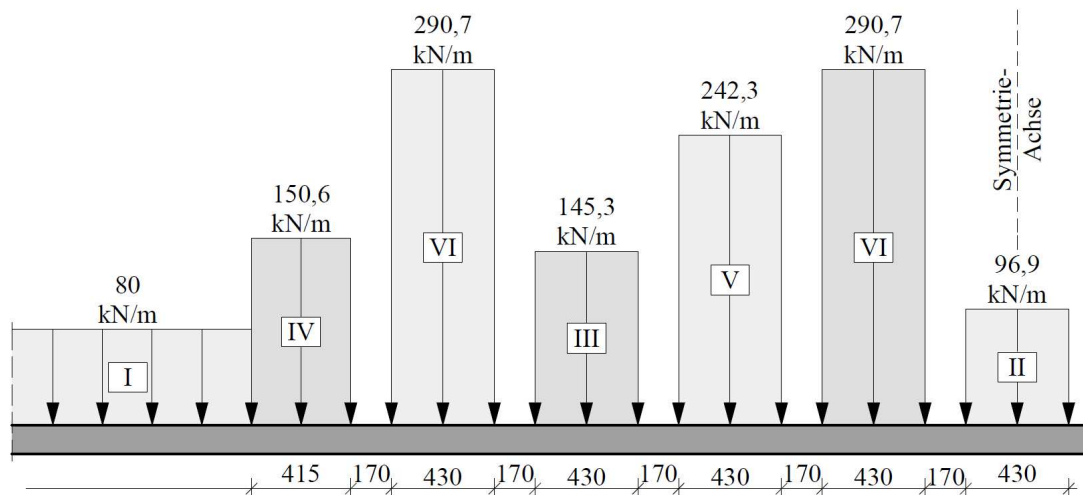


Abbildung 6.7: Lastbild mit den Linienlasten I bis VI in $[\text{kN/m}]$ nach erfolgter Lastverteilung in Brücken-Längsrichtung (siehe auch [Takács, P., 2018]).

Bei Brücken ohne Gleisüberhöhung mit Schotterbett können die Lasten auch in Querrichtung verteilt werden (siehe Abbildung 6.8). Bei einer Beton-Schwellenlänge von 2600

mm, einer Restschotterhöhe von $550 - 215 = 335$ mm und einer Lastausbreitung von 4:1 ergibt sich eine Querverteilungslänge mit $2600 + 2 \cdot (335/4) = 2767,5$ mm. Das daraus resultierende Lastbild wird in Abbildung 6.9 dargestellt.

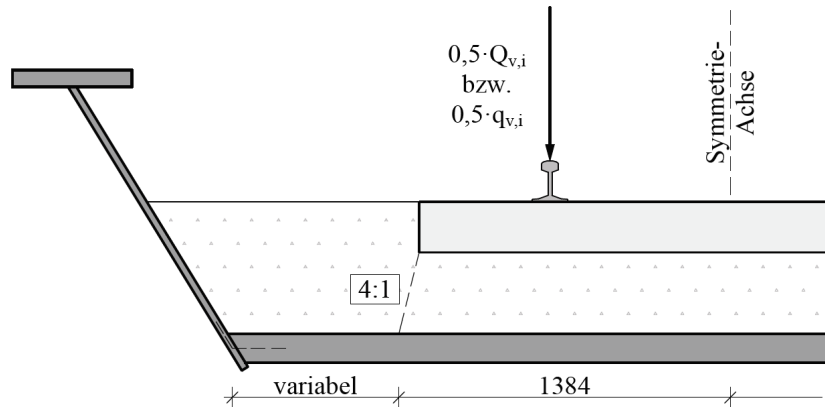


Abbildung 6.8: Lastverteilung in Brückenquerrichtung von der Schienenoberkante bis zur Unterkante des Schotterbettes in Anlehnung an die [ÖNORM EN 1993-2, 2010].

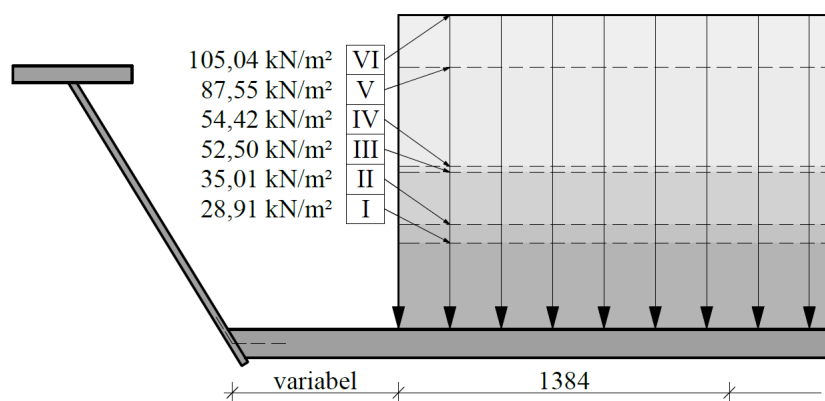


Abbildung 6.9: Lastbild mit den Flächenlasten I bis VI in $[\text{kN}/\text{m}^2]$ nach erfolgter Lastverteilung in Brücken-Längsrichtung und Brücken-Querrichtung.

6.3 Lastkombinationen und Nachweisführung

Im Allgemeinen ist der Ermüdungsnachweis für Eisenbahnbrücken aus Stahl ein Nachweis der Spannungsschwingspiele und kann durch die nachfolgende Gleichung gemäß [ÖNORM EN 1991-2, 2012, Abs. D2] erbracht werden.

$$\Phi_2 \cdot \lambda \cdot \Delta\sigma_{LM71} \leq \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} \quad (6.5)$$

Die Einwirkungsseite besteht aus dem Lastbeiwert $\Phi_2 \cdot \lambda$ gemäß Tabelle 6.4, und der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{LM71}$ aufgrund des Lastmodells 71. Die Widerstandsseite besteht aus dem Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_c$, welcher durch den Teilsicherheitsbeiwert der Ermüdungsfestigkeit γ_{Mf} abgemindert wird. Da im Endzustand eine Kontrolle der oberen Schweißnaht nicht mehr möglich ist, wird vom Konzept der ausreichenden Sicherheit gegen Ermüdungsversagen ohne Vorankündigung, sowie einer niedrigen Schadensfolgeklasse ausgegangen. Der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mf} ergibt sich nach [ÖNORM EN 1993-1-9, 2013, Tab. 3.1] zu $1,15^1$. Beim Ermüdungsnachweis mit effektiven Kerbspannungen werden strukturelle Diskontinuitäten und nichtlineare Kerbspannungskonzentration der Schweißnaht bereits auf der Einwirkungsseite berücksichtigt. Somit kann für den Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit die Dauerfestigkeit des ungekerbten Werkstoffes verwendet werden. Unter Verwendung der Normalspannungshypothese ist dies die FAT 225.

Für die Ermittlung der effektiven Kerbspannung sind noch Schnittgrößen SG notwendig (siehe Gleichung 6.6), mit denen die Bezugsspannung σ_0 berechnet werden kann.

$$SG(LM71, \text{Ständig}) - SG(\text{Ständig}) = SG(\text{Ermüdungswirksam}) \quad (6.6)$$

Die verwendeten Lastfälle und Lastkombination zur Ermittlung der ermüdungswirksamen Schnittgrößen werden in Tabelle 6.5 und 6.6 gelistet.

Lastfall	Bezeichnung
LF 1	Eigengewicht
LF 2	Ausbaulasten
LF 3	Lastmodell 71

Tabelle 6.5: Darstellung der Lastfälle

Lastkombination	Bezeichnung	Kombinatorik
LK 1	$SG(LM71, \text{Ständig})$	$(LF 1) + (LF 2) + \Phi_2 \cdot \lambda \cdot (LF 3)$
LK 2	$SG(\text{Ständig})$	$(LF 1) + (LF 2)$

Tabelle 6.6: Darstellung der Lastkombinationen und Kombinatorik

6.4 Ermittlung der Schnittgrößen mittels FEM

Die Brückengeometrie und ermüdungswirksame Belastung wurden bereits ausführlich diskutiert. Nachfolgend wird auf die Diskretisierung der Trogbrücke eingegangen. Die numerische Analyse erfolgt mit Hilfe der FE-Software [DLUBAL RFEM 5.19.01]. Bei diesem Programm handelt es sich um eine praxisbezogene Software. Die Art, Eigenschaften und

¹Wird von einer hohen Schadensfolgeklasse ausgegangen, so ergibt sich der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mf} zu 1,30. Eine Abstimmung mit dem Bauherrn (ÖBB) ist zwingend notwendig.

Durchbildung der finiten Elemente können aufgrund von Voreinstellungen, Netzgenerator, etc. nur bedingt Einfluss genommen werden. Für das FE-Netz der Trogbrücke wurde im regulären Bereich eine Maschenweite von 50 mm gewählt, sowie 25 mm im Bereich der Schnittgrößenentnahme (siehe Abbildung 6.11). Es wurde festgelegt, dass dort, wo es möglich ist gleiche, quadratische finite Elemente generiert werden und im Bereich mit komplizierter Geometrie drei- und allgemeine viereckige finite Elemente zum Einsatz kommen. Für weitere Information bezüglich der Elementeneigenschaften wird auf die [Dlubal Software GmbH, 2018] verwiesen. Die oben angegebene FE-Netzweite ist das Ergebnis einer Konvergenzstudie, welche für eine Brückenlänge $L = 20$ m, eine Stegblechdicke $t_{Steg} = 30$ mm und einen Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 130^\circ$ durchgeführt wurde. Die Ergebnisse werden in Tabelle 6.7 gelistet und eine Darstellung erfolgt in Abbildung 6.10.

Typ 1 in [mm]	Typ 2 in [mm]	Normalkraft in [kN/m]	Biegemoment in [kNm/m]	Querkraft in [kN/m]	Systemstelle in [m]
150	150	97,02	-0,54	-0,56	8,654
150	100	96,61	-0,54	-0,49	8,654
150	75	96,90	-0,54	-0,46	8,654
150	50	97,02	-0,54	-0,58	8,654
150	5	96,99	-0,54	-0,59	8,654
50	50	97,63	-0,55	-0,52	8,654
50	40	97,10	-0,55	-0,59	8,654
50	25	96,96	-0,55	-0,59	8,654
50	15	96,97	-0,55	-0,60	8,654
50	5	96,96	-0,55	-0,59	8,654

Tabelle 6.7: Konvergenzstudie der Trogbrücken-Schnittgrößen: Brückenlänge $L = 20$ m, Stegblechdicke $t_{Steg} = 30$ mm, Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 130^\circ$. Typ 1: regulärer FE-Bereich, Typ 2: verdichteter FE-Bereich.

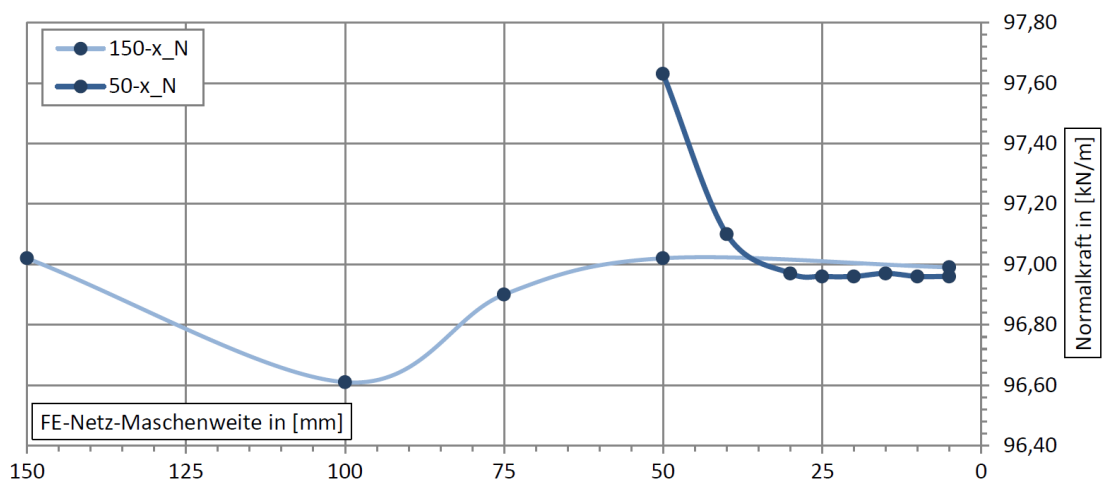


Abbildung 6.10: Darstellung der Normalkraft N in [kN/m] in Abhängigkeit von der verdichteten FE-Netzweite in [mm]; hellblau: FE-Netz im regulären Bereich mit einer Netzweite von 150 mm, dunkelblau: FE-Netz im regulären Bereich mit einer Netzweite von 50 mm.

Mit Hilfe der zuvor definierten Geometrie, Lasten, Lastkombinationen und Diskretisierung ist nun eine Berechnung der ermüdungswirksamen Schnittgrößen möglich. Die Entnahme von N , M und V muss genau über der oberen Schweißnaht erfolgen (siehe Abbildung 5.4). Da in weiterer Folge jedoch eine Vielzahl an Modellvarianten betrachtet wird und die entsprechende Entnahmestelle in der Querschnittsebene von den Parametern a_{oben} , β_1 , β_2 und β_3 abhängig ist, wurde als Kompromiss die obere Kante des Fahrbahnbleches herangezogen. Die Schnittführung an der Entnahmestelle, sowie die FE-Netz Verdichtung in diesem Bereich wird in Abbildung 6.11 dargestellt.

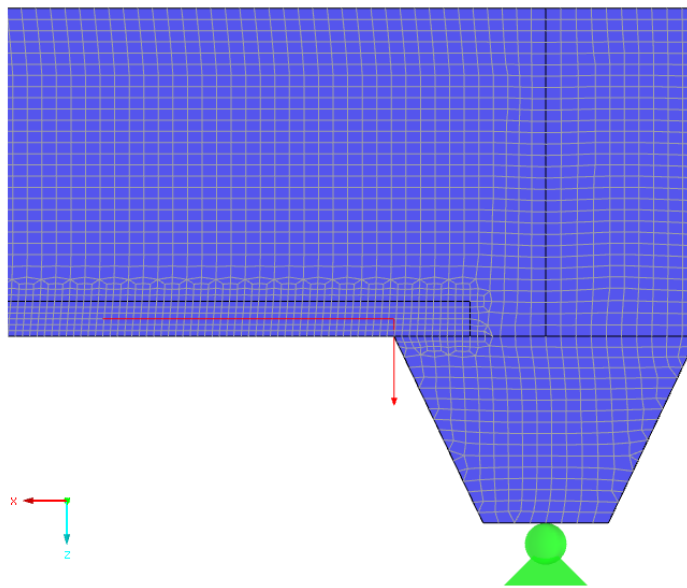


Abbildung 6.11: Seitenansicht des Stegblechs im Auflagerbereich mit Darstellung der Netzverdichtung entlang der roten Schnittgrößenentnahmestelle

Die Festlegung der Entnahmestelle, die Wahl der Leiteinwirkung und die Anordnung vom Lastmodell 71 erfolgt im Anhang E. Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass es ausreichend ist wenn die Schnittgrößen mit einer Laststellung in Feldmitte² ermittelt werden und für die Berechnung der effektiven Kerbspannungen die Schnittgrößenkombination mit der maximalen Normalkraft verwendet werden. Die Schnittgrößenverläufe werden in den Abbildungen 6.12 bis 6.14 dargestellt. Die Schnittgrößen zur Ermittlung der effektiven Kerbspannungen sind tabellarisch erfasst und können dem Anhang E entnommen werden.

²Unter einer *Laststellung in Feldmitte* wird verstanden, dass das Lastgebirge gemäß Abbildung 6.4 so angeordnet wird, dass sich dessen Mittelpunkt in Feldmitte befindet.

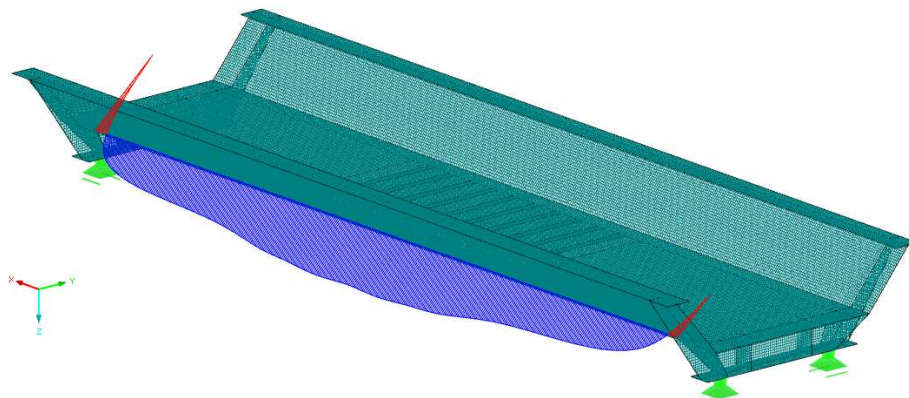


Abbildung 6.12: Schematischer Schnittgrößenverlauf der Normalkraft N (n_y gemäß $RFEM$) bei mittiger Zugstellung an der Entnahmestelle entlang der globalen X -Richtung.

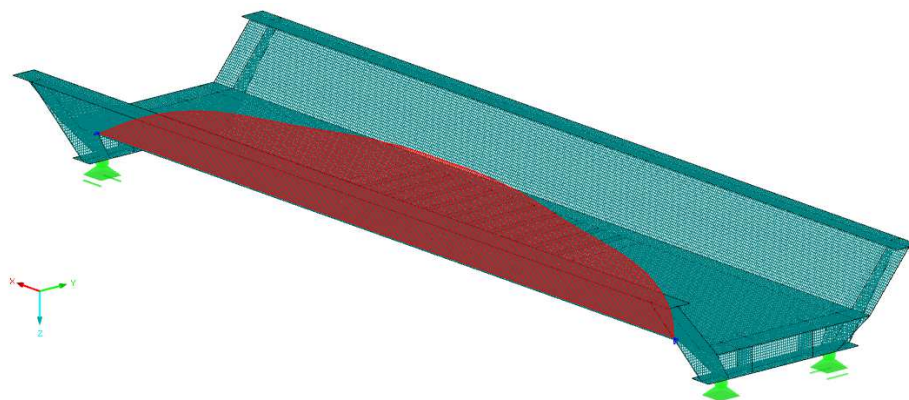


Abbildung 6.13: Schematischer SG-Verlauf des Biegemoments M (m_y gemäß $RFEM$) bei mittiger Zugstellung an der Entnahmestelle entlang der globalen X -Richtung.

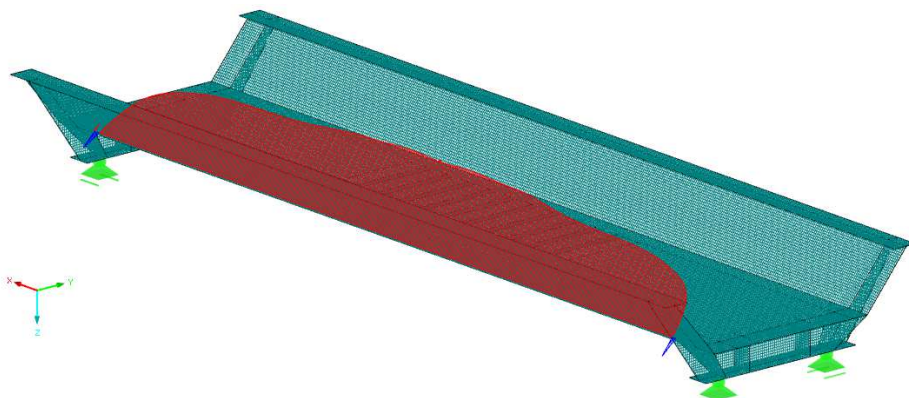


Abbildung 6.14: Schematischer Schnittgrößenverlauf der Querkraft V (v_y gemäß $RFEM$) bei mittiger Zugstellung an der Entnahmestelle entlang der globalen X -Richtung.

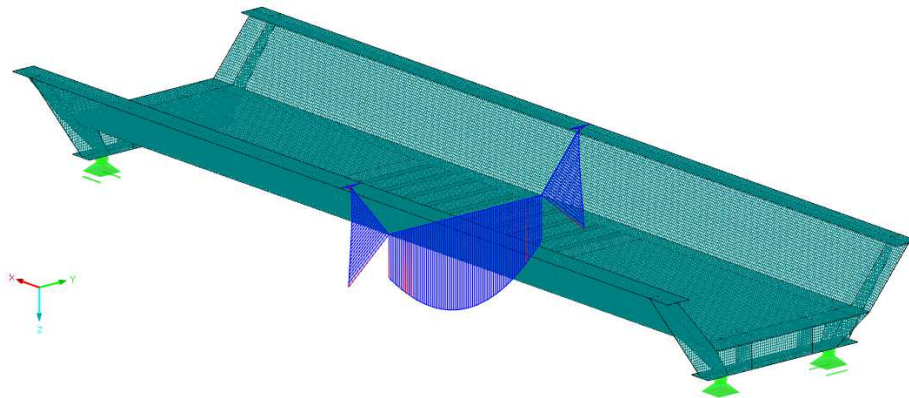


Abbildung 6.15: Schematischer Schnittgrößenverlauf der Normalkraft N (n_y gemäß $RFEM$) bei mittiger Zugstellung in Feldmitte entlang der globalen Y-Richtung.

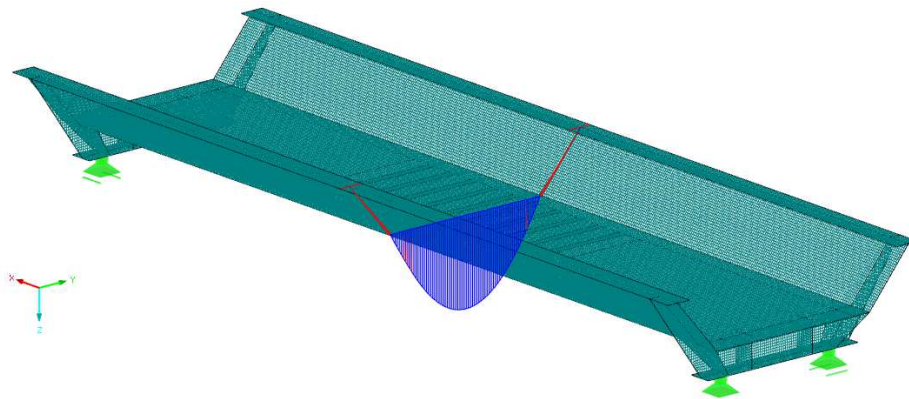


Abbildung 6.16: Schematischer SG-Verlauf des Biegemoments M (m_y gemäß $RFEM$) bei mittiger Zugstellung in Feldmitte entlang der globalen Y-Richtung.

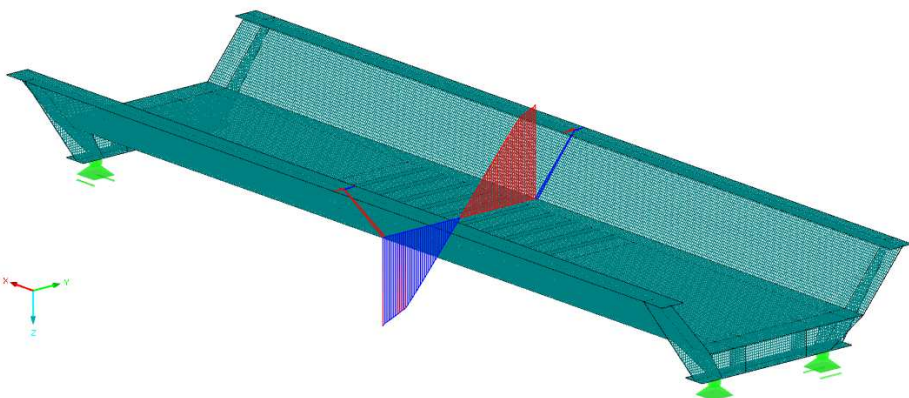


Abbildung 6.17: Schematischer Schnittgrößenverlauf der Querkraft V (v_y gemäß $RFEM$) bei mittiger Zugstellung in Feldmitte entlang der globalen Y-Richtung.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kapitel 7

Interpretation der Ergebnisse

Mit dem vollständigen Formelwerk zur Ermittlung der effektiven Kerbspannungen an den maßgebenden kritischen Stellen $K11$, $K12$ und $K21$ kann nun ein entsprechender Vergleich durchgeführt werden. Dazu ergeben sich die nachfolgenden Fragestellungen:

- Aufgrund welcher Parameter werden die jeweiligen kritischen Stellen maßgebend?
- Unterhalb welcher Schweißnahtdicke der SWu wird diese maßgebend?
- Warum ist an der SWu immer die Schweißnahtwurzel ($K21$) maßgebend?
- Wie beeinflussen sich die SWo und SWu gegenseitig?
- Kann der ermüdungsgünstige Bereich infolge der jeweiligen Schnittgrößeninteraktion mit den vorliegenden Schnittgrößen genutzt werden?

7.1 Vergleich der effektiven Kerbspannungen

Für die Behandlung der Fragestellung, aufgrund welcher Parameter die jeweiligen kritischen Stellen maßgebend werden, erfolgt zunächst die Ermittlung der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K11}$, $\sigma_{k,K12}$ und $\sigma_{k,K21}$ für verschiedene Parametervariationen. Die effektiven Kerbspannungen an der kritischen Stelle $K21$ können nach dem Formelwerk aus Kapitel 5 ermittelt werden, während die effektiven Kerbspannungen an den kritischen Stellen $K11$ und $K12$ mit Hilfe dem Formelwerk gemäß [Schachinger, M., 2018] ermittelt werden. Eine Darstellung erfolgt in den Abbildungen 7.1 bis 7.16. Um Übersichtlichkeit zu erreichen wurde jeder kritischen Stelle eine eigene Farbe zugeordnet:

- Kritische Stelle $K11$: *Orange* Linien.
- Kritische Stelle $K12$: *Grüne* Linien.
- Kritische Stelle $K21$: *Blaue* Linien.

Ebenso werden die Stegblechdicken einheitlich gekennzeichnet, einerseits durch eine entsprechende Farbsättigung und andererseits durch verschiedene Symboltypen. Befinden sich dreieckige Markierungen entlang einer Linie so repräsentiert diese die Stegblechdicke $t_{Steg} = 40$ mm (*dunkel*), bzw. bei viereckigen gleich 30 mm (*mittel*) und bei kreisförmigen gleich 20 mm (*hell*). Da die kritischen Stellen $K11$ und $K12$ von der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} unabhängig sind, erhält a_{unten} in der Legende bei den entsprechenden Modellbeschreibung x als Platzhalter. Für jeden Grundfall erfolgt eine Betrachtung mit dem Winkel β_3 gleich 155° beziehungsweise 100° , um den möglichen Wertebereich der effektiven Kerbspannung an der kritischen Stelle $K12$ abzubilden. Da die kritischen Stellen $K11$ und $K21$ vom Winkel β_3 unabhängig sind, erhält β_3 in der Legende bei den entsprechenden Modellbeschreibung y als Platzhalter. Für die kritische Stelle $K11$ wurden verschiedene Parametervariationen mit α , t_{Steg} und a_{oben} betrachtet und für die kritische Stelle $K21$ kommt zu den vorhin erwähnten Parametern noch die untere Schweißnahtdicke a_{unten} hinzu, wobei eine Betrachtung für 5 mm und 16 mm erfolgt. Außerdem wurden für eine entsprechende Übersichtlichkeit lediglich Modellvarianten mit einer oberen Schweißnahtdicke von $a_{oben} = 8$ mm betrachtet, die erlangten Erkenntnisse können aber sinngemäß auch für andere obere Schweißnahtdicken verwendet werden.

Zunächst werden Trogbögen-Geometrien mit dem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 130^\circ$ betrachtet. Die dazu ermittelten effektiven Kerbspannungen sind in Abbildung 7.1 dargestellt. Bei genauerer Betrachtung kann folgendes festgestellt werden.

- Die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K11$ (orange Linien) wird bei größeren Stegblechdicken am wenigsten durch die Brückenlänge L beeinflusst, wodurch ein annähernd konstanter Verlauf vorliegt. Eine gewisse Abhängigkeit liegt erst bei einer Abnahme der Stegblechdicke und einer Brückenlänge von 15 bis 20 m vor.
- Die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K12$ (grüne Linien) wird je nach Brückenlänge L infolge unterschiedlicher Stegblechdicken maßgebend. Bei kürzeren Spannweiten sorgt ein dickeres Stegblech für die größte effektive Kerbspannung, während bei größeren Spannweiten ein dünnerer Steg maßgebend wird. Für die effektiven Kerbspannungen an der kritischen Stelle $K21$ (blaue Linien) ist dies genau umgekehrt der Fall.
- Die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K12$ (grüne Linien) wird beim kerbgünstigen Winkel $\beta_3 = 155^\circ$ erst ab einer Brückenlänge L von rund 15 m von der Stegblechdicke abhängig.
- Die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ (blaue Linien) ist bei einem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 130^\circ$, größtenteils maßgebend und wird nur in wenigen Fällen von einer anderen kritischen Stelle abgelöst (siehe Tabelle 7.1 bis 7.3).

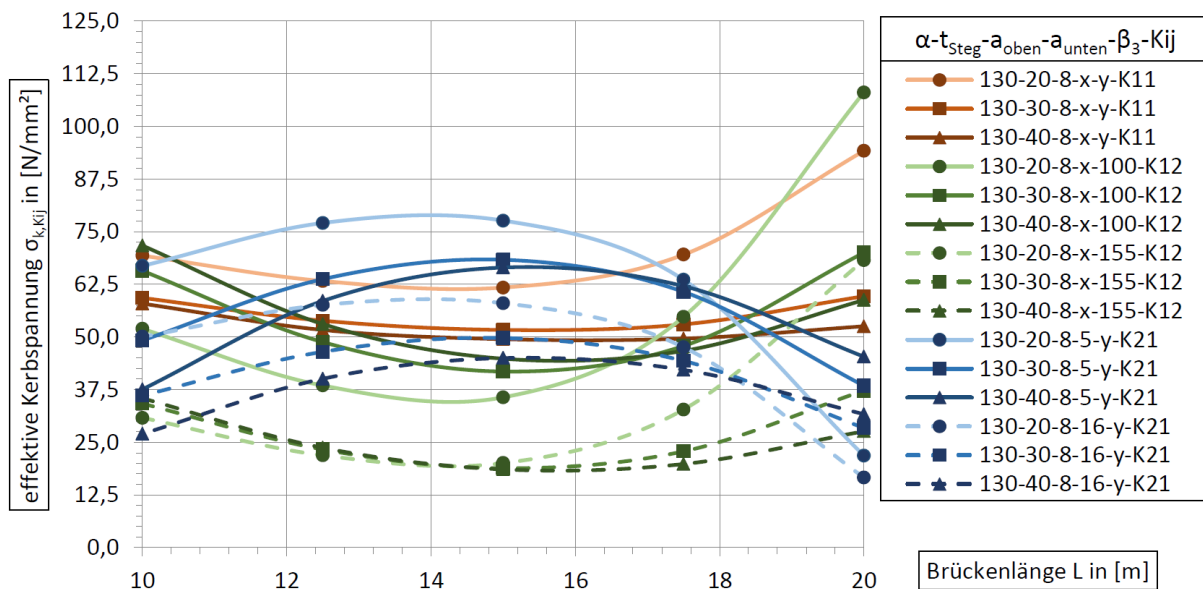


Abbildung 7.1: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Trogbögenlänge L in $[m]$, infolge Lastmodell 71 (mit $\Phi_2 \cdot \lambda$), für die Winkel $\alpha = 130^\circ$, $\beta_3 = 100$ und 155° ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

Zusammenfassend kann festhalten werden, dass bei einem Stegblech-Neigungswinkel von $\alpha = 130^\circ$ die größten effektiven Kerbspannungen an der Schweißnahtwurzel der SWu ($K21$) auftreten und nur in wenigen Fällen (siehe Tabelle 7.1 bis 7.3) eine andere kritische Stelle bemessungsrelevant wird.

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	17,2 bis 18,8		$K11$	17,2 bis 20,0
	$K12$	18,8 bis 20,0		$K12$	-
	$K21$	10,0 bis 17,2	$K21$	10,0 bis 17,2	
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	10,0 bis 18,8		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	18,8 bis 20,0		$K12$	-
	$K21$	-	$K21$	-	

Tabelle 7.1: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 130-20-8-x-y (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - β_3) gemäß Abbildung 7.2.

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	-		$K11$	Rest
	$K12$	Rest		$K12$	-
	$K21$	11,2 bis 18,4	$K21$	11,2 bis 18,4	
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	11,2 bis 18,4		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	Rest		$K12$	-
	$K21$	-	$K21$	-	

Tabelle 7.2: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 130-30-8-x-y (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - β_3) gemäß Abbildung 7.3.

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	-		$K11$	Rest
	$K12$	Rest		$K12$	-
	$K21$	12,1 bis 19,0	$K21$	11,8 bis 19,2	
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	13,1 bis 18,2		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	Rest		$K12$	-
	$K21$	-	$K21$	-	

Tabelle 7.3: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 130-40-8-x-y (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - β_3) gemäß Abbildung 7.4.

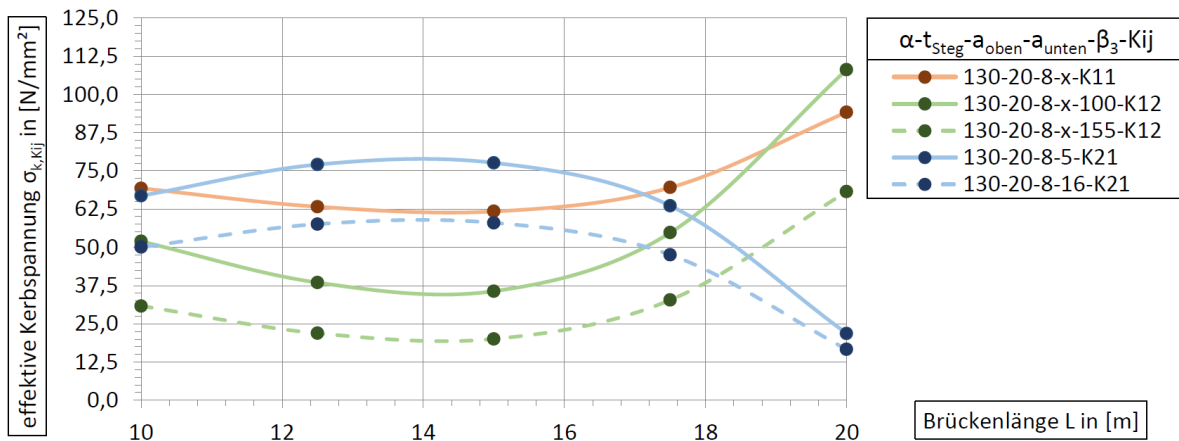


Abbildung 7.2: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 130^\circ$ und $t_{Steg} = 20$ mm ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

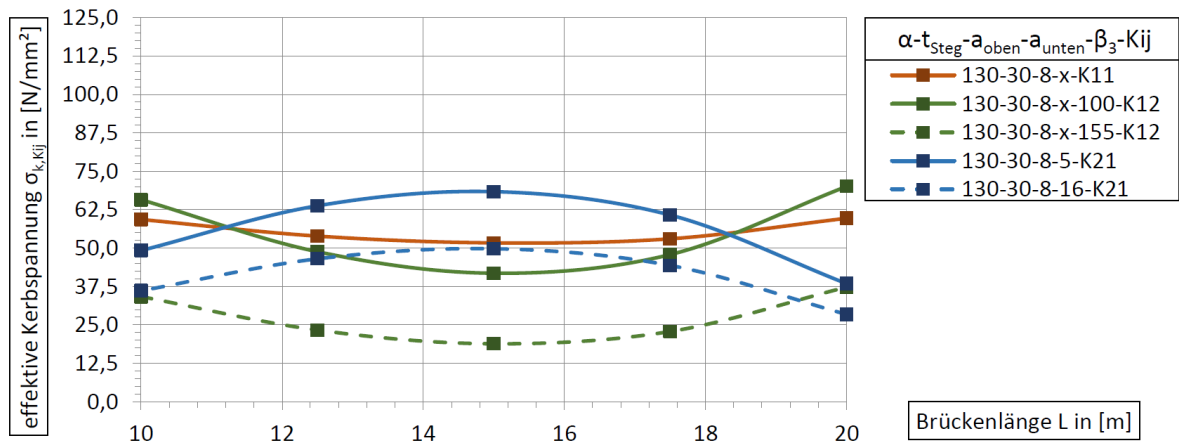


Abbildung 7.3: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 130^\circ$ und $t_{Steg} = 30$ mm ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

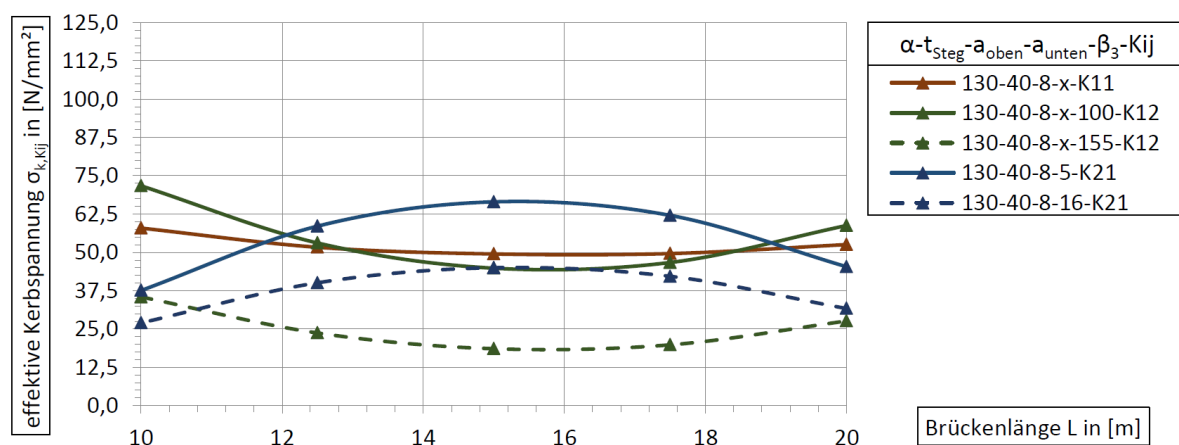


Abbildung 7.4: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 130^\circ$ und $t_{Steg} = 40$ mm ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

Nachfolgend werden Trogbrücken-Geometrien mit dem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 110^\circ$ betrachtet. Die dazu ermittelten effektiven Kerbspannungen sind in Abbildung 7.5 dargestellt. Bei genauerer Betrachtung kann folgendes festgestellt werden.

- Die effektive Kerbspannung an den kritischen Stellen $K11$ (orange Linien) und $K12$ (grüne Linien) ist bei einem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 110^\circ$ immer maßgebend. Die SWu wird bei dem vorliegenden Stegblech-Neigungswinkel nie relevant.
- Die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K12$ (grüne Linien) wird wiederum je nach Brückenlänge L infolge unterschiedlicher Stegblechdicken maßgebend. Bei einer Spannweite von $L \leq 14$ m ($\beta_3 = 155^\circ$) beziehungsweise $L \leq 15$ m ($\beta_3 = 100^\circ$) ergibt ein dickeres Stegblech die größte effektive Kerbspannung, während ansonsten ein dünnerer Steg maßgebend wird. An den sonstigen kritischen Stellen ist entlang des gesamten Wertebereichs der Brückenlänge ein dünnes Stegblech maßgebend.
- Die effektiven Kerbspannungen werden mit zunehmender Brückenlänge L nicht mehr durch diese beeinflusst und so liegt ein annähernd konstanter Verlauf vor. Am ausgeprägtesten ist dieser Umstand, wie schon bei einem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 130^\circ$, bei der kritischen Stelle $K11$.

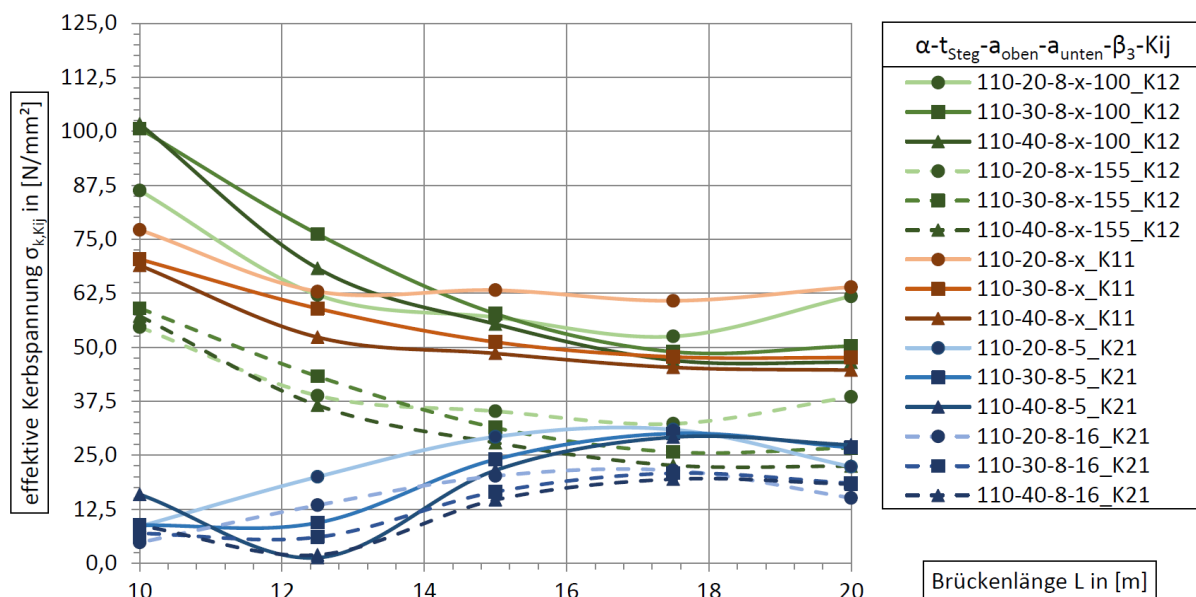


Abbildung 7.5: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Trogbrückenlänge L in $[m]$, infolge Lastmodell 71 (mit $\Phi_2 \cdot \lambda$), für die Winkel $\alpha = 110^\circ$, $\beta_3 = 100$ und 155° ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-K_{ij}$).

Zusammenfassend kann festhalten werden, dass bei einem Stegblech-Neigungswinkel von $\alpha = 110^\circ$ die größten effektiven Kerbspannungen an der SWo ($K11$, $K12$) auftreten und die SWu nie bemessungsrelevant wird. Da die SWo jedoch so ausgebildet werden soll, dass die Kerbe der $K12$ möglich *kerbgünstig* ist (großer Winkel β_3 , siehe auch [Schachinger, M., 2018]), verbleibt die Schweißnahtwurzel der SWo ($K11$) als bemessungsrelevante Stelle (siehe Tabelle 7.4 bis 7.6).

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	12,4 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 12,4		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	12,4 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 12,4		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-

Tabelle 7.4: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 110-20-8-x-y (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - β_3) gemäß Abbildung 7.6.

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	-		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 20,0		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	-		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 20,0		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-

Tabelle 7.5: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 110-30-8-x-y (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - β_3) gemäß Abbildung 7.7.

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	-		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 20,0		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	-		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 20,0		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-

Tabelle 7.6: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 110-40-8-x-y (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - β_3) gemäß Abbildung 7.8.

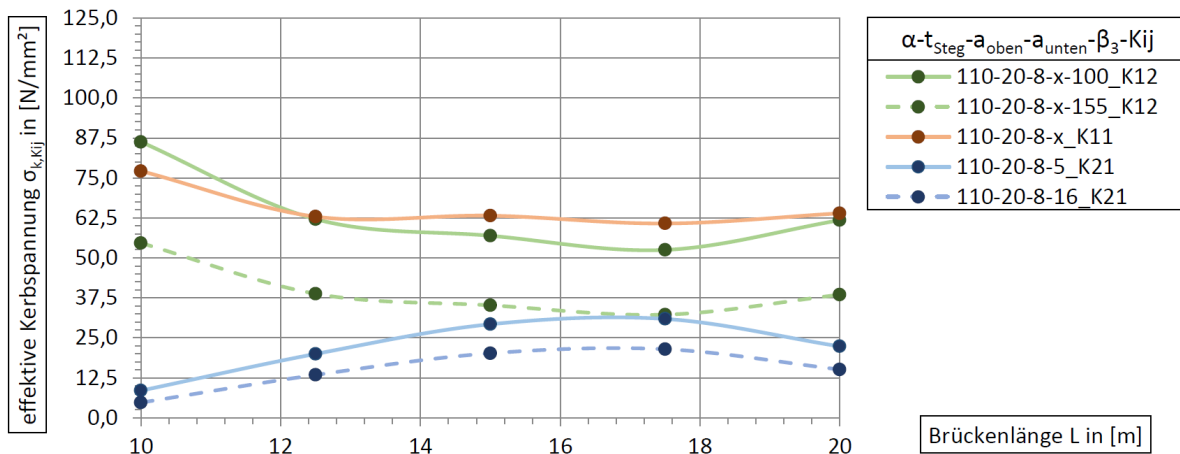


Abbildung 7.6: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 110^\circ$ und $t_{Step} = 20$ mm ($\alpha-t_{Step}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

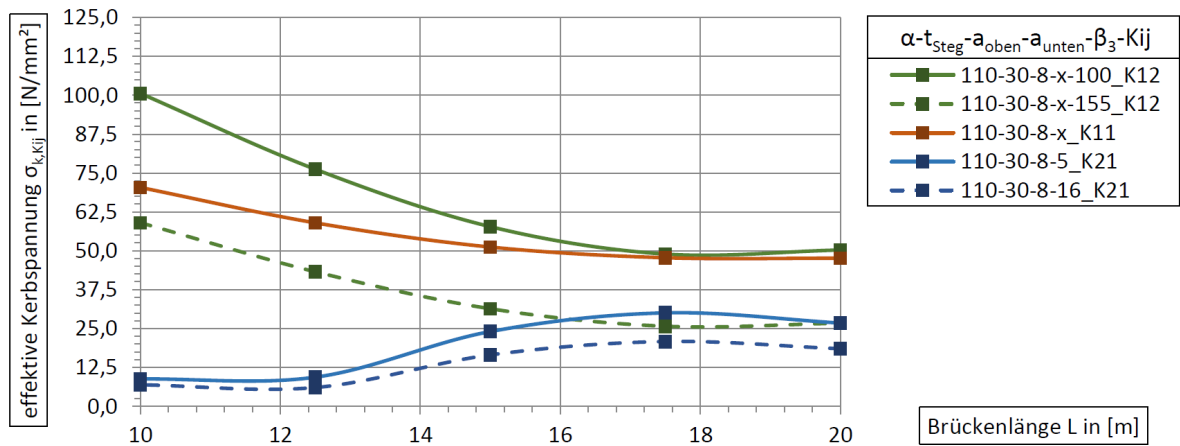


Abbildung 7.7: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 110^\circ$ und $t_{Step} = 30$ mm ($\alpha-t_{Step}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

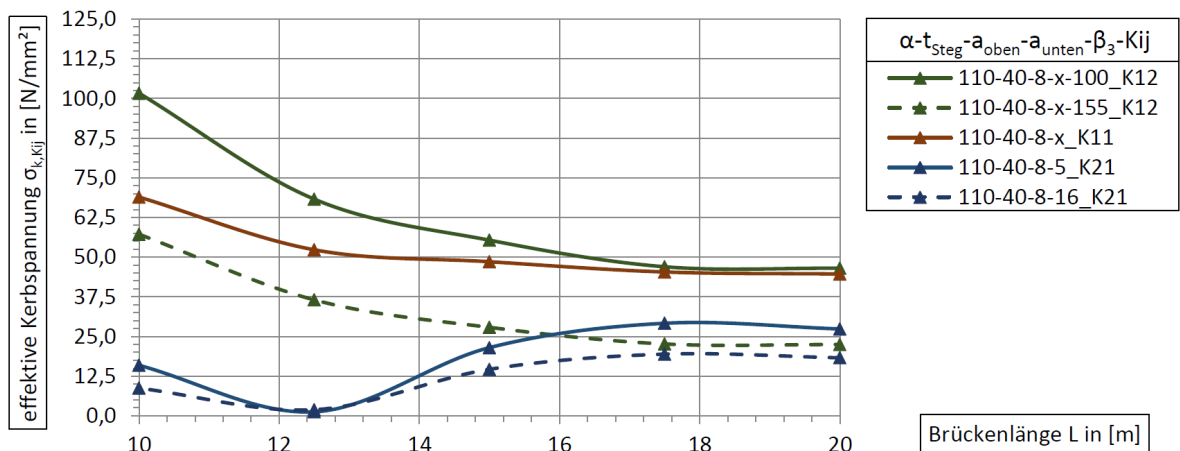


Abbildung 7.8: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 110^\circ$ und $t_{Step} = 40$ mm ($\alpha-t_{Step}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

Als drittes werden Geometrien mit dem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 90^\circ$ betrachtet. Die dazu ermittelten effektiven Kerbspannungen sind in Abbildung 7.9 dargestellt. Bei genauerer Betrachtung kann folgendes festgestellt werden.

- Die effektive Kerbspannung an den kritischen Stellen $K11$ (orange Linien) und $K12$ (grüne Linien) sind bei einem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 110^\circ$ wiederum immer maßgebend. Die SWu wird bei dem vorliegenden Stegblech-Neigungswinkel nie relevant.
- Die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K12$ (grüne Linien) wird wiederum je nach Brückenlänge L infolge unterschiedlicher Stegblechdicken maßgebend. Bei einer Spannweite von $L \leq 11,2$ m ($\beta_3 = 155^\circ$) beziehungsweise $L \leq 13,2$ m ($\beta_3 = 100^\circ$) ergibt ein dickeres Stegblech die größte effektive Kerbspannung, während ansonsten ein dünneres Stegblech maßgebend wird. Für die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ (blaue Linien) ist dies ebenfalls der Fall. Für die kritische Stelle $K11$ (orange Linien) ist entlang des gesamten Wertebereichs der Brückenlänge ein dünnes Stegblech maßgebend.

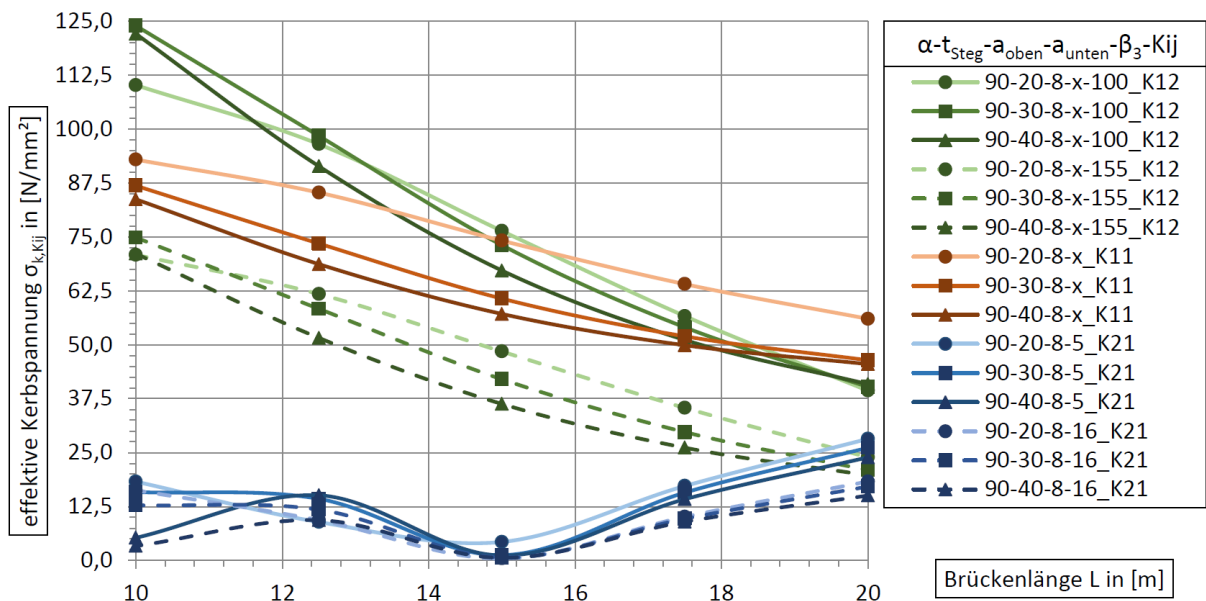


Abbildung 7.9: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Trogbrückenlänge L in $[m]$, infolge Lastmodell 71 (mit $\Phi_2 \cdot \lambda$), für die Winkel $\alpha = 90^\circ$, $\beta_3 = 100$ und 155° ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

Zusammenfassend kann wie schon zuvor bei $\alpha = 110^\circ$ festhalten werden, dass bei einem Stegblech-Neigungswinkel von $\alpha = 90^\circ$ die größten effektiven Kerbspannungen an der SWo ($K11, K12$) auftreten und die SWu nie bemessungsrelevant wird. Da die SWo jedoch so ausgebildet werden soll, dass die Kerbe der $K12$ möglich *kerbgünstig* ist (großer Winkel β_3 , siehe auch [Schachinger, M., 2018]), verbleibt die Schweißnahtwurzel der SWo ($K11$) als bemessungsrelevante Stelle (siehe Tabelle 7.7 bis 7.9).

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	15,6 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 15,6		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	15,6 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 15,6		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-

Tabelle 7.7: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 90-20-8-x-y ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3$) gemäß Abbildung 7.10.

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	18,2 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 18,2		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	18,2 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 18,2		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-

Tabelle 7.8: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 90-30-8-x-y ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3$) gemäß Abbildung 7.11.

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	17,8 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 17,8		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	17,8 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 17,8		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-

Tabelle 7.9: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 90-40-8-x-y ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3$) gemäß Abbildung 7.12.

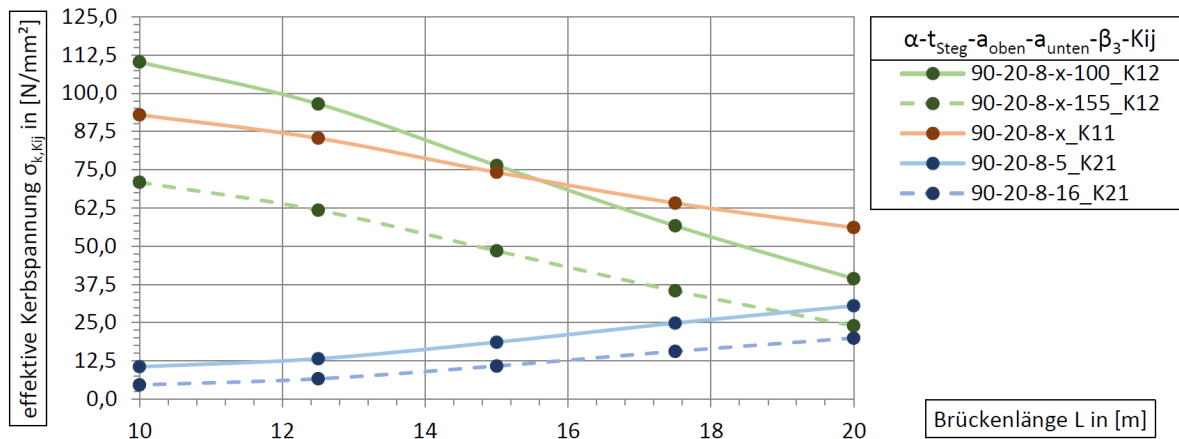


Abbildung 7.10: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 90^\circ$ und $t_{Steg} = 20$ mm ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

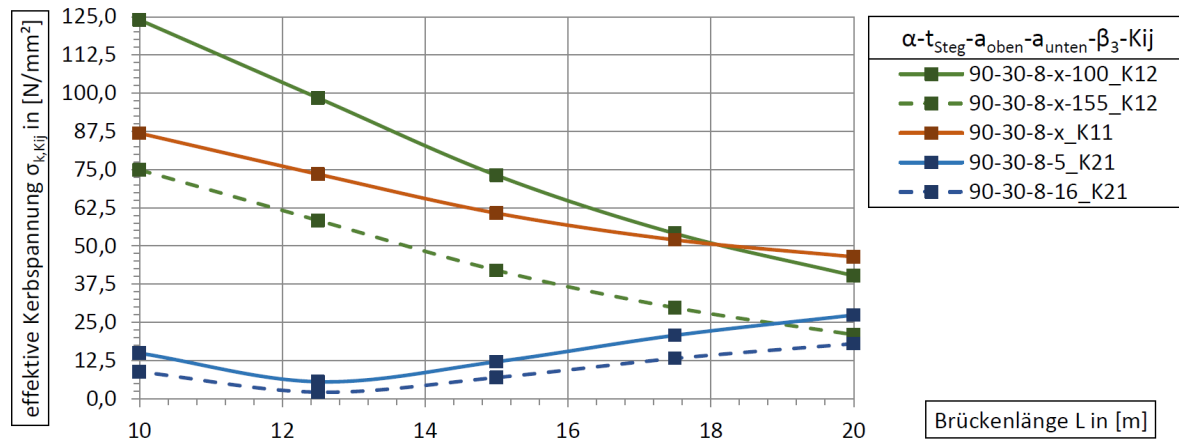


Abbildung 7.11: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 90^\circ$ und $t_{Steg} = 30$ mm ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

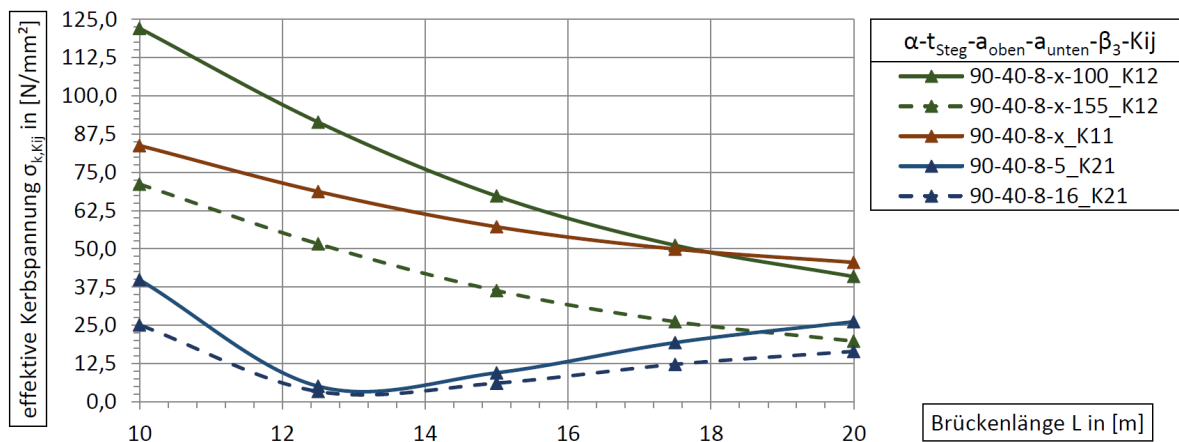


Abbildung 7.12: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 90^\circ$ und $t_{Steg} = 40$ mm ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

Schließlich werden noch die effektiven Kerbspannungen bei dem Winkel $\alpha = 120^\circ$ betrachtet. Die dazu ermittelten effektiven Kerbspannungen werden in Abbildung 7.13 dargestellt. Bei genauerer Betrachtung kann folgendes festgestellt werden.

- Die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K11$ (orange Linien) wird bei größeren Stegblechdicken am wenigsten durch die Brückenlänge L beeinflusst, wodurch ein annähernd konstanter Verlauf vorliegt. Eine gewisse Abhängigkeit liegt erst bei einer Abnahme der Stegblechdicke und einer Brückenlänge von 15 bis 20 m vor.
- Die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K12$ (grüne Linien) wird je nach Brückenlänge L infolge unterschiedlicher Stegblechdicken maßgebend. Bei kürzeren Spannweiten sorgt ein dickeres Stegblech für die größte effektive Kerbspannung, während bei größeren Spannweiten ein dünnerer Steg maßgebend wird. Für die effektiven Kerbspannungen an der kritischen Stelle $K21$ (blaue Linien) ist dies genau umgekehrt der Fall.
- Die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K12$ (grüne Linien) wird beim kerbgünstigen Winkel $\beta_3 = 155^\circ$ erst ab einer Brückenlänge L von rund 15 m von der Stegblechdicke abhängig.
- Die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ (blaue Linien) ist bei einem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 120^\circ$, sowie einer entsprechenden Nahtdicke der SWu oft maßgebend und wird nur in gewissen Fällen von einer anderen kritischen Stelle abgelöst (siehe Tabelle 7.10 bis 7.12).

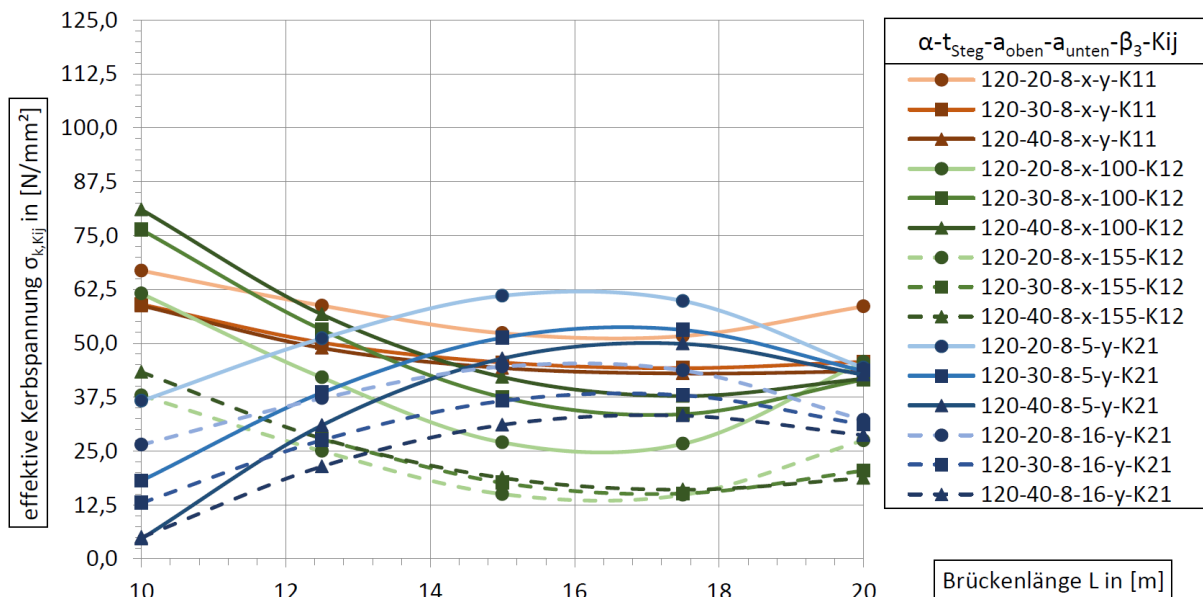


Abbildung 7.13: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Trogbrückenlänge L in $[m]$, infolge Lastmodell 71 (mit $\Phi_2 \cdot \lambda$), für die Winkel $\alpha = 120^\circ$, $\beta_3 = 100$ und 155° ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

Zusammenfassend kann festhalten werden, dass bei einem Stegblech-Neigungswinkel von $\alpha = 120^\circ$ die größten effektiven Kerbspannungen an der Schweißnahtwurzel der SWu ($K21$) oder jener der SWo ($K11$) auftreten (siehe Tabelle 7.10 bis 7.12).

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	Rest		$K11$	Rest
	$K12$	-		$K12$	-
	$K21$	13,3 bis 18,6		$K21$	13,3 bis 18,6
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	10,0 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	-		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-

Tabelle 7.10: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 120-20-8-x-y ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3$) gemäß Abbildung 7.14.

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	Rest		$K11$	Rest
	$K12$	10,0 bis 13,1		$K12$	-
	$K21$	14,0 bis 19,5		$K21$	14,0 bis 19,5
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	13,1 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 13,1		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-

Tabelle 7.11: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 120-30-8-x-y ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3$) gemäß Abbildung 7.15.

$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 5 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	-		$K11$	10,0 bis 14,4
	$K12$	10,0 bis 14,4		$K12$	-
	$K21$	14,4 bis 20,0		$K21$	14,4 bis 20,0
$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 100^\circ$	Brückenlänge L in [m]		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$ $\beta_3 = 155^\circ$	Brückenlänge L in [m]	
	$K11$	14,4 bis 20,0		$K11$	10,0 bis 20,0
	$K12$	10,0 bis 14,4		$K12$	-
	$K21$	-		$K21$	-

Tabelle 7.12: Auflistung der maßgebenden kritischen Stellen K_{ij} in Abhängigkeit von der Brückenlänge L für 120-40-8-x-y ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3$) gemäß Abbildung 7.16.

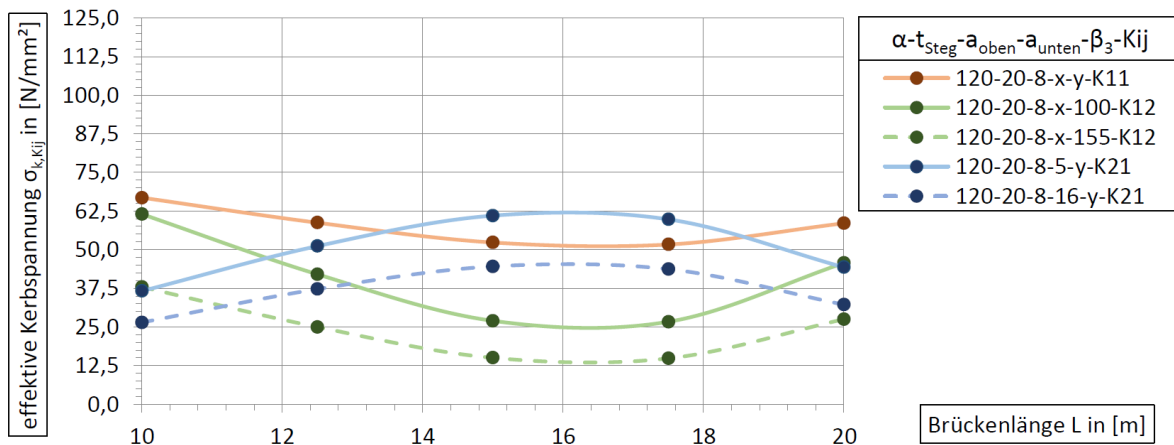


Abbildung 7.14: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 120^\circ$ und $t_{Steg} = 20$ mm ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

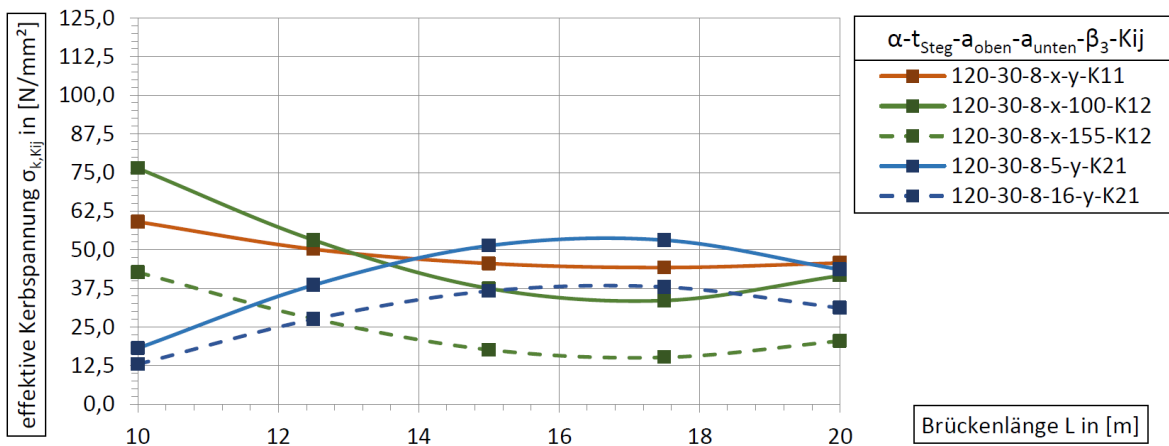


Abbildung 7.15: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 120^\circ$ und $t_{Steg} = 30$ mm ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

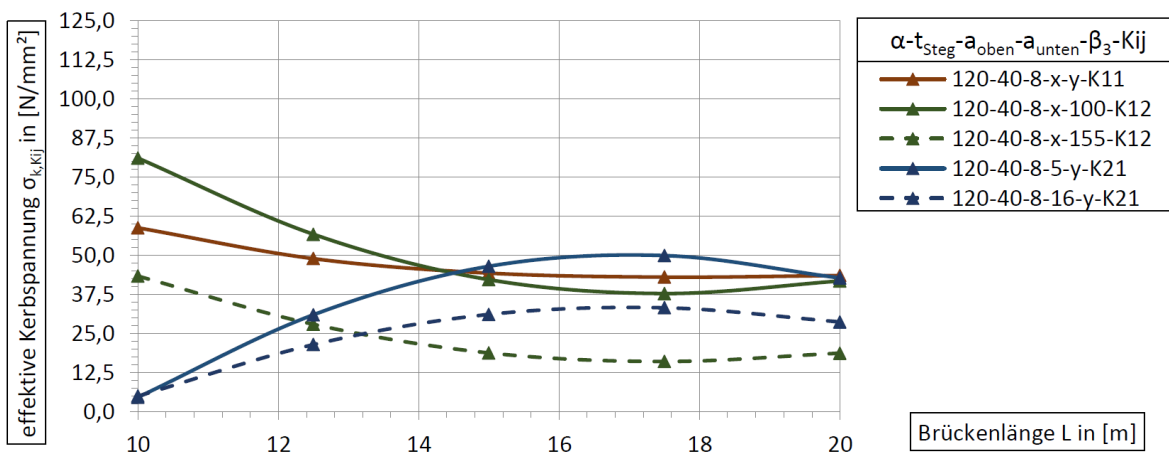


Abbildung 7.16: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ abhängig von der Brückenlänge L in $[m]$, für $\alpha = 120^\circ$ und $t_{Steg} = 40$ mm ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3-Kij$).

7.2 Maßgebende untere Schweißnahtdicke

Die kritische Stelle an der Schweißnahtwurzel der SWu (K_{21}) ist bei größeren Stegblech-Neigungswinkeln ($\alpha = 120$ bis 130°) infolge der ermüdungswirksamen Schnittgrößen nach Kapitel 6 (Lastmodell $71 \cdot \Phi_2 \cdot \lambda$) die maßgebende Stelle des betrachteten Trogbrückendetails. Dieser Umstand erweist sich als günstig, da die besagte Stelle, im Gegensatz zu den kritischen Stellen K_{11} und K_{12} , von der oberen und unteren Schweißnahtdicke abhängig ist. Für die SWo wurde in [Schachinger, M., 2018] gezeigt, dass keine Abhängigkeit von der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} auf die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K_{1j}}$ ($j = 1, 2$) vorliegt. Bei genauer Betrachtung des Formelwerks zur Beschreibung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K_{12}}$ wird ersichtlich, dass infolge Momenten- und Querkraftbeanspruchung nicht einmal ein Einfluss durch die obere Schweißnahtdicke a_{oben} auf die effektive Kerbspannung vorliegt. Die Bemessung der SWo muss/müsste daher mittels eines Tragfähigkeits- und/oder Gebrauchstauglichkeitsnachweises erfolgen. Wird jedoch die kritische Stelle K_{21} maßgebend, ist an dieser auch der Ermüdungsnachweis bemessungsrelevant. Aus diesem Grund erfolgt für die Fragestellung, ab wann die SWu maßgebend wird, eine Betrachtung der gegebenen Abhängigkeiten. Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K_{ij}}$ ist grundsätzlich von den ermüdungswirksamen Schnittgrößen abhängig. Hierbei besteht einerseits eine Abhängigkeit von der Brückengeometrie, durch die Brückenlänge L , der betrachteten Systemstelle x , der Stegblechdicke t_{Steg} und dem Stegblech-Neigungswinkel α , und andererseits besteht eine indirekte Abhängigkeit vom Detail, durch die Schweißnahtdicke a_{oben} , sowie der Winkel β_1 , β_2 und β_3 , da die Schweißnaht im Schalenmodell für die SG-Ermittlung nicht modelliert wird, aber für Entnahmestelle wichtig ist.

- Normalkraft - $N = f(L, x, \alpha, t_{Steg}, a_{oben}, \beta_1, \beta_2, \beta_3)$
- Biegemoment - $M = f(L, x, \alpha, t_{Steg}, a_{oben}, \beta_1, \beta_2, \beta_3)$
- Querkraft - $V = f(\underbrace{L, x, \alpha, t_{Steg}}_{\text{Systembezogen}}, \underbrace{a_{oben}, \beta_1, \beta_2, \beta_3}_{\text{Detailbezogen}})$

Während die systembezogenen Parameter die Größe der Schnittgrößen beeinflussen, dienen die detailbezogenen Parameter lediglich zur Definition der Schnittgrößen-Entnahmestelle (siehe Kapitel 5.1). Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K_{ij}}$ ist von den ermüdungswirksamen Schnittgrößen und je nach kritischer Stelle K_{ij} von folgenden geometrischen Parametern abhängig:

- kritische Stelle K_{12} - $\sigma_{k,K_{12}} = f(N, M, V, t_{Steg}, a_{oben}, \beta_3)$
- kritische Stelle K_{11} - $\sigma_{k,K_{11}} = f(N, M, V, \alpha, t_{Steg}, a_{oben})$
- kritische Stelle K_{21} - $\sigma_{k,K_{21}} = f(\underbrace{N, M, V}_{\text{Lastbezogen}}, \underbrace{\alpha, t_{Steg}, a_{oben}, a_{unten}}_{\text{Detailbezogen}})$

Es besteht somit nur bei der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K_{21}}$ eine Abhängigkeit von der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} . Durch die Unabhängigkeit der effektiven Kerbspannung an

den anderen beiden kritischen Stellen $K11$ und $K12$ können diese mittels ausgewählter Parameter berechnet werden. Gleichsetzten der maximalen Kerbspannung mit jener der kritischen Stelle $K21$, sowie anschließende Variation der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} liefert mit den ausgewählten Parametern eine maßgebende, untere Schweißnahtdicke $a_{unten,m}$. In den Abbildungen 7.18 bis 7.20 wird der Verlauf der maßgebenden, unteren Schweißnahtdicke $a_{unten,m}$ dargestellt. Die möglichen Fälle zur Interpretation der zuvor genannten Abbildungen werden in Abbildung 7.17 dargestellt und in der nachfolgenden Aufzählung beschrieben.

- Bereich I - Die kritische Stelle $K21$ ist maßgebend ($a_{unten,min} < a_{unten} < a_{unten,m}$).
- Bereich II - Die kritische Stelle $K21$ ist maßgebend, jedoch außerhalb des Gültigkeitsbereichs ($a_{unten,m} \leq a_{unten,min}$).
- Bereich III - Die kritische Stelle $K21$ ist nicht maßgebend ($a_{unten,m} < a_{unten}$) und andererseits außerhalb des Gültigkeitsbereichs ($a_{unten,m} < a_{unten,min}$).
- Bereich IV - Die kritische Stelle $K21$ ist nicht maßgebend ($a_{unten,m} < a_{unten}$).

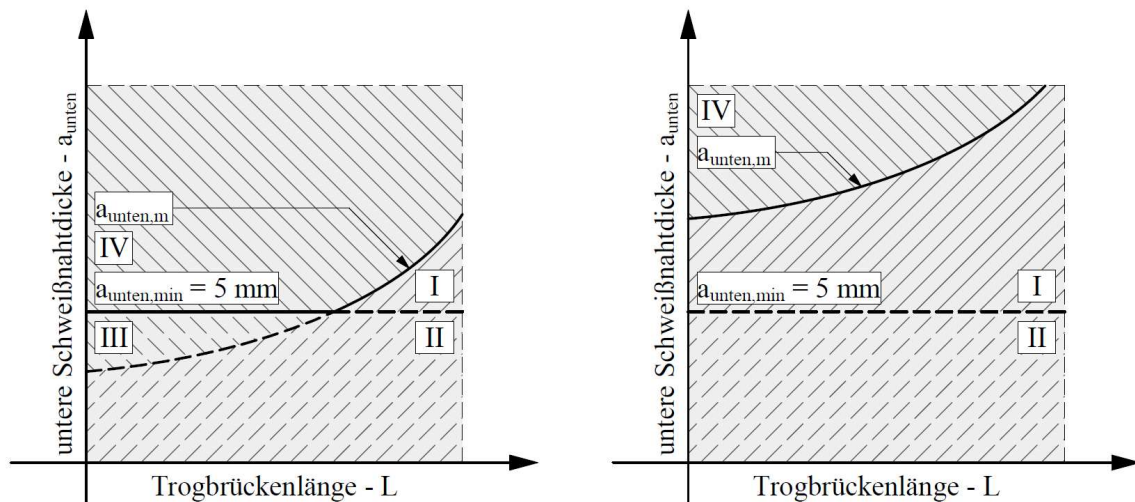


Abbildung 7.17: Schematische Darstellung der maßgebenden unteren Schweißnahtdicke $a_{unten,m}$ in [mm] in Abhängigkeit von der Trogbübrückenlänge L in [m]. Links: Schnittpunkt mit der unteren Gültigkeitsgrenze. Rechts: Verlauf innerhalb des Gültigkeitsbereiches.

Bei der Konzeption einer neuen Trogbübrücke mit bekannter Brückengeometrie (Brübrückenlänge L , Stegblechdicke t_{Steg} , Stegblech-Neigungswinkel α) kann mit Hilfe der Abbildungen 7.18 bis 7.20 ein zugehöriges Schweißnahtpaar $\{a_{oben}, a_{unten,m}\}$ definiert werden, welches dafür sorgt, dass die kritische Stelle $K21$ maßgebend wird. Dieser Umstand erlaubt es, das Trogbübrückendetail (SWo + SWu) über die Ermüdungsfestigkeit nachzuweisen.

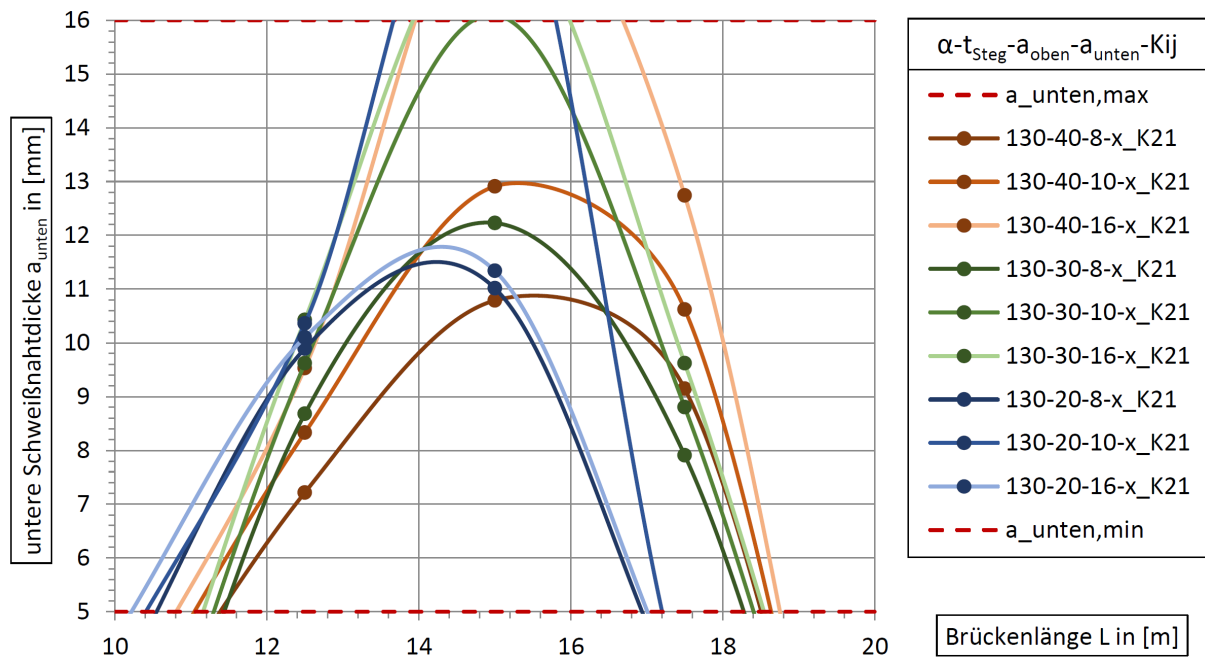


Abbildung 7.18: Darstellung der maßgebenden unteren Schweißnahtdicke $a_{unt,m}$ in [mm] in Abhängigkeit von der Trogbrückenlänge L in [m], für die Winkel $\alpha = 130^\circ$, $\beta_3 = 155^\circ$ ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-Kij$).

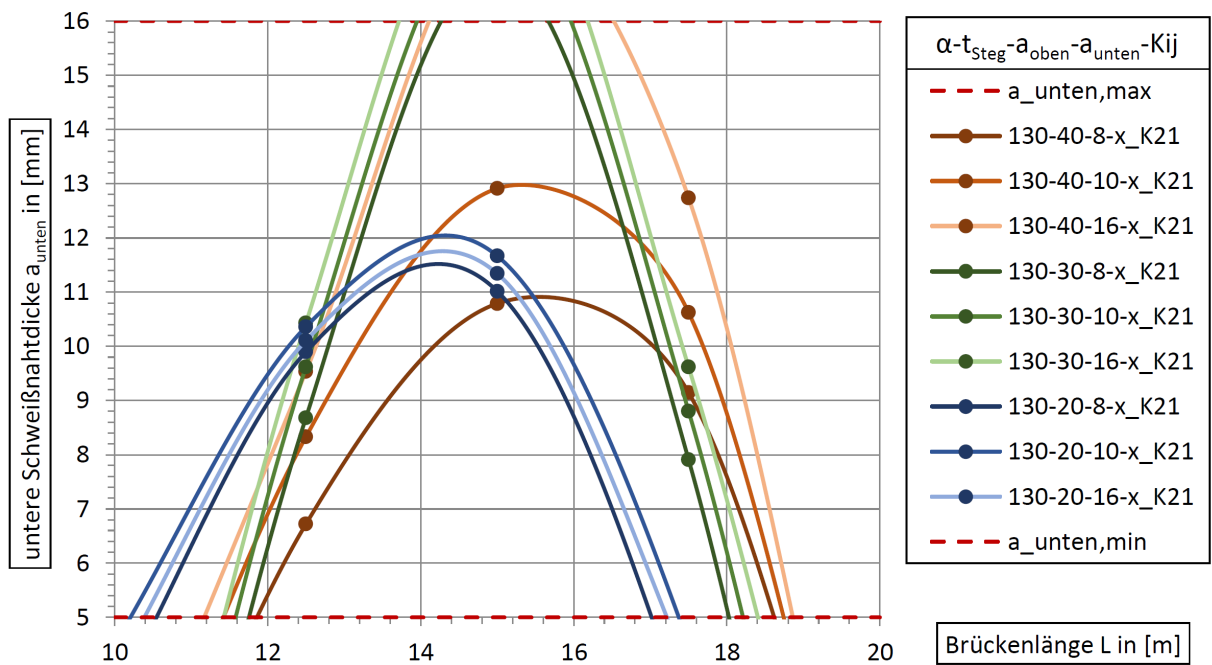


Abbildung 7.19: Darstellung der maßgebenden unteren Schweißnahtdicke $a_{unt,m}$ in [mm] in Abhängigkeit von der Trogbrückenlänge L in [m], für die Winkel $\alpha = 130^\circ$, $\beta_3 = 100^\circ$ ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-Kij$).

Die effektiven Kerbspannungen an der kritischen Stelle $K21$ werden bei einem Stegblech-Neigungswinkel $\alpha = 120^\circ$ immer von der kritischen Stelle $K11$ abgelöst. Die Kerbfunktion der kritischen Stelle $K11$ ist nicht vom Winkel β_3 abhängig, wodurch die maßgebende untere Schweißnahtdicke $a_{unten,m}$ für $\beta_3 = 100$ bis 155° gleich sind.

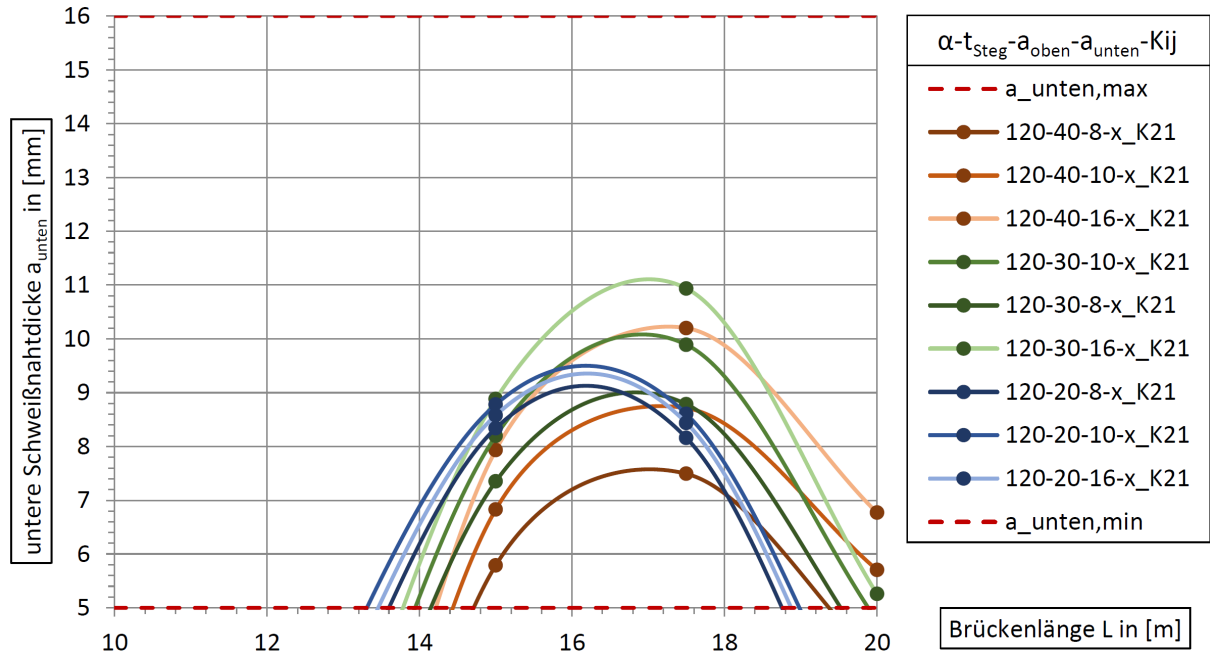


Abbildung 7.20: Darstellung der maßgebenden unteren Schweißnahtdicke $a_{unten,m}$ in [mm] in Abhängigkeit von der Trogbrückenlänge L in [m], für die Winkel $\alpha = 120^\circ$, $\beta_3 = 100$ bis 155° (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - K_{ij}).

7.3 Kritische Stellen der SWu

In der vorliegenden Diplomarbeit wurde hauptsächlich die kritische Stelle $K21$ der SWu thematisiert. Die beiden weiteren kritischen Stellen $K22$ und $K23$ wurden lediglich bei deren Definition in Kapitel 2.4 erwähnt. Bei der Berechnung der effektiven Kerbspannungen σ_k mit Hilfe der FEM-Software [ABAQUS CAE] wurden diese an allen drei kritischen Stellen ($K21$, $K22$, $K23$) betrachtet. Dabei konnte festgestellt werden, dass für die SWu immer die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ maßgebend ist.

Dies ist auch begründbar, da ein Lastfluss zum Auflager grundsätzlich immer den *kürzesten* Weg anstrebt. Es ist somit plausibel, dass bei der unteren Schweißnaht die Schweißnahtwurzel maßgebend ist.

7.4 Gegenseitige Beeinflussung der Schweißnähte

In Kapitel 7.2 wurde bereits erwähnt, dass die SWo nicht von der SWu beeinflusst wird und dass die effektive Kerbspannung an der kritische Stelle K12 infolge Momenten- und Querkraftbeanspruchung nicht von der oberen Schweißnahtdicke abhängig ist.

Bei der SWu hingegen kann für die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ sowohl der Einfluss infolge der unteren als auch jener der oberen Schweißnahtdicke beobachtet werden. Eine entsprechende Darstellung erfolgt in Abbildung 7.21. Die Abhängigkeit von der unteren Schweißnahtdicke wird dadurch ersichtlich, dass die einzelnen Verläufe nicht konstant sind. Erst mit zunehmendem a_{unten} wird die besagte Abhängigkeit aufgehoben, was durch das horizontale Auslaufen der einzelnen Kurven ersichtlich wird. Der Einfluss der oberen Schweißnahtdicke a_{oben} an der SWu wird durch den vertikalen Versatz der einzelnen Verläufe ersichtlich. Die sonstigen Parameter der SWo (β_1 , β_2 und β_3) beeinflussen die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ nicht. Dieser Umstand wurde bereits in Kapitel 4 gezeigt.

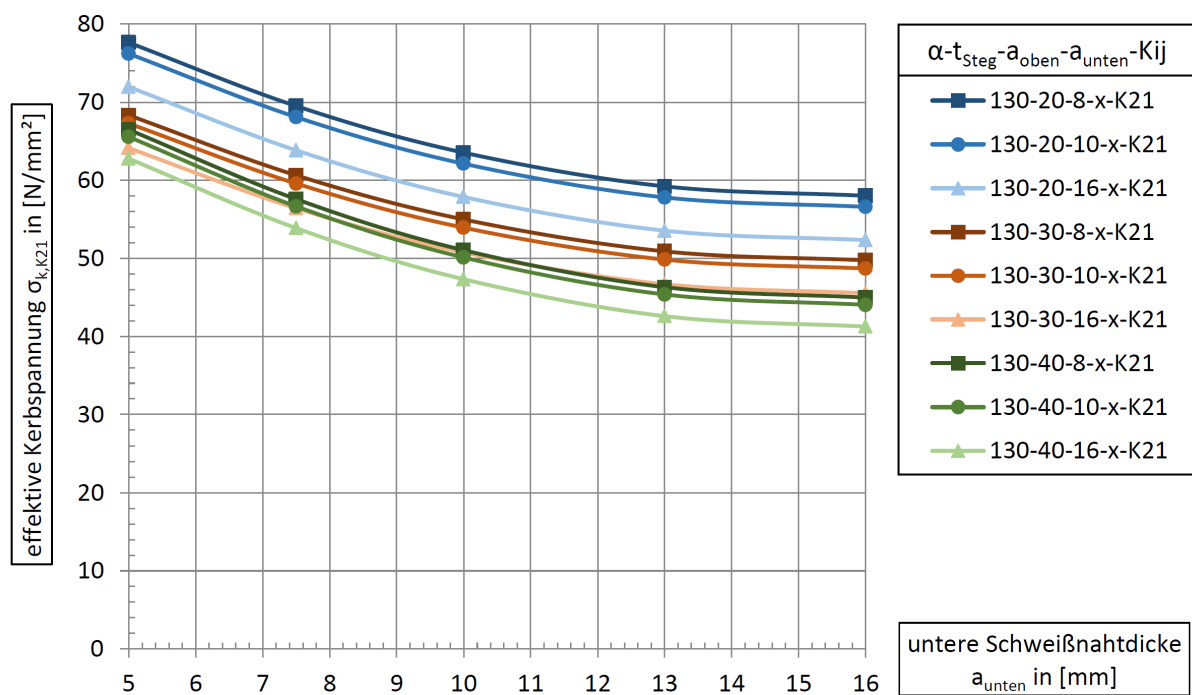


Abbildung 7.21: Darstellung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}$ in Abhängigkeit von der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} , für den Winkel $\alpha = 130^\circ$ und eine Brückenlänge $L = 15$ m (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - K_{ij}).

7.5 Ausnutzen der günstigen Interaktionswirkung

Bei der Betrachtung der Spannungsextremstellen (Min., Max.) der effektiven Kerbspannung konnte festgestellt werden, dass bei reiner Normalkraftbeanspruchung ein unstetiger Wechsel erfolgt, während bei der M-N-Interaktion mehrere Phasen durchlaufen werden. Je nach der Größe des einwirkenden Biegemoments ist eine andere Laststufe der Normalkraft notwendig, welche das Biegemoment überdrückt, ehe es zum Wechsel der Spannungsextremstellen kommt. In der Phase des *Überdrückens* werden die effektiven Kerbspannungen stark vermindert, sprich es kommt zu einer ermüdungsgünstigen Wirkung. Dieser Umstand wurde für die M-N-Interaktion in Kapitel 5.3.1 genau erklärt (siehe Abbildung 5.16) und gilt sinngemäß auch für die V-N und V-M-Interaktion.

Diese ermüdungsgünstige Wirkung liegt somit nur vor, wenn ein gewisses Verhältnis der Interaktions-Schnittgrößen vorliegt. Aus diesem Grund wird nachfolgend untersucht, ob bei dem definierten Parameterfeld der Trogbrücke überhaupt Schnittgrößenverhältnisse vorliegen können um diesen Effekt nutzen zu können. Dazu werden die normierten Schnittgrößen N_m , N_v und M_v , sowie die zugehörigen Faktoren $K_{t,mn}$, $K_{t,vn}$ und $K_{t,vm}$ ermittelt und in den Tabellen 7.13 bis 7.15 gelistet.

Aus diesen Tabellen geht hervor, dass infolge der vorliegenden Schnittgrößen die ermüdungsgünstige Wirkung der V-M-Interaktion nicht ausgenutzt werden kann, da das Biegemoment M und die Querkraft V immer das Gleiche Vorzeichen aufweisen. Bei der Anwendung des Formelwerks auf die vorliegende Trogbrücke kann der Term $K_{t,vm}$ somit immer mit 1,0 gewählt werden. Auf die Einhaltung des definierten Wertebereichs der Parameter ist dabei auf jeden Fall zu achten.

Der Faktor $K_{t,vn}$ zur Berücksichtigung der V-N-Interaktion kann wiederum mit 1,0 gewählt werden. Ausgenommen sind Brücken mit steiler werdenden Stegblech-Neigungswinkel ($\alpha = 110$ bis 90°) und mittlerer bis kurzer Spannweite ($L = 15$ bis 10 m). Vor allem im unteren Brückenlängen-Bereich ($L = 10$ m) mit steilem Stegblech-Neigungswinkel ($\alpha = 90^\circ$) könnte von der ermüdungsgünstigen Wirkung infolge der V-N-Interaktion profitiert werden (siehe Tabelle 7.15). Es ist anzumerken, dass die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(V)$ infolge Querkraftbeanspruchung nur einen geringen Anteil der gesamten effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, M, V)$ darstellt. Die Definition von $K_{t,vn}$ mit 1,0 liegt zwar auf der sicheren Seite, aber bei der Betrachtung der Gesamtsituation würde eine genaue Berücksichtigung des entsprechenden Faktors nur minimale Auswirkungen auf die gesamte, effektive Kerbspannung mit sich bringen.

Der Faktor $K_{t,mn}$ zur Berücksichtigung der M-N-Interaktion kann wiederum teilweise mit 1,0 gewählt werden. Ausgenommen sind Brücken mit geringer Brückenlänge ($L = 10$ bis 15 m), steilem Stegblech-Neigungswinkel ($\alpha = 90$ bis 110°) und zunehmender Stegblechdicke t_{Steg} (siehe Tabelle 7.14 bis 7.15). Da die effektive Kerbspannung infolge Normalkraftbeanspruchung den wesentlichen Anteil der gesamten effektiven Kerbspannung ausmacht, ist hier großes Optimierungspotential vorhanden. Bei den besagten Brückenvariationen sollte der Faktor $K_{t,mn}$ somit exakt gemäß Gleichung 5.36 ermittelt werden.

t_{Steg}	20 mm		30 mm		40 mm	
L	N_m	$K_{t,mn}$	N_m	$K_{t,mn}$	N_m	$K_{t,mn}$
20,00	-78,81	0,98	-84,10	0,99	-77,80	0,99
17,50	-246,26	1,00	-216,30	1,00	-158,40	1,00
15,00	-1036,33	1,00	-389,56	1,00	-195,20	1,00
12,50	-739,41	1,00	-217,43	1,00	-110,91	1,00
10,00	-294,51	1,00	-103,50	1,00	-55,62	0,99
L	N_v	$K_{t,vn}$	N_v	$K_{t,vn}$	N_v	$K_{t,vn}$
20,00	-46,80	0,97	-69,68	0,99	-78,30	1,00
17,50	-112,96	1,00	-166,61	1,00	-179,06	1,00
15,00	-276,36	1,00	-377,76	1,00	-347,03	1,00
12,50	-339,73	1,00	-280,24	1,00	-203,94	1,00
10,00	-189,01	1,00	-118,98	1,00	-79,46	1,00
L	M_v	$K_{t,vm}$	M_v	$K_{t,vm}$	M_v	$K_{t,vm}$
20,00	0,59	1,00	0,83	1,00	1,01	1,00
17,50	0,46	1,00	0,77	1,00	1,13	1,00
15,00	0,27	1,00	0,97	1,00	1,78	1,00
12,50	0,46	1,00	1,29	1,00	1,84	1,00
10,00	0,64	1,00	1,15	1,00	1,43	1,00

Tabelle 7.13: Kerbfaktoren infolge Schnittgrößeninteraktion zur Skalierung der Grundwerte $K_{t,i}$ mit $i = \{n, m, v\}$ bei $\alpha = 130^\circ$

t_{Steg}	20 mm		30 mm		40 mm	
L	N_m	$K_{t,mn}$	N_m	$K_{t,mn}$	N_m	$K_{t,mn}$
20,00	-111,00	0,99	-86,30	0,99	-64,61	0,99
17,50	-148,56	1,00	-94,59	0,99	-65,94	0,99
15,00	-133,61	0,99	-71,59	0,99	-48,93	0,98
12,50	-104,79	0,99	-46,76	0,97	-30,82	0,95
10,00	-73,99	0,98	-31,77	0,90	-19,64	0,77
L	N_v	$K_{t,vn}$	N_v	$K_{t,vn}$	N_v	$K_{t,vn}$
20,00	-82,22	0,99	-98,77	1,00	-87,41	1,00
17,50	-122,46	1,00	-133,54	1,00	-112,35	1,00
15,00	-116,70	1,00	-104,94	1,00	-87,25	1,00
12,50	-78,12	0,99	-58,81	0,99	-37,17	0,99
10,00	-55,49	0,98	-34,08	0,97	-24,43	0,96
L	M_v	$K_{t,vm}$	M_v	$K_{t,vm}$	M_v	$K_{t,vm}$
20,00	0,74	1,00	1,14	1,00	1,35	1,00
17,50	0,82	1,00	1,41	1,00	1,70	1,00
15,00	0,87	1,00	1,47	1,00	1,78	1,00
12,50	0,75	1,00	1,26	1,00	1,21	1,00
10,00	0,75	1,00	1,07	1,00	1,24	1,00

Tabelle 7.14: Kerbfaktoren infolge Schnittgrößeninteraktion zur Skalierung der Grundwerte $K_{t,i}$ mit $i = \{n, m, v\}$ bei $\alpha = 110^\circ$

t_{Steg}	20 mm		30 mm		40 mm	
L	N_m	$K_{t,mn}$	N_m	$K_{t,mn}$	N_m	$K_{t,mn}$
20,00	-191,83	1,00	-105,15	1,00	-65,31	0,99
17,50	-108,97	0,99	-63,60	0,99	-44,19	0,98
15,00	-73,30	0,98	-41,09	0,95	-29,05	0,93
12,50	-54,92	0,95	-27,86	0,84	-19,10	0,75
10,00	-46,23	0,92	-20,73	0,58	-13,13	0,24
L	N_v	$K_{t,vn}$	N_v	$K_{t,vn}$	N_v	$K_{t,vn}$
20,00	-413,95	1,00	-492,88	1,00	-225,77	1,00
17,50	-128,00	1,00	-126,20	1,00	-101,08	1,00
15,00	-68,99	0,99	-59,12	0,99	-49,53	0,99
12,50	-45,07	0,96	-32,69	0,96	-26,29	0,97
10,00	-34,29	0,92	-20,94	0,87	-15,26	0,85
L	M_v	$K_{t,vm}$	M_v	$K_{t,vm}$	M_v	$K_{t,vm}$
20,00	2,16	1,00	4,69	1,00	3,46	1,00
17,50	1,17	1,00	1,98	1,00	2,29	1,00
15,00	0,94	1,00	1,44	1,00	1,70	1,00
12,50	0,82	1,00	1,17	1,00	1,38	1,00
10,00	0,74	1,00	1,01	1,00	1,16	1,00

Tabelle 7.15: Kerbfaktoren infolge Schnittgrößeninteraktion zur Skalierung der Grundwerte $K_{t,i}$ mit $i = \{n, m, v\}$ bei $\alpha = 90^\circ$

Kapitel 8

Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Kapitel wird das Formelwerk zur Beschreibung der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21}$ an der maßgebenden kritischen Stelle der unteren Schweißnaht angeführt, dessen Genauigkeit behandelt und es werden die wesentlichen Erkenntnisse für das Trogbüch detail in Bezug auf die Materialermüdung zusammengefasst. Gefolgt vom Anwendungsbeispiel, in welchem das Formelwerk zur Anwendung kommt und dem Ausblick.

8.1 Beschreibung der effektiven Kerbspannung an der kritischen Stelle K21

Die gesamte effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}$ an der kritischen Stelle $K21$ infolge Normalkraft, Momenten und Querkraftbeanspruchung inklusive Berücksichtigung der jeweiligen Schnittgrößeninteraktionen ergibt sich durch die Addition der einzelnen Teilbeiträge (siehe Gleichung 8.1).

$$\sigma_{k,K21} = \sigma_{k,K21,n} + \sigma_{k,K21,m} + \sigma_{k,K21,v} \quad (8.1)$$

Das Formelwerk zur Berechnung der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21}$ darf nur im Feldbereich der Trogbüch innerhalb des in Kapitel 2.3 definierten, geometrischen Parameterfeldes angewendet werden. Im Auflagerbereich entspricht der Schnittgrößen- und Spannungsverlauf, insbesondere durch die Weiterführung des Stegblechs, nicht jenen vom Feldbereich, weshalb das Formelwerk nicht verwendet werden darf.

Für die Wahl der Schnittgrößen wird angemerkt, dass sich die maßgebenden effektiven Kerbspannungen infolge einer mittigen Zugstellung, sowie bei einer SG-Kombination mit N_{max} ergeben (siehe Kapitel E). Die Ermittlung der Schnittgrößen sollte mit einem 3D-Schalenmodell erfolgen, da in [Schachinger, M., 2018] gezeigt wurde, dass ein 2D-Stabwerkmodell signifikante Unterschiede beim Momenten- und Querkraftverlauf aufweist.

8.1.1 Kerbspannung infolge Normalkraftbeanspruchung

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,n}$ an der kritischen Stelle $K21$ infolge Normalkraftbeanspruchung ergibt sich zu:

$$\sigma_{k,K21,n} = \sigma_{0,n} \cdot K_{t,n} \quad (8.2)$$

Die Ermittlung der Bezugsspannung $\sigma_{0,n}$ infolge Normalkraft in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ und des Kerbfaktors $K_{t,n}$ in $[-]$ erfolgt gemäß Gleichung 8.3 und 8.4. Es werden dabei folgende Einheiten verwendet: a_{unten} , a_{oben} und t_{Steg} in $[\text{mm}]$, α in $[\circ]$, N in $[\text{kN}/\text{m}]$.

$$\sigma_{0,n} = N/t_{Steg} \quad (8.3)$$

$$K_{t,n} = A + \left(\frac{a_{unten} - 15,668}{B} \right)^2 + a_{oben} \cdot C + \frac{\alpha}{100} \cdot D$$

$$\text{mit : } A = -1,6649 + t_{Steg} \cdot 0,354 \quad (8.4)$$

$$B = 7,9484 - t_{Steg} \cdot 0,106$$

$$C = -0,1022 - t_{Steg} \cdot 0,00162$$

$$D = 0,3625 + \alpha \cdot 0,03$$

8.1.2 Kerbspannung infolge Biegemoment mit N-M-Interaktion

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m}$ an der kritischen Stelle $K21$ infolge Momentenbeanspruchung und M-N-Interaktion ergibt sich zu:

$$\sigma_{k,K21,m} = \sigma_{0,m} \cdot K_{t,m} \cdot K_{t,mn} \quad (8.5)$$

Die Ermittlung der Bezugsspannung $\sigma_{0,m}$ infolge Biegemoment in $[\text{N}/\text{mm}^2]$, des Kerbfaktors $K_{t,m}$ in $[-]$ und des Anpassungsfaktors infolge M-N-Interaktion $K_{t,mn}$ in $[-]$ erfolgt gemäß Gleichung 8.6, 8.7 und 8.8. Es werden dabei folgende Einheiten verwendet: a_{unten} , a_{oben} und t_{Steg} in $[\text{mm}]$, N in $[\text{kN}/\text{m}]$, M in $[\text{kNm}/\text{m}]$.

$$\sigma_{0,m} = \frac{6 \cdot 10^3 \cdot M}{t_{Steg}^2} \quad (8.6)$$

$$K_{t,m} = A + \left(\frac{a_{unten} - 15,6122}{B} \right)^2 + a_{oben} \cdot C$$

$$\text{mit : } A = 0,9382 + t_{Steg} \cdot 0,046 \quad (8.7)$$

$$B = 22,0854 - t_{Steg} \cdot 0,3405$$

$$C = -0,0856 + t_{Steg} \cdot 0,00161$$

$$K_{t,mn} = \begin{cases} 1 & \dots N_m \geq 0 \\ \frac{1 + K \cdot N_m}{(N_m - 0,8040 \cdot N_m^*)^2} & \dots 0 > N_m \geq N_m^* \\ \frac{1}{(N_m)^2 - 1,608 \cdot N_m \cdot N_m^* + 0,7785 \cdot (N_m^*)^2} & \dots N_m^* > N_m \end{cases} \quad (8.8)$$

$$\text{mit : } N_m^* = -12,3371 - [(t_{Steg} - 48,7573)/8,8006]^2$$

$$K = 0,00919 + t_{Steg} \cdot 0,001224$$

$$N_m = N/M$$

8.1.3 Kerbspannung infolge Querkraftbeanspruchung, V-N und V-M-Interaktion

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v}$ an der kritischen Stelle $K21$ infolge Querkraftbeanspruchung, V-N-Interaktion und V-M-Interaktion ergibt sich zu:

$$\sigma_{k,K21,v} = \sigma_{0,v} \cdot K_{t,v} \cdot K_{t,vn} \cdot K_{t,vm} \quad (8.9)$$

Die Ermittlung der Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ infolge Querkraft in $[\text{N}/\text{mm}^2]$, des Kerbfaktors $K_{t,v}$ in $[-]$, des Anpassungsfaktors infolge V-N-Interaktion $K_{t,vn}$ in $[-]$ und des Anpassungsfaktors infolge V-M-Interaktion $K_{t,vm}$ in $[-]$ erfolgt gemäß Gleichung 8.10, 8.11, 8.12 und 8.13. Für die Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ ist schließlich der betragsmäßig größte Wert heranzuziehen, wobei das Vorzeichen im weiteren Verlauf berücksichtigt werden muss. Es werden dabei folgende Einheiten verwendet: x , a_{unten} , a_{oben} und t_{Steg} in $[\text{mm}]$, N und V in $[\text{kN}/\text{m}]$, M und M_V in $[\text{kNm}/\text{m}]$.

$$\sigma_{0,v} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{t_{Steg}^2} \cdot \left[2x \pm (4x^2 + t_{Steg}^2)^{1/2} \right] \quad (8.10)$$

$$K_{t,v} = A + \left(\frac{a_{unten} - 15,8042}{B} \right)^2 + a_{oben} \cdot C \quad (8.11)$$

$$\text{mit : } A = 1,5753 + t_{Steg} \cdot 0,0775$$

$$B = 15,8536 - t_{Steg} \cdot 0,2293$$

$$C = -0,1465 + t_{Steg} \cdot 0,00287$$

$$K_{t,vn} = \begin{cases} 1 & \dots N_v \geq 0 \\ 1 + K \cdot N_v & \dots 0 > N_v \geq N_v^* \\ \frac{(N_v - 0,7837 \cdot N_v^*)^2}{N_v^2 - 1,5674 \cdot N_v \cdot N_v^* + 0,8130 \cdot (N_v^*)^2} & \dots N_v^* > N_v \end{cases} \quad (8.12)$$

$$\text{mit : } N_v^* = -7,4833 - [(t_{Steg} - 50,3358)/11,2331]^2$$

$$K = 0,0121 + t_{Steg} \cdot 0,00212$$

$$N_v = N/V$$

$$K_{t,vm} = \begin{cases} 1 & \dots M_v \geq 0 \\ 1 + 2,49 \cdot M_v & \dots 0 > M_v \geq M_v^* \\ 1 - 2,49 \cdot (M_v - 2M_v^*) & \dots M_v^* > M_v \geq 2M_v^* \\ 1 & \dots 2M_v^* > M_v \end{cases} \quad (8.13)$$

$$\text{mit : } M_v^* = -0,2359 - \alpha \cdot 0,000856$$

$$M_v = M/V$$

Die Variable x in Gleichung 8.10 stellt den Abstand zwischen der Schweißnahtwurzel der SWu und den obersten Punkt der SWo dar (siehe Abbildung 8.7).

8.1.4 Ermittlung der Kerbspannung für jede SG-Kombination

Durch das Aufsplitten der Gleichungen 8.2, 8.5 und 8.9 können Formeln zur Beschreibung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,21}$ je nach Einwirkung und je nach Schnittgrößeninteraktion abgeleitet werden. Diese Schreibweise eignet sich besonders zur Erfassung des gesamten Formelwerkes in einem Programmcode und wird nachfolgend auch beim Anwendungsbeispiel verwendet (siehe Kapitel 8.4).

$$N : \sigma_{k,K21}(N) = \sigma_{0,n} \cdot K_{t,n} \quad (8.14)$$

$$M : \sigma_{k,K21}(M) = \sigma_{0,m} \cdot K_{t,m} \quad (8.15)$$

$$V : \sigma_{k,K21}(V) = \sigma_{0,v} \cdot K_{t,v} \quad (8.16)$$

$$N + M : \sigma_{k,K21}(N, M) = \sigma_{0,n} \cdot K_{t,n} + \sigma_{0,m} \cdot K_{t,m} \cdot K_{t,mn} \quad (8.17)$$

$$N + V : \sigma_{k,K21}(N, V) = \sigma_{0,n} \cdot K_{t,n} + \sigma_{0,v} \cdot K_{t,v} \cdot K_{t,vn} \quad (8.18)$$

$$M + V : \sigma_{k,K21}(M, V) = \sigma_{0,m} \cdot K_{t,m} + \sigma_{0,v} \cdot K_{t,v} \cdot K_{t,vm} \quad (8.19)$$

$$N + M + V : \sigma_{k,K21}(N, M, V) = \sigma_{0,n} \cdot K_{t,n} + \sigma_{0,m} \cdot K_{t,m} \cdot K_{t,mn} + \sigma_{0,v} \cdot K_{t,v} \cdot K_{t,vn} \cdot K_{t,vm} \quad (8.20)$$

Die jeweiligen Parameter wurden in den letzten Unterkapiteln (siehe Kapitel 8.1.1, 8.1.2 und 8.1.3) definiert und werden an dieser Stelle nicht nochmals angeschrieben. Es wird angemerkt, dass beispielsweise $\sigma_{k,K21,n}$ der Funktion $\sigma_{k,K21}(N)$ entspricht. Im Sinne einer einheitlichen Notation der Formelgruppe 8.14 bis 8.20 wird darüber hinweggesehen.

8.2 Genauigkeit des Formelwerks für die SWu

Für die Ermittlung der Kerbfunktionen an der kritischen Stelle K_{21} wurden einige Annahmen getroffen und durch den Einsatz der Methode der Kleinsten Quadrate wurden die Parameter der jeweiligen Ansatzfunktionen so angepasst, dass der vorhandene Fehler minimal wird, jedoch nicht zu Null. Darum soll nachfolgend aufgezeigt werden, wie die mittels Formelwerk berechneten Kerbfaktoren von jenen, die durch eine FEM-Analyse ermittelt werden, abweichen.

Dazu wurden die mittels Kerbfunktion ermittelten Kerbfaktoren $K_{t,i}$ (mit $i = n, m, v$) aus den Tabellen 5.2 bis 5.10 für die Normalkraftbeanspruchung, 5.21 bis 5.23 für die Momentenbeanspruchung und 5.37 bis 5.39 für die Querkraftbeanspruchung auf die mittels FEM-Analyse abgeleiteten Kerbfaktoren $K_{t,i,FE}$ (mit $i = n, m, v$) bezogen (siehe Gleichung 8.21).

$$\text{Fehler in [\%]} = \left(\frac{K_{t,i}}{K_{t,i,FE}} - 1 \right) \cdot 100, \text{ mit } i = n, m, v \quad (8.21)$$

So wurde für jede Zeile der zuvor definierten Tabellen ermittelt, ob eine Unterschätzung (gekennzeichnet mit negativem Vorzeichen) oder Überschätzung (gekennzeichnet mit positivem Vorzeichen) vorliegt. Die jeweils größte Unterschätzung bzw. größte Überschätzung wird in den Tabellen 8.1, 8.2 und 8.3 in den Spalten *Min* bzw. *Max* gelistet. Die mittlere Abweichung aller Werte je zuvor definierter Tabelle, sprich je Stegblech-Neigungswinkel und Stegblechdicke wird in den Tabellen 8.1, 8.2 und 8.3 in der Spalte *Mittel* gelistet. Die jeweils letzte Zeile, beginnend mit *Maßgebend*, bezieht sich dabei auf alle Bezugswerte und nicht nur auf jene Extrema die in den nachfolgenden Tabellen gelistet sind.

Für die Ermittlung der Kerbfaktoren infolge Momenten- und Querkraftbeanspruchung wurde der Einfluss des Stegblech-Neigungswinkels α vernachlässigt (siehe Kapitel 5.3.2.1 und 5.4.3.1), wodurch in den Tabellen 8.2 und 8.3 zusätzlich noch die maximale bzw. mittlere Überschätzung für die Vernachlässigung von α angegeben wird.

Abweichung vom Kerbfaktor $K_{t,n}$				
α	t_{Steg}	Min	Max	Mittel
90	20	-7,27	7,16	-1,96
	30	-3,49	3,18	0,80
	40	-2,72	3,65	1,24
110	20	-2,05	2,47	-0,20
	30	-4,95	4,56	1,16
	40	-2,63	3,51	0,65
130	20	0,82	4,92	2,47
	30	-2,85	2,85	0,52
	40	-2,88	2,19	-0,33
Maßgebend		-7,27	7,16	0,47

Tabelle 8.1: Vorliegender Fehler infolge Kerbfunktion bei Normalkraftbeanspruchung

M	Abweichung infolge ...				
	α -Vernachlässigung		Kerbfaktor $K_{t,m}$		
t_{Steg}	Max	Mittel	Min	Max	Mittel
20	2,69	1,80	-3,07	10,93	0,99
30	3,91	1,95	-5,17	2,49	-1,27
40	7,49	3,48	-1,46	3,00	0,57
Maßgebend	7,49	2,41	-5,17	10,93	0,10

Tabelle 8.2: Vorliegender Fehler infolge Kerbfunktion bei Momentenbeanspruchung

V	Abweichung infolge ...				
	α -Vernachlässigung		Kerbfaktor ($K_{t,v}$)		
t_{Steg}	Max	Mittel	Min	Max	Mittel
20	9,16	3,47	-3,58	7,61	0,54
30	4,17	2,76	-3,62	2,00	0,90
40	6,88	3,67	-1,46	2,39	0,33
Maßgebend	9,16	3,30	-3,62	7,61	-0,01

Tabelle 8.3: Vorliegender Fehler infolge Kerbfunktion bei Querkraftbeanspruchung

Nach Tabelle 8.1 liegt für den Kerbfaktor $K_{t,n}$ bzw. für eine effektive Kerbspannung infolge Normalkraftbeanspruchung $\sigma_{k,K21,n}$ im Mittel eine Gesamtabweichung von +0,47% vor. Für effektive Kerbspannungen infolge Momentenbeanspruchung $\sigma_{k,K21,m}$ liegt nach Tabelle 8.2 im Mittel eine Abweichung von +2,41% infolge der Vernachlässigung des Stegblech-Neigungswinkels α vor und +0,10% infolge der Beschreibung durch die Kerbfunktion. Und für effektive Kerbspannungen infolge Querkraftbeanspruchung $\sigma_{k,K21,v}$ liegt nach Tabelle 8.3 im Mittel eine Abweichung von +3,30% infolge der Vernachlässigung des Stegblech-Neigungswinkels α vor und -0,01% infolge der Beschreibung durch die Kerbfunktion. Eine entsprechende Darstellung der Abweichungen erfolgt in den Abbildungen 8.1, 8.2 und 8.3.

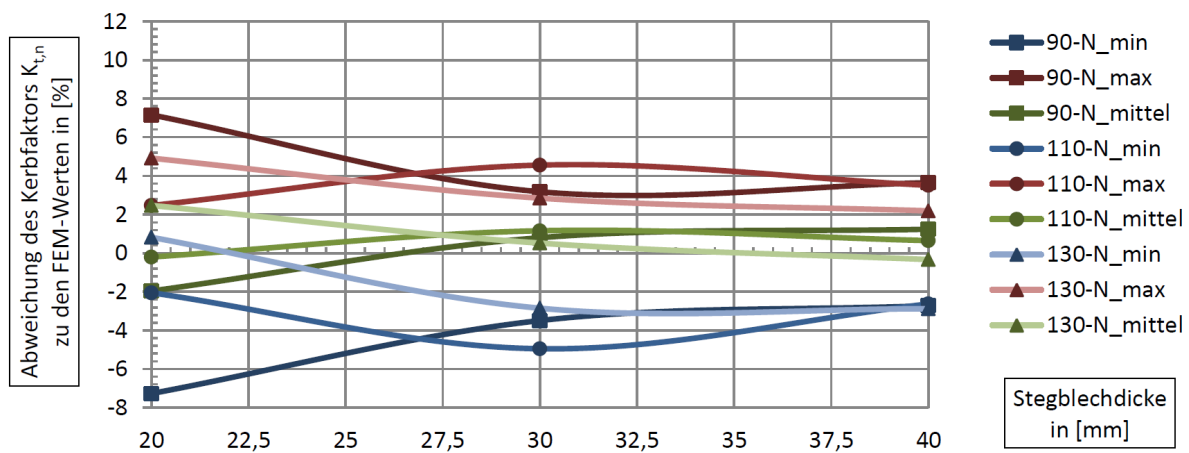


Abbildung 8.1: Darstellung der vorliegenden Abweichung des Kerbfaktors $K_{t,n}$ zu den mittels FEM-Analyse ermittelten Kerbfaktors $K_{t,n,FE}$ in Abhängigkeit von der Stegblechdicke.

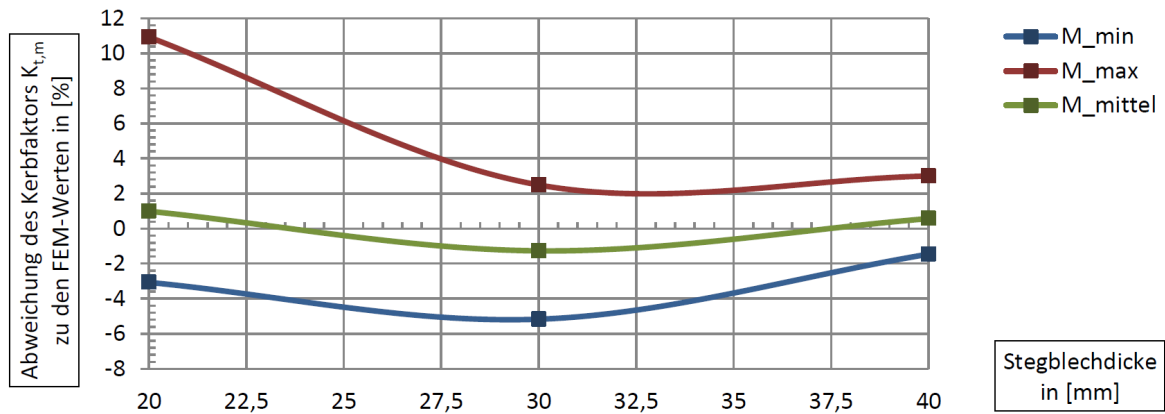


Abbildung 8.2: Darstellung der vorliegenden Abweichung des Kerbfaktors $K_{t,m}$ zu den mittels FEM-Analyse ermittelten Kerbfaktoren $K_{t,m,FE}$ in Abhängigkeit von der Stegblechdicke.

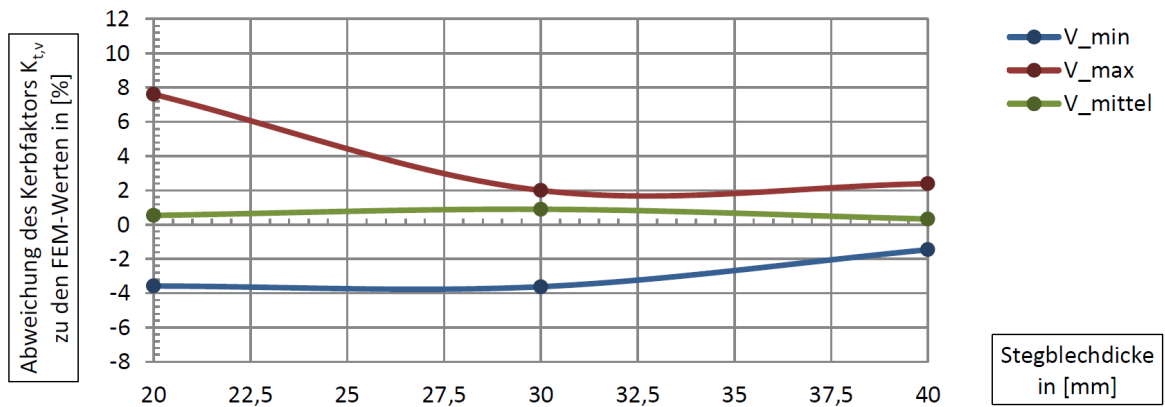


Abbildung 8.3: Darstellung der vorliegenden Abweichung des Kerbfaktors $K_{t,v}$ zu den mittels FEM-Analyse ermittelten Kerbfaktoren $K_{t,v,FE}$ in Abhängigkeit von der Stegblechdicke.

8.3 Erkenntnisse für das Trogbrücken-Detail in Bezug auf die Materialermüdung

Die geschweißte Verbindung zwischen der Fahrbahnplatte und dem Stegblech besitzt je Schweißnaht drei kritischen Stellen. Davon wurden die relevanten kritischen Stellen der SWo ($K11$, $K12$ und $K13$) in [Schachinger, M., 2018] behandelt und jene der SWu ($K21$, $K22$ und $K23$) in der vorliegenden Arbeit. Drei kritische Stellen konnten durch die Parameterstudie ausgeschlossen werden. Als nachweisrelevante kritische Stellen verblieben die Schweißnahtwurzel der SWo ($K11$), die Kerbe der SWo beim Übergang von der Schweißnahtoberfläche zum Stegblech ($K12$) und die Schweißnahtwurzel der SWu ($K21$), für welche ein entsprechendes Formelwerk zur Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ geschaffen wurde.

Die Betrachtung der SWo zeigt, dass keine Abhängigkeit von der unteren Schweißnahtdicke

a_{unten} auf die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K1j}$ ($j = 1, 2$) vorliegt. Bei genauer Betrachtung des Formelwerks zur Beschreibung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K12}$ wird ersichtlich, dass infolge Momenten- und Querkraftbeanspruchung auch kein Einfluss durch die obere Schweißnahtdicke a_{oben} vorliegt. Für den Fall, dass die kritische Stelle $K12$ den bemessungsrelevanten Punkt darstellt, muss/müsste die Bemessung der SWo mittels eines Tragfähigkeit- und/oder Gebrauchstauglichkeitsnachweises erfolgen. Wird nun die kritische Stelle $K21$ maßgebend, ist auch der Ermüdungsnachweis bemessungsrelevant, da die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}$ von der oberen und unteren Schweißnahtdicke abhängig ist. Um das vorliegende Trogbrückendetail hinsichtlich der Ermüdungsfestigkeit bemessen zu können empfiehlt es sich eine Brückengeometrie zu wählen, bei welcher die kritische Stelle $K21$ maßgebend wird (siehe Kapitel 7.1, bzw. siehe nachfolgende Aufzählung). Liegt ein entsprechendes Parameterfeld vor, kann die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K12}$ berechnet werden. Gleichsetzen der maximalen Kerbspannung der SWo mit jener der kritischen Stelle $K21$, sowie anschließende Iteration der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} liefert mit den ausgewählten Parametern eine maßgebende untere Schweißnahtdicke $a_{unten,m}$.

Damit bei einer künftigen Trogbrückenkonzeption die kritische Stelle $K21$ maßgebend wird und somit eine Auslegung des Trogbrückendetails über die Ermüdungsfestigkeit erfolgen kann, sollte folgendes beachtet werden¹:

- Brückenlänge L und Stegblech-Neigungswinkel α : Für die Brückenspannweite wurde ein Wertebereich von 10 bis 20 m behandelt und ein Stegblech-Neigungswinkel von 90 bis 130°. Damit die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ maßgebend wird sollte ein Winkel $\alpha = 120$ bis 130° angestrebt werden. Die Wahl der unteren Grenze ($\alpha = 120^\circ$) liefert geringere effektive Kerbspannungen, jedoch ist je nach Stegblechdicke nur eine Anwendung bei einer Spannweite von $L = 13,5$ bis 20,0 m möglich. Bei der oberen Grenze ($\alpha = 130^\circ$) werden die effektiven Kerbspannungen zwar größer, es kann jedoch eine Auslegung für einen Wertebereich von $L = 10,4$ bis 18,9 m der Brückenlänge erfolgen (siehe Abbildung 8.4 und 8.5). Die Wahl eines steileren Stegblech-Neigungswinkels (90 bis 120°) sorgt für maßgebende effektive Kerbspannungen an den kritischen Stellen der SWo. Auf diese Situation wird nachfolgend eingegangen.
- Brückenlänge L und Stegblechdicke t_{Steg} : Für die Brückenspannweite wurde wiederum ein Wertebereich von 10 bis 20 m behandelt und eine Stegblechdicke von 20 bis 40 mm. Grundsätzlich kann mit der Stegblechdicke die Größe der effektiven Kerbspannungen minimiert werden. So ergibt eine Stegblechdicke $t_{Steg} = 20$ mm größere effektive Kerbspannungen als ein Stegblech mit $t_{Steg} = 40$ mm. Dieser Effekt wird unabhängig vom Stegblech-Neigungswinkel ($\alpha = 120$ bis 130°) mit zunehmender Brückenlänge immer kleiner. Durch die Wahl eines dickeren Stegblechs ändert sich

¹Dabei wird vorausgesetzt, dass für die Ermittlung der Schnittgrößen ein dreidimensionales Schalenmodell und das Lastmodell 71 (inklusive $\Phi_2 \cdot \lambda$) verwendet werden, sowie dass die Trogbrücken- und Detailparameter innerhalb des gültigen Wertebereichs liegen. Das Parameterfeld der Trogbrücke wird in Kapitel 6 definiert und jene des Anschlussdetails in Kapitel 2.3 bzw. 4.5

der Brückenlängenbereich, in welchem die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ maßgebend wird (siehe Abbildung 8.4 und 8.5). So sind mit zunehmender Stegblechdicke nur größere Brückenlängen zweckmäßig.

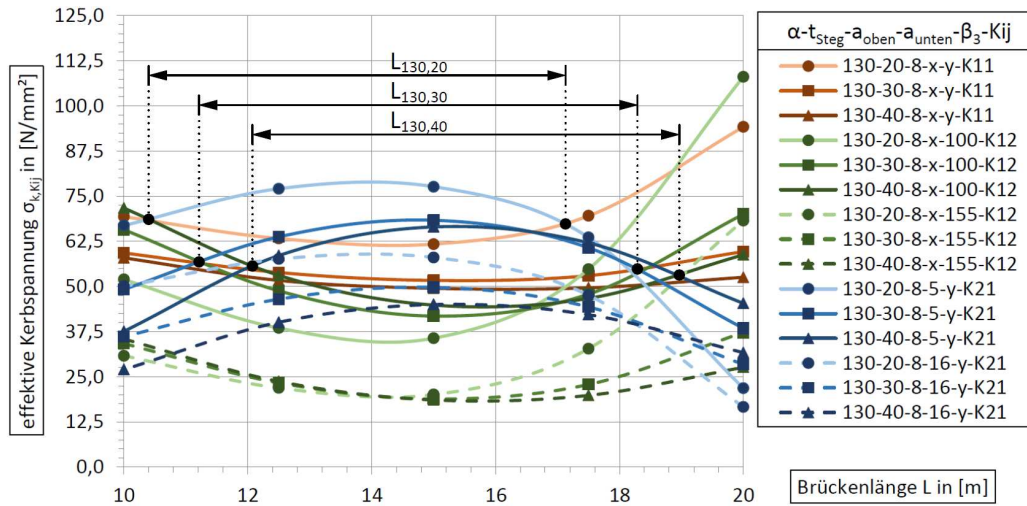


Abbildung 8.4: Darstellung des Brückenlängenbereichs in dem die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}$ an der kritischen Stelle $K21$ bei einem Winkel $\alpha = 130^\circ$ maßgebend wird ($L_{\alpha,t_{Steg}}$).

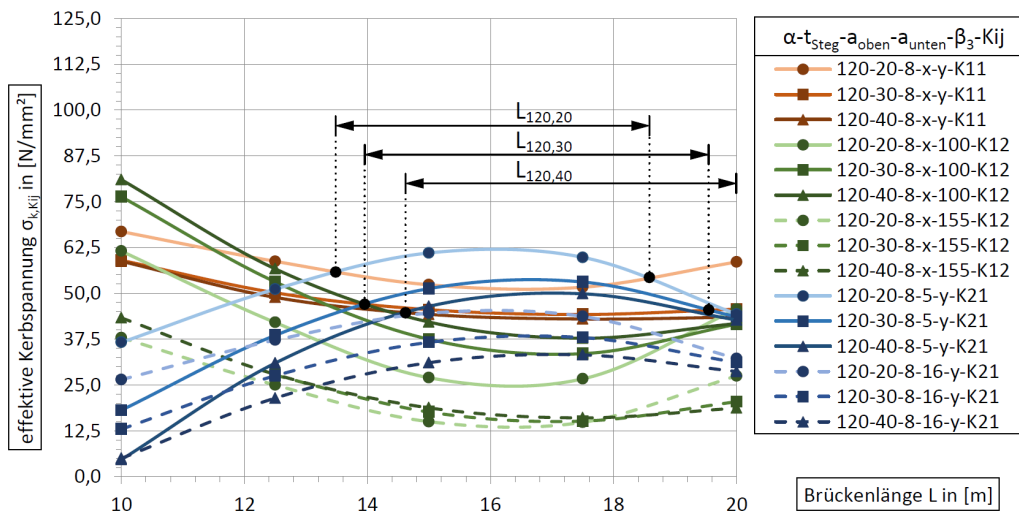


Abbildung 8.5: Darstellung des Brückenlängenbereichs in dem die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}$ an der kritischen Stelle $K21$ bei einem Winkel $\alpha = 120^\circ$ maßgebend wird ($L_{\alpha,t_{Steg}}$).

- Winkel zwischen Stegblech- und Schweißnahtoberfläche β_3 : Der besagte Winkel weist den Wertebereich von 100 bis 155° auf. Die kritische Stelle $K12$ wird vor allem maßgebend, wenn der untere Wertebereich ($\beta_3 = 100^\circ$) ausgeführt wird. Im Sinne der gesamten Detailauslegung, wie auch gemäß der Empfehlung nach [Schachinger, M., 2018] sollte der Winkel β_3 möglichst groß ausgebildet werden.

- Schweißnahtdicken a_{oben} und a_{unten} : Grundsätzlich wurde für die obere Schweißnahtdicke ein Wertebereich von 8 bis 16 mm betrachtet und für die Schweißnahtdicke der SWu 5 bis 16 mm. Beide Parameter stehen in gegenseitiger Beziehung, wodurch mittels der Wahl oder Vorgabe eines Parameters auf den anderen geschlossen werden kann. Durch die Wahl einer oberen Schweißnahtdicke a_{oben} kann eine zugehörige maßgebende untere Schweißnaht $a_{unten,m}$ ermittelt werden und mittels einer anschließenden iterativen Anpassung der oberen und unteren Schweißnahtdicke kann die Schweißnahtgeometrie entsprechend optimiert werden. Andererseits ist es möglich, dass die obere Schweißnahtdicke anhand eines Gebrauchstauglichkeits- oder Tragfähigkeitsnachweises dimensioniert wird und als fixer Parameter in die Ermüdungsbemessung der unteren Nahtdicke eingeht. Eine Beurteilung des Trogbücheldetails ist in weiterer Folge mit der zugehörigen maßgebenden unteren Schweißnahtdicke möglich.

Nach der Regelstatik [Kuss, S.; Fink, J., 2006] wird ein Stegblech-Neigungswinkel von $\alpha = 121,5^\circ$ vorgesehen, wodurch die Brückenauslegung so erfolgen kann, dass die kritische Stelle $K21$ maßgebend wird und eine ermüdungsbasierte Auslegung des betrachteten Anschlussdetails möglich ist. Aufgrund der Vielzahl an Parametern muss darauf geachtet werden, dass immer das gesamte Detail (SWo + SWu) betrachtet wird.

Sollten Brückenausführungen mit steilerem Stegblech-Neigungswinkel ($\alpha = 90$ bis 110°) angedacht werden, so ist eine Bemessung anhand der Ermüdungsfestigkeit nicht mehr ausschließlich über die kritische Stelle $K21$ möglich. Bei einem groß gewählten Winkel β_3 wird an der SWo die kritische Stelle $K11$ anstelle von $K12$ maßgebend, wodurch die obere Schweißnaht mit Hilfe von der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K11}$ ermittelt werden kann. Wird jedoch die kritische Stelle $K12$ maßgebend, ist keine Bemessung der oberen Schweißnahtdicke mit dem Nachweis der Ermüdungsfestigkeit möglich.

8.4 Anwendungsbeispiel

Im nachfolgenden Anwendungsbeispiel werden die Erkenntnisse aus Kapitel 8.3 sowie das Formelwerk für die kritische Stelle $K21$ aus Kapitel 8.1 zur Anwendung kommen bzw. veranschaulicht. Es werden die effektiven Kerbspannungen einer Trogbüchelle mit einer Spannweite von $L = 17,5$ m ermittelt.

In Hinblick auf die gewählte Brückenlänge und zur Minimierung der effektiven Kerbspannungen wäre ein Stegblech-Neigungswinkel mit $\alpha = 120^\circ$ eine gute Wahl. Damit in weiterer Folge ein entsprechender Vergleich mit Ergebnissen der FEM-Analyse erfolgen kann, wird jedoch ein Stegblech-Neigungswinkel mit $\alpha = 130^\circ$ gewählt. Zur Minimierung der effektiven Kerbspannungen wird eine mittlere Stegblechdicke $t_{Steg} = 30$ mm gewählt. Ein dickeres Stegblech mit $t_{Steg} = 40$ mm würde nach Abbildung 7.1 eine geringfügige Minimierung der effektiven Kerbspannung bewirken. Im Sinne einer sparsamen Dimensionierung wird jedoch darauf verzichtet. Zur Minimierung der effektiven Kerbspannungen an der kritischen

Stelle $K12$ wird der Winkel β_3 mit 155° gewählt. Die ermüdungsrelevanten Schnittgrößen ergeben sich zu:

$$\begin{aligned} N &= 123,3 \text{ kN/m} \\ M &= -0,57 \text{ kNm/m} \\ V &= -0,74 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Die Auslegung der Nahtgeometrie erfolgt iterativ²³, beginnend mit einer oberen Schweißnahtdicke von $a_{oben} = 16$ mm. Die zugehörige maßgebende, untere Schweißnahtdicke $a_{unten,m}$ ergibt sich nach Abbildung 8.6 zu 9,62 mm.

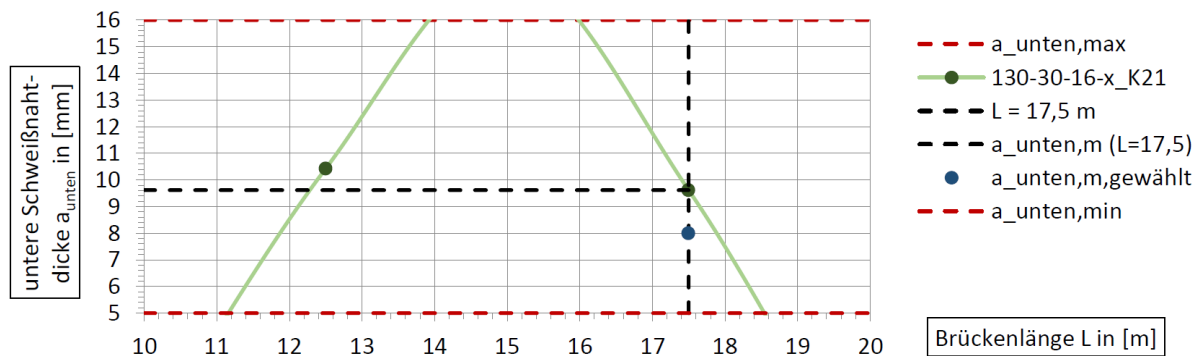


Abbildung 8.6: Darstellung der maßgebenden unteren Schweißnahtdicke $a_{unten,m}$ in [mm]. In Anlehnung an die Abbildungen aus Kapitel 7.2.

Zunächst wird das Schweißnahtpaar mit $a_{oben} = 16$ mm und $a_{unten} = 8$ mm gewählt. Die explizite Ermittlung der effektiven Kerbspannung für die kritischen Stellen $K11$ und $K12$ wird an dieser Stelle nicht ausführlich gezeigt (siehe dazu [Schachinger, M., 2018]). Die besagten effektiven Kerbspannung werden nachfolgend gelistet, wobei aus Gründen der Vollständigkeit ebenfalls schon die effektive Kerbspannung für die kritische Stelle $K21$ angeschrieben wird. Für die Berechnung wird auf die nachfolgenden Unterkapitel verwiesen.

$$\sigma_{k,K11} = 46,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{k,K12} = 19,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{k,K21} = 49,0 \text{ N/mm}^2$$

²Zunächst wird von der größtmöglichen, oberen Schweißnahtdicke $a_{oben} = 16$ mm und der zugehörigen maßgebenden, unteren Schweißnahtdicke $a_{unten,m}$ ausgegangen. Es wird somit sichergestellt, dass die effektive Kerbspannung an der kritischen Stelle $K21$ maßgebend wird. Mit einer anschließenden, iterativen Reduktion der Schweißnahtdicken können diese solange variiert werden bis der gewünschte Ausnutzungsgrad bzw. die untere Grenze des definierten Parameterfeldes vorliegt.

³In diesem Fall wird die Berechnung der effektiven Kerbspannung lediglich für ein Schweißnahtpaar gezeigt. Für die sonstigen Ergebnisse wird auf Abbildung 8.8 und 8.9 verwiesen.

8.4.1 Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N)$

Die Bezugsspannung $\sigma_{0,n}$ infolge Normalkraftbeanspruchung ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.3 zu:

$$\sigma_{0,n} = 123,3/30 = 4,11 \text{ N/mm}^2$$

Der dimensionslose Kerbfaktor $K_{t,n}$ infolge Normalkraftbeanspruchung ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.4 zu:

$$K_{t,n} = 8,9551 + \left(\frac{8 - 15,668}{4,7684} \right)^2 + 16 \cdot (-0,1508) + \frac{130}{100} \cdot 4,2625 = 14,6695$$

$$\text{mit : } A = -1,6649 + 30 \cdot 0,354 = 8,9551$$

$$B = 7,9484 - 30 \cdot 0,106 = 4,7684$$

$$C = -0,1022 - 30 \cdot 0,00162 = -0,1508$$

$$D = 0,3625 + 130 \cdot 0,03 = 4,2625$$

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N)$ an der kritischen Stelle $K21$ infolge Normalkraftbeanspruchung ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.14 zu:

$$\sigma_{k,K21}(N) = 4,11 \cdot 14,6695 = +60,3 \text{ N/mm}^2$$

8.4.2 Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(M)$

Die Bezugsspannung $\sigma_{0,m}$ infolge Momentenbeanspruchung ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.6 zu:

$$\sigma_{0,m} = \frac{6 \cdot 10^3 \cdot (-0,57)}{30^2} = -3,8 \text{ N/mm}^2$$

Der dimensionslose Kerbfaktor $K_{t,m}$ infolge Momentenbeanspruchung ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.7 zu:

$$K_{t,m} = 2,3182 + \left(\frac{8 - 15,6122}{11,8704} \right)^2 + 16 \cdot (-0,0373) = 2,1326$$

$$\text{mit : } A = 0,9382 + 30 \cdot 0,046 = 2,3182$$

$$B = 22,0854 - 30 \cdot 0,3405 = 11,8704$$

$$C = -0,0856 + 30 \cdot 0,00161 = -0,0373$$

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(M)$ an der kritischen Stelle $K21$ infolge Momentenbeanspruchung ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.15 zu:

$$\sigma_{k,K21}(M) = -3,80 \cdot 2,1326 = -8,1 \text{ N/mm}^2$$

8.4.3 Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(V)$

Die Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ infolge Querkraftbeanspruchung ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.10 zu:

$$\sigma_{0,v}^+ = \frac{3}{2} \cdot \frac{-0,74}{30^2} \cdot \left[2 \cdot 174,8 + (4 \cdot 174,8^2 + 30^2)^{1/2} \right] = -0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{0,v}^- = \frac{3}{2} \cdot \frac{-0,74}{30^2} \cdot \left[2 \cdot 174,8 - (4 \cdot 174,8^2 + 30^2)^{1/2} \right] = +0,002 \text{ N/mm}^2$$

Der Abstand x zur Berechnung der Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ infolge Querkraft wird der Abbildung 8.7 entnommen. Für die Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ infolge Querkraft ist schließlich der betragsmäßig größte Wert heranzuziehen, wobei das jeweilige Vorzeichen im weiteren Verlauf berücksichtigt werden muss. In diesem Fall ist dies $\sigma_{0,v}^+$.

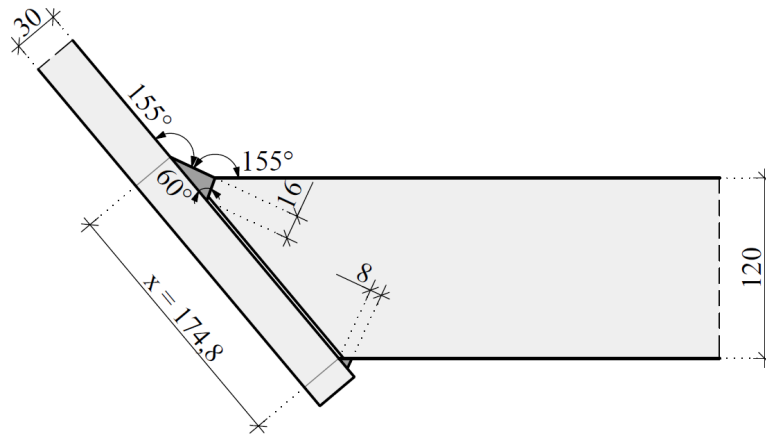


Abbildung 8.7: Darstellung der gewählten Trogbrückengeometrie und des Abstandes x zur Bestimmung der Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ infolge Querkraft.

Der dimensionslose Kerbfaktor $K_{t,v}$ infolge Querkraftbeanspruchung ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.11 zu:

$$K_{t,v} = 3,9003 + \left(\frac{8 - 15,8042}{8,9746} \right)^2 + 16 \cdot (-0,0604) = 3,6901$$

$$\text{mit : } A = 1,5753 + 30 \cdot 0,0775 = 3,9003$$

$$B = 15,8536 - 30 \cdot 0,2293 = 8,9746$$

$$C = -0,1465 + 30 \cdot 0,00287 = -0,0604$$

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(V)$ an der kritischen Stelle $K21$ infolge Querkraftbeanspruchung ergibt sich mittels Gleichung 8.16 zu:

$$\sigma_{k,K21}(V) = -0,86 \cdot 3,6901 = -3,2 \text{ N/mm}^2$$

8.4.4 Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, M)$

Die erforderlichen Bezugsspannungen und Kerbfaktoren wurden bereits berechnet und ergeben sich zu:

$$\begin{aligned}\sigma_{0,n} &= 4,11 \text{ N/mm}^2 & K_{t,n} &= 14,6695 \text{ [-]} & (\text{siehe Kapitel 8.4.1}) \\ \sigma_{0,m} &= -3,80 \text{ N/mm}^2 & K_{t,m} &= 2,1326 \text{ [-]} & (\text{siehe Kapitel 8.4.2})\end{aligned}$$

Der dimensionslose Anpassungsfaktor $K_{t,mn}$ zur Berücksichtigung der M-N-Interaktion ergibt sich mit Gleichung 8.8, wobei infolge $N_m^* > N_m$ der quadratische, *dritte* Funktionsbereich herangezogen wird.

$$\begin{aligned}K_{t,mn} &= \frac{(N_m - 0,804 \cdot N_m^*)^2}{(N_m)^2 - 1,608 \cdot N_m \cdot N_m^* + 0,7785 \cdot (N_m^*)^2} \dots N^* = -16,9 > N_m = -216,3 \\ K_{t,mn} &= \frac{[(-216,3) - 0,804 \cdot (-16,9)]^2}{(-216,3)^2 - 1,608 \cdot (-216,3) \cdot (-16,9) + 0,7785 \cdot (-16,9)^2} = 0,9991 \\ \text{mit : } N_m^* &= -12,3371 - [(30 - 48,7573)/8,8006]^2 = -16,9 \\ N_m &= 123,29/(-0,57) = -216,3\end{aligned}$$

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, M)$ an der kritischen Stelle *K21* infolge Normalkraft- und Momentenbeanspruchung, sowie der N-M Interaktion ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.17 schließlich zu:

$$\sigma_{k,K21}(N, M) = 4,11 \cdot 14,6695 - 3,80 \cdot 2,1326 \cdot 0,9991 = +52,2 \text{ N/mm}^2$$

8.4.5 Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, V)$

Die erforderlichen Bezugsspannungen und Kerbfaktoren wurden bereits berechnet und ergeben sich zu:

$$\begin{aligned}\sigma_{0,n} &= 4,11 \text{ N/mm}^2 & K_{t,n} &= 14,6695 \text{ [-]} & (\text{siehe Kapitel 8.4.1}) \\ \sigma_{0,v} &= -0,86 \text{ N/mm}^2 & K_{t,v} &= 3,6901 \text{ [-]} & (\text{siehe Kapitel 8.4.3})\end{aligned}$$

Der dimensionslose Anpassungsfaktor $K_{t,vn}$ zur Berücksichtigung der V-N-Interaktion ergibt sich mit Gleichung 8.12, wobei infolge $N_v^* > N_v$ der konstante, *dritte* Funktionsbereich herangezogen wird.

$$\begin{aligned}K_{t,vn} &= \frac{(N_v - 0,7837 \cdot N_v^*)^2}{N_v^2 - 1,5674 \cdot N_v \cdot N_v^* + 0,8130 \cdot (N_v^*)^2} \dots N_v^* = -10,8 > N_v = -166,6 \\ K_{t,vn} &= \frac{((-166,6) - 0,7837 \cdot (-10,8))^2}{(-166,6)^2 - 1,5674 \cdot (-166,6) \cdot (-10,8) + 0,8130 \cdot (-10,8)^2} = 0,9991 \\ \text{mit : } N_v^* &= -7,4833 - [(30 - 50,3358)/11,2331]^2 = -10,8 \\ N_v &= 123,29/(-0,74) = -166,6\end{aligned}$$

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, V)$ an der kritischen Stelle $K21$ infolge Normalkraft- und Querkraftbeanspruchung, sowie der N-V Interaktion ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.18 schließlich zu:

$$\sigma_{k,K21}(N, V) = 4,11 \cdot 14,6695 - 0,86 \cdot 3,6901 \cdot 0,9991 = +57,1 \text{ N/mm}^2$$

8.4.6 Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(M, V)$

Die erforderlichen Bezugsspannungen und Kerbfaktoren wurden bereits berechnet und ergeben sich zu:

$$\begin{aligned} \sigma_{0,m} &= -3,80 \text{ N/mm}^2 & K_{t,m} &= 2,1326 [-] & (\text{siehe Kapitel 8.4.2}) \\ \sigma_{0,v} &= -0,86 \text{ N/mm}^2 & K_{t,v} &= 3,6901 [-] & (\text{siehe Kapitel 8.4.3}) \end{aligned}$$

Der dimensionslose Anpassungsfaktor $K_{t,vm}$ zur Berücksichtigung der V-M-Interaktion ergibt sich mit Gleichung 8.13, wobei infolge $M_v \geq 0$ der konstante, *erste* Funktionsterm herangezogen wird.

$$\begin{aligned} K_{t,vm} &= 1 \dots M_v = 0,7703 \geq 0 \\ \text{mit : } M_v &= (-0,57)/(-0,74) = 0,7703 \end{aligned}$$

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(M, V)$ an der kritischen Stelle $K21$ infolge Momenten- und Querkraftbeanspruchung, sowie der M-V Interaktion ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 8.18 schließlich zu:

$$\sigma_{k,K21}(M, V) = -3,8 \cdot 2,1326 - 0,86 \cdot 3,6901 \cdot 1 = -11,3 \text{ N/mm}^2$$

8.4.7 Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, M, V)$

Die gesamte, effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, M, V)$ an der kritischen Stelle $K21$ infolge Normalkraft-, Momenten- und Querkraftbeanspruchung inklusive der Berücksichtigung aller SG-Interaktion ergibt sich mit Hilfe der Gleichung 8.1 zu:

$$\begin{aligned} \sigma_{k,K21}(N, M, V) &= 4,11 \cdot 14,6695 - 3,8 \cdot 2,1326 \cdot 0,9991 - 0,86 \cdot 3,6901 \cdot 0,9991 \cdot 1 \\ \sigma_{k,K21}(N, M, V) &= 49,0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Es wird angemerkt, dass die Anpassungsfaktoren $K_{t,vn}$ infolge der V-N Interaktion und $K_{t,vm}$ infolge der V-M Interaktion nur zur vollständigen Darstellung des Formelwerks berechnet wurden. Für das gewählte Parameterfeld der Trogbücke (siehe Kapitel 6.1) und dem zugrunde gelegten Lastmodell 71 (inklusive $\phi_2 \cdot \lambda$, siehe Kapitel 6.2.2) ergeben sich ermüdungs-wirksame Schnittgrößen, welche ein Schnittgrößenverhältnis aufweisen, sodass für die effektive Kerbspannung keine Beeinflussung infolge Schnittgrößen-Interaktion vorliegt. Somit können $K_{t,vn}$ und $K_{t,vm}$ mit 1,0 gewählt werden (siehe Kapitel 7.5).

Eine Gegenüberstellung der zuvor ermittelten effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21}$ mit den

Ergebnissen der FEM-Berechnung erfolgt in Tabelle 8.4. Der vorhandene Fehler durch die Annäherung mittels der Kerbfunktionen wird in [%] gelistet, wodurch ersichtlich ist, dass eine sehr genaue Beschreibung möglich ist.

Einwirkung	Kerbfunktion	FEM-Berechnung	Fehler
N = 123,3 kN/m	$\sigma_{0,n} \cdot K_{t,n} = 60,3$	58,6	2,90
M = -0,57 kNm/m	$\sigma_{0,m} \cdot K_{t,m} = -8,1$	-7,9	2,53
V = -0,74 kN/m	$\sigma_{0,v} \cdot K_{t,v} = -3,2$	-3,0	6,67
M-N-Interaktion	$\sigma_{0,n} \cdot K_{t,n} + \sigma_{0,m} \cdot K_{t,m} \cdot K_{t,mn} = 52,2$	51,9	0,58
V-N-Interaktion	$\sigma_{0,n} \cdot K_{t,n} + \sigma_{0,v} \cdot K_{t,v} \cdot K_{t,vn} = 57,1$	56,0	1,96
V-M-Interaktion	$\sigma_{0,m} \cdot K_{t,m} + \sigma_{0,v} \cdot K_{t,v} \cdot K_{t,vm} = -11,3$	-10,9	3,67
N-M-V-Interaktion	$\sigma_{0,n} \cdot K_{t,n} + \sigma_{0,m} \cdot K_{t,m} \cdot K_{t,mn} + \dots$ $\dots + \sigma_{0,v} \cdot K_{t,v} \cdot K_{t,vn} \cdot K_{t,vm} = 49,0$	49,3	-0,61

Tabelle 8.4: Vergleich der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21}$ in $[N/mm^2]$ je Schnittgröße und Interaktion gemäß der Kerbfunktionen und FEM-Berechnung, Fehler in [%]

Die gesamte effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}(N, M, V)$ an der kritischen Stelle K21 infolge Normalkraft-, Momenten- und Querkraftbeanspruchung inklusive der Berücksichtigung aller Schnittgrößeninteraktion wird schließlich für die vorliegende Trogbückengeometrie um 0,61% unterschätzt.

Die effektive Kerbspannung $\sigma_{k,Kij}$ wurde analog für weitere Schweißnahtpaare berechnet und in Abbildung 8.8 dargestellt. Ebenso wurde ein Trogbückenschnitt mit einem Winkel $\alpha = 120^\circ$ betrachtet (siehe Abbildung 8.9). Dabei wird ersichtlich, dass einerseits der Ermüdungswiderstand (siehe Kapitel 6.3) von $\Delta\sigma_c/\gamma_{Mf} = 225/1,15 = 195,65 N/mm^2$ nicht überschritten wird, und andererseits, dass die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K21}$ bei $\alpha = 130^\circ$ deutlich größer sind als bei $\alpha = 120^\circ$.

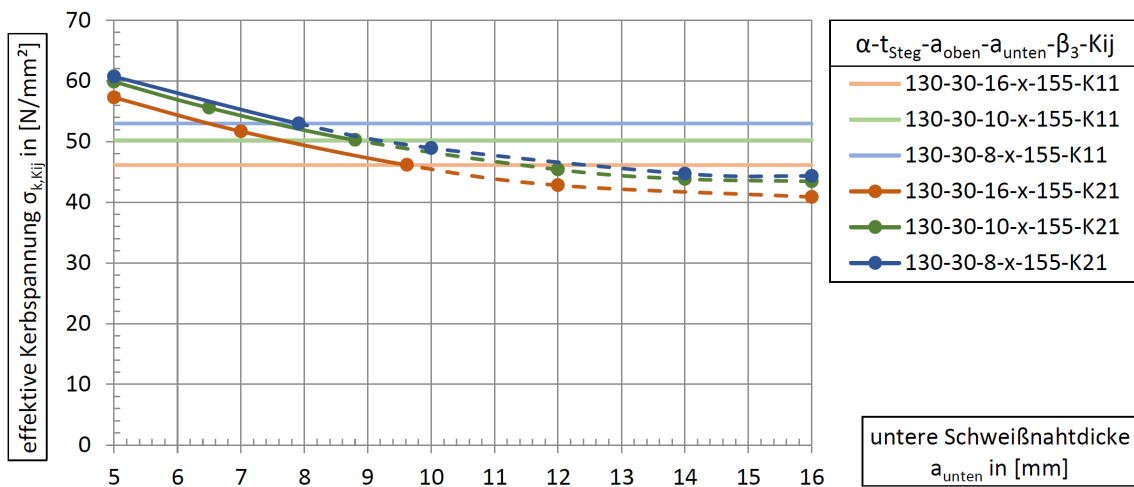


Abbildung 8.8: Verlauf der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,Kij}$ in $[N/mm^2]$ (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - β_3 - Kij).

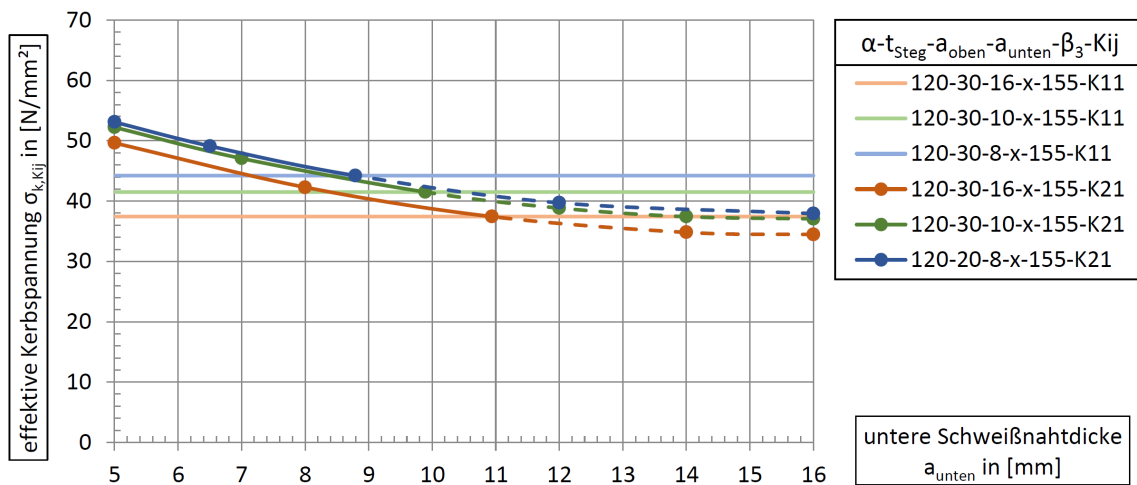


Abbildung 8.9: Verlauf der effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,Kij}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ (α - t_{Steg} - a_{oben} - a_{unten} - β_3 - Kij).

8.5 Ausblick

Mit Hilfe der Formelwerke ist nun eine rasche Ermittlung der effektiven Kerbspannungen an den maßgebenden, kritischen Stellen möglich, ohne dass der Anwender eine spezielle Rechensoftware und vertiefende Erkenntnisse in der Methode der effektiven Kerbspannungen benötigt. Derzeit wurden die effektiven Kerbspannungen nur mit dem Lastmodell 71 berechnet und betrachtet. Dazu wurde der Spannweitenbeiwert λ_1 für die Ermittlung des Schadensäquivalenzfaktors ingenieurmäßig abgeschätzt, da sich dieser nach [ÖNORM EN 1993-2, 2010, Abs. 9.5.3(4)] nicht eindeutig für die vorliegende Trogbücke definieren lässt. Nach dem Vorliegenden neuer Erkenntnisse muss die Annahme für λ_1 entsprechend geprüft werden und gegebenenfalls sind erneute Betrachtungen notwendig.

Anhand weiterer Parameterstudien und der Betrachtung anderer Lastmodelle (bspw. Betriebszüge) können zusätzliche, neue Erkenntnisse zur Ermüdungsfestigkeit des Anschlussdetails gewonnen werden. Damit schließlich eine optimale Schweißnahtgeometrie (und Brückengeometrie) gefunden werden kann, sodass in weiterer Folge deren Ermüdungsfestigkeit nach experimenteller Absicherung einer Kerbkategorie zugeordnet werden kann und dass schließlich ein normengemäßer Ermüdungsnachweis auf Basis von Nennspannungen geführt werden kann.

Für die Auflagerbereich sind gesonderte Untersuchungen notwendig, da eine andere Geometrie, sowie ein anderer Lastfluss vorliegt. Für die Trogbücke gibt es außerdem eine Variante mit einer Stahl-Stahlbeton-Verbundplatte (Sandwichplatte) als Fahrbahnplatte, welche ebenfalls gesonderte Untersuchungen erfordert.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Literatur

Aigner, F.; et al (2019). *Ermittlung von Kerbfunktionen für ein Trogbrücken-Detail nach dem Konzept der effektiven Kerbspannungen*. In: Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & CO. KG, Stahlbau 88, Heft 5.

Dlubal Software GmbH (2018). *RFEM 5 - Räumliche Tragwerke nach der Finite-Elemente-Methode, Benutzer-Handbuch*. Dlubal Software GmbH.

Herrmann, P. (2013). *Tragfunktionsanalyse und rechnerische Modellbildung einer neuartigen Sandwichverbundplatte (SCSC-Platte) als Fahrbahndeck für Eisenbahnbrücken*. Diss. Technische Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen.

Hobbacher, A. (1996). *Fatigue Design of Welded Joints and Components: Recommendations of IIW Joint Working Group XIII-XV*. eng. Woodhead Publishing Limited.

Hobbacher, A. (2001). *Schwingfestigkeit geschweißter Bauteile*. Seminarunterlagen.

Kuss, S.; Fink, J. (2006). *Regelstatik für ÖBB-Trogbrücken mit Stützweiten von 10,0 - 20,0 m, Teil 1 offener Querschnitt*. Technische Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen, Institut für Tragkonstruktionen - Stahlbau.

Lang, R.; et al (2017). *Über die Anpassung eines fortschrittlichen Stützwirkungsansatzes für das Kerbspannungskonzept*. In: Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & CO. KG, Stahlbau 86, Heft 6.

Lener, G.; Weichert, J. (2007). *Praktische Anwendungen der effektiven Kerbspannungen und der Bruchmechanik im Stahlbau*. In: Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & CO. KG, Stahlbau 76, Heft 10.

Neuber, H.; et al (2001). *Kerbspannungslehre: Theorie der Spannungskonzentration; genaue Berechnung der Festigkeit*. 4.Auflage, Berlin: Springer Verlag.

ÖNORM B 1991-2 (2018). *Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1991-2 und nationale Ergänzungen*. Austrian Standards.

ÖNORM EN 1991-2 (2012). *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken (konsolidierte Fassung)*. Austrian Standards.

ÖNORM EN 1993-1-9 (2013). *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung (konsolidierte Fassung)*. Austrian Standards.

ÖNORM EN 1993-2 (2010). *Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 2: Stahlbrücken (konsolidierte Fassung)*. Austrian Standards.

Radaj, D.; Vormwald, M. (2007). *Ermüdungsfestigkeit - Grundlagen für Ingenieure*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Schachinger, M. (2018). *Ermittlung von Kerbfunktionen nach dem Konzept der effektiven Kerbspannungen am Detail einer Trogbrücke mittels FEM-Analyse*. Diplomarbeit, Technische Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen.

Takács, P. (2018). *Analyse des Ermüdungsverhaltens der SCSC-Platte*. Diss. Technische Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen.

Anhang **A**

Ergänzungen zur Parametervariation

Die effektiven Kerbspannungen infolge reiner Momenten-, Normalkraft- oder Querkraftbeanspruchung $\sigma_{k,K21,i,FE}$ (für i gleich m , n und v) in den Tabellen A.1 bis A.3 dienen als Grundlage für Kapitel 4. Dabei werden, falls nicht anders angegeben, folgende Notationen verwendet: M in [kNm/m], N und V in [kN/m], t_{Steg} , a_{oben} und a_{unten} in [mm], α , β_1 , β_2 und β_3 in [°], $\sigma_{k,K21,i,FE}$ in [N/mm²].

$t_{Steg}-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3$	Einwirkung	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$
30-90-x-10-160-45-110	M ($\pm 10 \text{ kNm/m}$)	$\pm 146,032$	$\pm 142,568$	$\pm 127,522$
	N (+150 kN/m)	+56,790	+55,260	+51,120
	V (+5 kN/m)	+45,395	+44,360	+39,785
30-90-x-16-160-45-110	M ($\pm 10 \text{ kNm/m}$)	$\pm 127,778$	$\pm 124,878$	$\pm 112,025$
	N (+150 kN/m)	+50,280	+48,960	+45,420
	V (+5 kN/m)	+39,689	+38,841	+34,996
30-110-x-10-160-45-130	M ($\pm 10 \text{ kNm/m}$)	$\pm 148,170$	$\pm 145,080$	$\pm 130,750$
	N (+150 kN/m)	-64,455	-62,085	+57,510
	V (+5 kN/m)	+47,334	+46,429	+42,081
30-110-x-16-160-45-130	M ($\pm 10 \text{ kNm/m}$)	$\pm 130,540$	$\pm 127,764$	$\pm 115,233$
	N (+150 kN/m)	-56,805	-54,540	+50,700
	V (+5 kN/m)	+41,664	+40,872	+37,077
30-130-x-10-160-45-150	M ($\pm 10 \text{ kNm/m}$)	$\pm 147,718$	$\pm 144,372$	$\pm 129,759$
	N (+150 kN/m)	-73,650	-71,370	-66,405
	V (+5 kN/m)	+52,589	+52,279	+47,435
30-130-x-16-160-45-150	M ($\pm 10 \text{ kNm/m}$)	$\pm 130,600$	$\pm 127,456$	$\pm 114,262$
	N (+150 kN/m)	-65,745	-63,585	-58,965
	V (+5 kN/m)	+46,408	+46,062	+41,720

Tabelle A.1: $\sigma_{k,K21,FE}$ in [N/mm²] für die a_{oben} -Variation

$t_{Steg-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3}$	Einwirkung	$\beta_3 = 100^\circ, \beta_1 = 170^\circ$		$\beta_3 = 135^\circ, \beta_1 = 135^\circ$	
		$\beta_2 = 45^\circ$	$\beta_2 = 60^\circ$	$\beta_2 = 45^\circ$	$\beta_2 = 60^\circ$
30-90-10-10-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-140,880	-141,043	-142,308	-144,146
	N (+150 kN/m)	+54,237	+54,573	+55,404	56,566
	V (+5 kN/m)	+44,139	+44,146	+45,026	+44,531
30-90-10-16-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-123,273	-123,484	-124,764	-126,438
	N (+150 kN/m)	+48,088	+48,389	+49,072	+50,075
	V (+5 kN/m)	+38,625	+38,653	+39,494	+39,036
30-90-16-10-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-125,638	-125,900	-125,698	-128,737
	N (+150 kN/m)	+49,839	+50,281	+51,740	+53,407
	V (+5 kN/m)	+39,502	+39,508	+40,277	+39,433
30-90-16-16-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-110,417	-110,694	-110,710	-113,430
	N (+150 kN/m)	+44,321	+44,702	+45,947	+47,402
	V (+5 kN/m)	+34,703	+34,731	+35,478	+34,729
$t_{Steg-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3}$	Einwirkung	$\beta_3 = 120^\circ, \beta_1 = 170^\circ$		$\beta_3 = 145^\circ, \beta_1 = 145^\circ$	
		$\beta_2 = 45^\circ$	$\beta_2 = 60^\circ$	$\beta_2 = 45^\circ$	$\beta_2 = 60^\circ$
30-110-10-10-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-143,710	-144,104	-145,415	-146,025
	N (+150 kN/m)	-61,615	-62,084	-62,007	-62,433
	V (+5 kN/m)	+46,304	+46,409	+46,975	+46,801
30-110-10-16-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-126,609	-126,956	-128,055	-128,586
	N (+150 kN/m)	-54,218	-54,651	-54,506	-54,899
	V (+5 kN/m)	+40,765	+40,857	+41,335	+41,185
30-110-16-10-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-130,252	-130,879	-130,020	-131,032
	N (+150 kN/m)	+56,878	+57,259	+57,961	+58,353
	V (+5 kN/m)	+42,194	+42,359	+42,355	+42,060
30-110-16-16-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-114,829	-115,387	-114,662	-115,550
	N (+150 kN/m)	+50,133	+50,448	+51,038	+51,363
	V (+5 kN/m)	+37,179	+37,325	+37,335	+37,078
$t_{Steg-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3}$	Einwirkung	$\beta_3 = 140^\circ, \beta_1 = 170^\circ$		$\beta_3 = 155^\circ, \beta_1 = 155^\circ$	
		$\beta_2 = 45^\circ$	$\beta_2 = 60^\circ$	$\beta_2 = 45^\circ$	$\beta_2 = 60^\circ$
30-130-10-10-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-142,691	-143,081	-143,578	-143,970
	N (+150 kN/m)	-70,927	-71,174	-70,689	-70,935
	V (+5 kN/m)	+49,206	+48,847	+49,493	+49,132
30-130-10-16-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-126,101	-126,438	-126,692	-127,031
	N (+150 kN/m)	-63,253	-63,481	-62,986	-63,213
	V (+5 kN/m)	+43,402	+43,074	+43,590	+43,261
30-130-16-10-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-129,154	-129,553	-128,629	-129,026
	N (+150 kN/m)	-65,607	-65,984	-65,927	-66,306
	V (+5 kN/m)	+44,964	+44,677	+44,755	+44,479
30-130-16-16-x-y-z	M (-10 kNm/m)	-113,889	-114,181	-113,233	-113,523
	N (+150 kN/m)	-58,226	-58,596	-58,475	-58,847
	V (+5 kN/m)	+39,561	+39,309	+39,321	+39,071

Tabelle A.2: $\sigma_{k,K21,FE}$ in $[N/mm^2]$ für die β_2 -Variation

$t_{Steg-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3}$	Einwirkung	$\beta_3 = 100^\circ$ $\beta_1 = 170^\circ$	$\beta_3 = 110^\circ$ $\beta_1 = 160^\circ$	$\beta_3 = 135^\circ$ $\beta_1 = 135^\circ$
30-90-10-10-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-140,880	-141,693	-142,308
	N (+150 kN/m)	+54,237	+54,883	+55,404
	V (+5 kN/m)	+44,139	+44,360	+45,026
30-90-10-16-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-123,273	-124,049	-124,764
	N (+150 kN/m)	+48,088	+48,645	+49,072
	V (+5 kN/m)	+38,625	+38,841	+39,494
30-90-16-10-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-125,638	-126,677	-125,704
	N (+150 kN/m)	+49,839	+50,790	+51,725
	V (+5 kN/m)	+39,502	+39,785	+40,277
30-90-16-16-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-110,356	-111,341	-110,676
	N (+150 kN/m)	+44,318	+45,138	+45,941
	V (+5 kN/m)	+34,703	+34,966	+35,478
$t_{Steg-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3}$	Einwirkung	$\beta_3 = 120^\circ$ $\beta_1 = 170^\circ$	$\beta_3 = 130^\circ$ $\beta_1 = 160^\circ$	$\beta_3 = 145^\circ$ $\beta_1 = 145^\circ$
30-110-10-10-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-143,710	-144,131	-145,415
	N (+150 kN/m)	-61,615	-61,668	-62,007
	V (+5 kN/m)	+46,304	+46,429	+46,975
30-110-10-16-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-126,609	-126,964	-128,055
	N (+150 kN/m)	-54,218	-54,242	-54,506
	V (+5 kN/m)	+40,765	+40,872	+41,335
30-110-16-10-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-130,252	-129,955	-130,020
	N (+150 kN/m)	+56,878	+57,168	+57,961
	V (+5 kN/m)	+42,194	+42,081	+42,355
30-110-16-16-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-114,829	-114,559	-114,662
	N (+150 kN/m)	+50,133	+50,377	+51,038
	V (+5 kN/m)	+37,179	+37,077	+37,335
$t_{Steg-\alpha-a_{oben}-a_{unten}-\beta_1-\beta_2-\beta_3}$	Einwirkung	$\beta_3 = 140^\circ$ $\beta_1 = 170^\circ$	$\beta_3 = 150^\circ$ $\beta_1 = 160^\circ$	$\beta_3 = 155^\circ$ $\beta_1 = 155^\circ$
30-130-10-10-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-142,691	-143,056	-143,578
	N (+150 kN/m)	-70,927	-70,640	-70,689
	V (+5 kN/m)	+49,206	+49,332	+49,493
30-130-10-16-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-126,101	-126,305	-126,692
	N (+150 kN/m)	-63,253	-62,956	-62,986
	V (+5 kN/m)	+43,402	+43,473	+43,590
30-130-16-10-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-129,154	-128,462	-128,629
	N (+150 kN/m)	-65,607	-65,625	-65,927
	V (+5 kN/m)	+44,954	+44,717	+44,755
30-130-16-16-x-45-y	M (-10 kNm/m)	-113,889	-113,159	-113,233
	N (+150 kN/m)	-58,226	-58,214	-58,475
	V (+5 kN/m)	+39,561	+39,315	+39,321

Tabelle A.3: $\sigma_{k,K21,FE}$ in $[N/mm^2]$ für die β_3 -Variation



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang **B**

Ergänzungen zur Kerbfunktion bei reiner Normalkraft

Die effektiven Kerbspannungen infolge reiner Normalkraftbeanspruchung $\sigma_{k,K21,n}$ in den Tabellen B.1 bis B.9 dienen als Grundlage für Kapitel 5.2. Dabei werden folgende Notationen verwendet: N in [kN/m], t_{Steg} , a_{oben} und a_{unten} in [mm], α in [°], $\sigma_{k,K21,n}$ in [N/mm²]. Aus Darstellungsgründen (Dokumentgröße) ist es bei den Tabellen nicht möglich den Index FE anzuführen, weshalb im Anhang B, C und D darauf verzichtet wird. Es handelt sich dennoch bei allen effektiven Kerbspannungen um Ergebnisse der FEM-Analyse.

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	-102,175	96,315	-76,860	79,900	-73,806	77,298	-71,690	75,196	-70,068	73,441
-200	-96,315	102,175	-79,900	76,860	-77,298	73,806	-75,196	71,690	-73,441	70,068

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	-98,341	93,233	-73,851	77,495	-70,910	75,027	-68,897	73,031	-67,353	71,365
-200	-93,233	98,341	-77,495	73,851	-75,027	70,910	-73,031	68,897	-71,365	67,353

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	-87,419	83,185	-65,848	69,601	-63,281	67,494	-61,554	65,785	-60,241	64,369
-200	-83,185	87,419	-69,601	65,848	-67,494	63,281	-65,785	61,554	-64,369	62,241

Tabelle B.1: $\sigma_{k,K21,n}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ für $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$ und $\alpha = 90^\circ$

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	-118,759	103,64	-92,738	85,006	-88,836	81,606	-85,846	78,953	-83,315	76,684
-200	-103,64	118,759	-85,006	92,738	-81,606	88,836	-78,953	85,846	-76,684	83,315

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	-114,913	101,032	-89,577	83,039	-85,826	79,773	-82,960	77,230	-80,564	75,065
-200	-101,032	114,913	-83,039	89,577	-79,773	85,826	-77,230	82,960	-75,065	80,564

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	-103,843	92,067	-81,065	76,144	-77,764	73,273	-75,261	71,031	-73,205	69,136
-200	-92,067	103,843	-76,144	81,065	-73,273	77,764	-71,031	75,261	-69,136	73,205

Tabelle B.2: $\sigma_{k,K21,n}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ für $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$ und $\alpha = 110^\circ$

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	-129,652	106,542	-106,289	86,632	-101,774	82,541	-97,845	79,221	-94,198	76,402
-200	-106,542	129,652	-86,632	106,289	-82,541	101,774	-79,221	97,845	-76,402	94,198

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	-126,191	104,67	-103,310	85,268	-98,953	81,294	-95,196	78,071	-91,718	75,330
-200	-104,67	126,191	-85,268	103,310	-81,294	98,953	-78,071	95,196	-75,330	91,718

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	-116,036	97,428	-95,116	79,781	-91,244	76,161	-87,940	73,223	-84,893	70,717
-200	-97,428	116,036	-79,781	95,116	-76,161	91,244	-73,223	87,940	-70,717	84,893

Tabelle B.3: $\sigma_{k,K21,n}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ für $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$ und $\alpha = 130^\circ$

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-152,455	151,912	-105,667	115,503	-99,288	109,546	-95,252	105,305	-92,590	102,117
-300	-151,912	152,455	-115,503	105,667	-109,546	99,288	-105,305	92,252	-102,117	92,590

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-147,784	148,842	-101,956	113,180	-95,639	107,385	-91,679	103,244	-89,046	100,180
-300	-148,842	147,784	-113,180	101,956	-107,385	95,639	-103,244	91,679	-100,180	89,046

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-136,435	139,96	-93,592	106,813	-87,573	101,434	-83,832	97,612	-81,353	94,805
-300	-139,96	136,435	-106,813	93,592	-101,434	87,573	-97,612	83,832	-94,805	81,353

Tabelle B.4: $\sigma_{k,K21,n}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ für $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$ und $\alpha = 90^\circ$

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-176,571	162,445	-129,021	123,900	-121,913	117,210	-117,130	112,282	-113,716	108,578
-300	-162,445	176,571	-123,900	129,021	-117,210	121,913	-112,282	117,130	-108,578	113,716

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-171,683	159,82	-124,867	121,986	-117,852	115,453	-113,167	110,666	-109,797	107,051
-300	-159,82	171,683	-121,986	124,867	-115,453	117,852	-110,666	113,167	-107,051	109,797

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-160,049	152,296	-115,777	116,705	-108,882	110,530	-104,460	106,108	-101,321	102,726
-300	-152,296	160,049	-116,705	115,777	-110,530	108,882	-106,108	104,460	-102,726	101,321

Tabelle B.5: $\sigma_{k,K21,n}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ für $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$ und $\alpha = 110^\circ$

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-188,326	164,591	-146,037	126,034	-139,219	118,768	-134,312	113,229	-130,428	108,766
-300	-164,591	188,326	-126,034	146,037	-118,768	139,219	-113,229	134,312	-108,766	130,428

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-183,695	162,875	-141,758	124,898	-134,981	117,762	-130,133	112,344	-126,335	107,982
-300	-162,875	183,695	-124,898	141,758	-117,762	134,981	-112,344	130,133	-107,982	126,335

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	-173,103	157,781	-132,501	121,500	-125,886	114,711	-121,195	109,574	-117,602	105,467
-300	-157,781	173,103	-121,500	132,501	-114,711	125,886	-109,574	121,195	-105,467	117,602

Tabelle B.6: $\sigma_{k,K21,n}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ für $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$ und $\alpha = 130^\circ$

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	-208,063	215,794	-139,476	157,999	-129,265	147,909	-122,595	140,678	-118,222	135,322
-400	-215,794	208,063	-157,999	139,476	-147,909	129,265	-140,678	122,595	-135,322	118,222

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	-201,374	211,425	-134,423	154,807	-124,373	144,938	-117,800	137,807	-113,465	132,572
-400	-211,425	201,374	-154,807	134,423	-144,938	124,373	-137,807	117,800	-132,572	113,465

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	-186,93	201,198	-123,829	147,594	-114,221	138,158	-107,953	131,387	-103,725	126,372
-400	-201,198	186,93	-147,594	123,829	-138,158	114,221	-131,387	107,953	-126,372	103,725

Tabelle B.7: $\sigma_{k,K21,n}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ für $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$ und $\alpha = 90^\circ$

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	-240,967	229,772	-171,751	170,108	-160,419	159,416	-152,996	151,725	-148,061	146,079
-400	-229,772	240,967	-170,108	171,751	-159,416	160,419	-151,725	152,996	-146,079	148,061

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	-233,61	225,68	-165,972	167,136	-154,868	156,597	-147,406	149,119	-142,583	143,585
-400	-225,68	233,61	-167,136	165,972	-156,597	154,868	-149,119	147,406	-143,585	142,583

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	-217,947	216,594	-153,906	160,735	-143,316	150,622	-136,177	143,542	-131,220	138,202
-400	-216,594	217,947	-160,735	153,906	-150,622	143,316	-143,542	136,177	-138,202	131,220

Tabelle B.8: $\sigma_{k,K21,n}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ für $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$ und $\alpha = 110^\circ$

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	-255,057	231,418	-191,959	171,935	-181,425	160,621	-174,037	152,086	-168,584	145,342
-400	-231,418	255,057	-171,935	191,959	-160,621	181,425	-152,086	174,037	-145,342	168,584

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	-247,871	228,284	-185,771	169,806	-175,319	158,706	-168,007	150,336	-162,618	143,746
-400	-228,284	247,871	-169,806	185,771	-158,706	175,319	-150,336	168,007	-143,746	162,618

$\sigma_{k,K21,n}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$									
	$a_{unten} = 5 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$N \text{ [kN/m]}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	-233,081	221,836	-173,218	165,556	-162,965	154,884	-155,752	146,864	-150,475	140,578
-400	-221,836	233,081	-165,556	173,218	-154,884	162,965	-146,864	155,752	-10,578	150,475

Tabelle B.9: $\sigma_{k,K21,n}$ in $[\text{N}/\text{mm}^2]$ für $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$ und $\alpha = 130^\circ$

Anhang **C**

Ergänzungen zur Kerbfunktion bei Momentenbeanspruchung

Die effektiven Kerbspannungen infolge M-N-Interaktion $\sigma_{k,K21,mn}$ und die daraus abgeleiteten effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m}(N)$ in den Tabellen C.3 bis C.38, sowie die Kerbfaktoren $K_{t,mn}$ in den Tabellen C.39 bis C.47 dienen als Grundlage für Kapitel 5.3. Dabei werden, falls nicht anders angegeben, folgende Notationen verwendet: M in [kNm/m], N in [kN/m], t_{Steg} , a_{oben} und a_{unten} in [mm], α in [°], $\sigma_{0,n}$, $\sigma_{0,m}$, $\sigma_{k,K21,mn}$ und $\sigma_{k,K21,m}(N)$ in [N/mm²], $K_{t,mn}$ in [-].

Zur Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m}(N)$ werden die Gleichungen C.1 und C.2 verwendet. Die effektiven Kerbspannungen infolge Normalkraftbeanspruchung $\sigma_{k,K21,n}$ werden aufgrund der Ergebnisse gemäß Kapitel B linear interpoliert.

$$\text{(Min. Werte)} \quad \sigma_{k,K21,m,min}(N) = \sigma_{k,K21,n} - \sigma_{k,K21,mn} \quad (\text{C.1})$$

$$\text{(Max. Werte)} \quad \sigma_{k,K21,m,max}(N) = \sigma_{k,K21,mn} - \sigma_{k,K21,n} \quad (\text{C.2})$$

Zur Ermittlung der dimensionslosen Kerbfaktoren $K_{t,mn}$ und der dazu notwendigen Bezugsspannung $\sigma_{0,m}$ werden die Gleichungen C.3 und C.4 verwendet.

$$K_{t,mn} = \frac{\max. |\sigma_{k,K21,m}|}{\sigma_{0,m}} \quad (\text{C.3})$$

$$\sigma_{0,m} = \frac{6 \cdot 10^3 \cdot M}{t_{Steg}^2} \quad (\text{C.4})$$

Außerdem wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der Wertebereich der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} im Laufe der Diplomarbeit von {10, 12, 14, 16} auf {5, 10, 12, 14, 16} angepasst wurde. Durch die doppelte Normierung, welche in Kapitel 5.3.2.2 entsprechend thematisiert wurde, mussten ausschließlich die Kerbfaktoren infolge reiner Momentenbeanspruchung zusätzlich ermittelt werden, da die M-N-Interaktion auf der Grundlage

einer Umhüllenden basiert. Die effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,m}(N=0)$ mit $a_{unten} = 5$ mm, sowie die zugehörigen Kerbfaktoren $K_{t,m}$ werden in den Tabellen C.1 bis C.2 gelistet.

Biegemoment $M = 1$ kNm/m		a_{unten} a_{oben}	5 8		5 10		5 16	
α	t_{Steg}	$\sigma_{0,m}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
90	20	15,000	-23,094	27,654	-21,995	25,683	-17,763	19,624
90	30	6,667	-15,577	19,793	-15,420	19,293	-14,184	17,118
90	40	3,750	-11,751	15,713	-11,744	15,560	-11,344	14,666
110	20	15,000	-24,704	27,974	-23,649	26,012	-19,375	20,096
110	30	6,667	-16,608	19,702	-16,514	19,262	-15,339	17,234
110	40	3,750	-12,424	15,332	-12,476	15,242	-12,173	14,508
130	20	15,000	-24,558	27,432	-23,632	25,459	-19,694	19,759
130	30	6,667	-16,308	19,023	-16,290	18,598	-15,297	16,681
130	40	3,750	-12,158	14,534	-12,256	14,478	-12,061	13,858

Tabelle C.1: $\sigma_{k,K21,mn}$ für $a_{unten} = 5$ mm

Biegemoment $M = 1$ kNm/m		a_{unten} a_{oben}	5 8	5 10	5 16	5 8	5 10	5 16
α	t_{Steg}	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,m}(N=0)$			$K_{t,m}$		
90	20	15,000	27,654	25,683	19,624	1,844	1,712	1,308
90	30	6,667	19,793	19,293	17,118	2,969	2,894	2,568
90	40	3,750	15,713	15,560	14,666	4,190	4,149	3,911
110	20	15,000	27,974	26,012	20,096	1,865	1,734	1,340
110	30	6,667	19,702	19,262	17,234	2,955	2,889	2,585
110	40	3,750	15,332	15,242	14,508	4,089	4,065	3,869
130	20	15,000	27,432	25,459	19,759	1,829	1,697	1,317
130	30	6,667	19,023	18,598	16,681	2,853	2,790	2,502
130	40	3,750	14,534	14,478	13,858	3,876	3,861	3,695

Tabelle C.2: $\sigma_{k,K21,m}(N=0)$, $K_{t,m}$ für $a_{unten} = 5$ mm

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	$\sigma_{k,K21,mn}$		$\sigma_{k,K21,m}(N)$		$\sigma_{k,K21,m}(N)$		$\sigma_{k,K21,m}(N)$		$\sigma_{k,K21,m}(N)$	
200	10,0	-91,577	102,436	-88,206	98,558	-78,023	85,879	14,717	22,536	14,355	21,043
80	4,0	-45,515	54,525	-43,932	52,061	-38,524	44,130	14,771	22,565	14,392	21,063
20	1,0	-22,548	30,651	-21,833	28,884	-18,790	23,275	14,862	22,661	14,448	21,135
0	0,0	-14,957	22,746	-14,519	21,189	-12,232	16,338	14,957	22,746	14,519	21,189
-10	-0,5	-11,199	18,822	-10,890	17,369	-8,970	12,882	7,204	14,979	7,015	9,984
-20	-1,0	-7,497	14,940	-7,303	13,577	-5,733	9,451	-0,493	7,254	-0,446	6,192
-40	-2,0	-0,926	7,982	-0,836	6,680	-0,118	3,423	-15,054	-7,390	-14,663	-8,090
-200	-10,0	-57,491	62,364	-56,555	59,670	-53,369	53,751	-22,409	-14,496	-20,940	-14,181
$M = -3 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-35,318	14,139	-32,613	15,637	-29,932	21,158	-41,542	-65,761	-41,238	-61,858
80	4,0	-37,238	15,314	-33,311	14,909	-21,577	10,835	6,494	-16,646	3,771	-16,089
40	2,0	-52,564	29,869	-48,305	29,060	-35,208	23,661	37,192	13,889	33,535	13,561
20	1,0	-60,375	37,339	-55,921	36,290	-42,093	30,174	52,689	29,349	48,536	28,541
0	0,0	-68,237	44,871	-63,568	43,558	-49,013	36,697	68,237	44,871	63,568	43,558
-20	-1,0	-76,116	52,439	-71,236	50,866	-55,950	43,246	68,126	44,753	63,487	43,481
-80	-4,0	-99,908	75,256	-94,374	72,846	-76,762	62,948	67,948	44,512	63,376	43,306
-200	-10,0	-147,652	121,198	-140,703	117,045	-118,474	102,413	67,752	44,338	63,208	43,194
$M = +10 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-225,484	306,514	-218,330	288,842	-187,901	232,748	148,624	226,614	144,479	211,347
80	4,0	-179,861	258,990	-174,426	242,574	-148,524	191,125	149,117	227,030	144,886	211,576
20	1,0	-157,123	235,332	-152,494	219,556	-128,862	170,314	149,437	227,342	145,109	211,807
0	0,0	-149,571	227,455	-145,192	211,892	-122,323	163,376	149,571	227,455	145,192	211,892
-80	-4,0	-119,455	196,018	-116,138	181,307	-96,230	135,714	87,495	165,274	85,140	151,767
-120	-6,0	-104,531	180,414	-101,653	166,072	-83,200	121,940	56,591	134,298	55,156	121,761
-160	-8,0	-89,679	164,813	-87,298	150,918	-70,235	108,196	25,759	103,325	25,302	91,837
-200	-10,0	-74,971	149,402	-73,031	135,770	-57,326	94,509	-4,929	72,542	-4,464	61,919
$M = -20 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-376,429	223,986	-347,375	217,790	-257,640	179,417	299,569	144,086	273,524	140,295
160	8,0	-392,037	238,909	-362,614	232,276	-271,427	192,460	330,549	174,989	303,533	170,280
80	4,0	-423,417	269,008	-393,197	261,268	-299,050	218,553	392,673	237,048	363,657	230,270
40	2,0	-439,157	284,071	-408,488	275,826	-312,893	231,599	423,785	268,091	393,718	260,327
0	0,0	-454,911	299,142	-423,783	290,385	-326,753	244,646	454,911	299,142	423,783	290,385
-20	-1,0	-462,788	306,684	-431,442	297,685	-333,690	251,169	454,798	298,998	423,693	290,300
-80	-4,0	-486,418	329,386	-454,454	319,605	-354,501	270,832	454,458	298,642	423,456	290,065
-200	-10,0	-533,787	374,923	-500,554	363,476	-396,124	210,156	453,887	298,063	423,059	289,625
$M = -20 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-376,429	223,986	-347,375	217,790	-257,640	179,417	299,569	144,086	273,524	140,295
160	8,0	-392,037	238,909	-362,614	232,276	-271,427	192,460	330,549	174,989	303,533	170,280
80	4,0	-423,417	269,008	-393,197	261,268	-299,050	218,553	392,673	237,048	363,657	230,270
40	2,0	-439,157	284,071	-408,488	275,826	-312,893	231,599	423,785	268,091	393,718	260,327
0	0,0	-454,911	299,142	-423,783	290,385	-326,753	244,646	454,911	299,142	423,783	290,385
-20	-1,0	-462,788	306,684	-431,442	297,685	-333,690	251,169	454,798	298,998	423,693	290,300
-80	-4,0	-486,418	329,386	-454,454	319,605	-354,501	270,832	454,458	298,642	423,456	290,065
-200	-10,0	-533,787	374,923	-500,554	363,476	-396,124	210,156	453,887	298,063	423,059	289,625
$M = -20 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-376,429	223,986	-347,375	217,790	-257,640	179,417	299,569	144,086	273,524	140,295
160	8,0	-392,037	238,909	-362,614	232,276	-271,427	192,460	330,549	174,989	303,533	170,280
80	4,0	-423,417	269,008	-393,197	261,268	-299,050	218,553	392,673	237,048	363,657	230,270
40	2,0	-439,157	284,071	-408,488	275,826	-312,893	231,599	423,785	268,091	393,718	260,327
0	0,0	-454,911	299,142	-423,783	290,385	-326,753	244,646	454,911	299,142	423,783	290,385
-20	-1,0	-462,788	306,684	-431,442	297,685	-333,690	251,169	454,798	298,998	423,693	290,300
-80	-4,0	-486,418	329,386	-454,454	319,605	-354,501	270,832	454,458	298,642	423,456	290,065
-200	-10,0	-533,787	374,923	-500,554	363,476	-396,124	210,156	453,887	298,063	423,059	289,625
$M = -20 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-376,429	223,986	-347,375	217,790	-257,640	179,417	299,569	144,086	273,524	140,295
160	8,0	-392,037	238,909	-362,614	232,276	-271,427	192,460	330,549	174,989	303,533	170,280
80	4,0	-423,417	269,008	-393,197	261,268	-299,050	218,553	392,673	237,048	363,657	230,270
40	2,0	-439,157	284,071	-408,488	275,826	-312,893	231,599	423,785	268,091	393,718	260,327
0	0,0	-454,911	299,142	-423,783	290,385	-326,753	244,646	454,911	299,142	423,783	290,385
-20	-1,0	-462,788	306,684	-431,442	297,685	-333,690	251,169	454,798	298,998	423,693	290,300
-80	-4,0	-486,418	329,386	-454,454	319,605	-354,501	270,832	454,458	298,642	423,456	290,065
-200	-10,0	-533,787	374,923	-500,554	363,476	-396,124	210,156	453,887	298,063	423,059	289,625
$M = -20 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-376,429	223,986	-347,375	217,790	-257,640	179,417	299,569	144,086	273,524	140,295
160	8,0	-392,037	238,909	-362,614	232,276	-271,427	192,460	330,549	174,989	303,533	170,280
80	4,0	-423,417	269,008	-393,197	261,268	-299,050	218,553	392,673	237,048	363,657	230,270
40	2,0	-439,157	284,071	-408,488	275,826	-312,893	231,599	423,785	268,091	393,718	260,327
0	0,0	-454,911	299,142	-423,783	290,385	-326,753	244,646	454,911	299,142	423,783	290,385
-20	-1,0	-462,788	306,684	-431,442	297,685	-333,690	251,169	454,798	298,998	423,693	290,300
-80	-4,0	-486,418	329,386	-454,454	319,605	-354,501	270,832	454,458	298,642	423,456	290,065
-200	-10,0	-533,787	374,923	-500,554	363,476	-396,124	210,156	453,887	298,063	423,059	289,625
$M = -20 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-376,429	223,986	-347,375	217,790	-257,640	179,417	299,569	144,086	273,524	140,295
160	8,0	-392,037	238,909	-362,614	232,276	-271,427	192,460	330,549	174,989	303,533	170,280
80	4,0	-423,417	269,008	-393,197	261,268	-299,050	218,553	392,673	237,048	363,657	230,270
40	2,0	-439,157	284,071	-408,488	275,826	-312,893	231,599	423,785	268,091	393,718	260,327
0	0,0	-454,911	299,142	-423,783	290,385	-326,753	244,646	454,911	299,142	423,783	290,385
-20	-1,0	-462,788	306,684	-431,442	297,685	-333,690	251,169	454,798	298,998	423,693	290,300
-80	-4,0	-486,418	329,386	-454,454	319,605	-354,501	270,832	454,458	298,642	423,456	290,065
-200	-10,0	-533,787	374,923	-500,554	363,476	-396,124	210,156	453,887	298,063	423,059	289,625

 Tabelle C.3: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 12 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-87,422	99,199	-84,281	95,546	-74,734	83,362	13,616	21,901	13,371	20,519
80	4,0	-43,226	52,899	-41,785	50,544	-36,783	42,964	13,704	21,980	13,421	20,533
20	1,0	-21,206	29,798	-20,605	28,087	-17,844	22,637	13,825	22,068	13,514	20,584
0	0,0	-13,926	22,134	-13,578	20,632	-11,548	15,910	13,926	22,134	13,578	20,632
-10	-0,5	-10,326	18,330	-10,099	16,918	-8,411	12,557	6,461	14,640	6,348	9,827
-20	-1,0	-6,786	14,560	-6,665	13,243	-5,305	9,218	-0,944	7,179	-0,838	6,152
-40	-2,0	-0,656	7,689	-0,600	6,440	-0,074	3,292	-14,804	-7,072	-14,405	-7,742
-200	-10,0	-55,364	60,242	-54,542	57,607	-51,628	51,843	-21,934	-13,564	-20,485	-13,303
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-35,044	12,955	-32,301	14,564	-29,367	20,222	-38,762	-64,343	-38,609	-60,463
80	4,0	-36,291	13,508	-32,480	13,305	-21,072	9,822	6,769	-17,411	4,116	-16,706
40	2,0	-51,200	27,408	-47,062	26,843	-34,327	22,117	36,439	11,948	32,880	11,838
20	1,0	-58,780	34,563	-54,467	33,771	-41,013	28,362	51,399	26,833	47,376	26,268
0	0,0	-66,401	41,779	-61,895	40,735	-47,729	34,644	66,401	41,779	61,895	40,735
-20	-1,0	-74,053	49,036	-69,325	47,739	-54,456	40,938	66,323	41,655	61,822	40,648
-80	-4,0	-97,075	70,935	-91,736	68,865	-74,644	59,838	66,156	41,413	61,725	40,501
-200	-10,0	-143,277	114,970	-136,641	111,222	-115,103	97,709	65,979	41,164	61,614	40,312
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-212,061	297,984	-206,051	280,868	-178,435	226,308	138,255	220,686	135,141	205,841
80	4,0	-168,300	251,946	-163,804	236,038	-140,654	186,005	138,778	221,027	135,440	206,027
20	1,0	-146,511	228,988	-142,774	213,747	-121,773	165,824	139,130	221,258	135,683	206,244
0	0,0	-139,264	221,338	-135,783	206,318	-115,479	159,097	139,264	221,338	135,783	206,318
-40	-4,0	-110,420	190,878	-107,931	176,603	-90,367	132,252	79,501	161,356	77,920	148,239
-120	-6,0	-96,108	175,718	-94,069	161,783	-77,871	118,880	49,729	131,434	49,053	119,237
-160	-8,0	-81,907	160,595	-80,299	147,073	-65,433	105,507	20,069	101,550	20,277	90,345
-200	-10,0	-67,861	145,603	-66,650	132,430	-53,052	92,183	-9,437	71,797	-8,377	61,520
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-366,597	206,509	-338,368	201,979	-251,132	168,215	292,791	129,211	267,458	126,952
160	8,0	-381,757	220,841	-353,206	215,862	-264,505	180,735	322,712	159,003	296,478	155,840
80	4,0	-412,122	249,629	-382,921	243,711	-291,285	205,784	382,600	218,710	354,557	213,700
40	2,0	-427,389	264,067	-397,778	257,638	-304,739	218,371	412,628	248,607	383,596	242,633
0	0,0	-442,676	278,527	-412,636	271,566	-318,194	230,959	442,676	278,527	412,636	271,566
-20	-1,0	-450,324	285,775	-420,065	278,539	-324,921	237,253	442,594	278,394	412,562	271,448
-80	-4,0	-473,281	307,536	-442,351	299,569	-345,102	256,134	442,362	278,014	412,340	271,205
-200	-10,0	-519,202	351,154	-486,976	341,629	-385,465	293,896	441,904	277,348	411,949	270,719

 Tabelle C.4: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
200	10,0	-84,785	96,862	-81,752	93,240	-72,617	81,391	13,095	21,666	12,855	20,209
80	4,0	-41,796	51,761	-40,323	49,430	-35,694	41,921	13,120	21,682	12,764	20,218
20	1,0	-20,392	29,229	-19,834	27,536	-17,246	22,186	13,223	21,709	12,944	20,233
0	0,0	-13,310	21,756	-13,010	20,265	-11,123	15,616	13,310	21,756	13,010	20,265
0	-0,5	-9,810	18,043	-9,625	16,642	-8,074	12,342	6,050	14,459	5,973	9,752
-20	-1,0	-6,371	14,357	-6,287	13,047	-5,050	9,082	-1,149	7,188	-1,016	6,157
-40	-2,0	-0,513	7,516	-0,473	6,304	-0,056	3,183	-14,526	-6,822	-14,133	-7,475
-200	-10,0	-53,692	58,800	-52,947	56,187	-50,234	50,540	-21,504	-12,890	-20,084	-12,710
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
200	10,0	-34,524	11,836	-31,820	13,550	-28,865	19,380	-37,166	-63,360	-37,077	-59,481
80	4,0	-35,834	12,478	-32,055	12,367	-20,788	9,222	7,158	-17,601	4,496	-16,845
40	2,0	-50,427	25,963	-46,329	25,518	-33,756	21,180	36,089	10,924	32,550	10,912
20	1,0	-57,831	32,921	-53,538	32,245	-40,296	27,271	50,662	25,401	46,648	24,942
0	0,0	-65,267	39,931	-60,795	39,030	-46,849	33,370	65,267	39,931	60,795	39,030
-20	-1,0	-72,736	46,995	-68,052	45,847	-53,415	39,484	65,216	39,826	60,749	38,957
-80	-4,0	-95,187	68,283	-89,893	66,341	-73,137	57,880	65,108	39,607	60,681	38,782
-200	-10,0	-140,249	111,082	-133,686	107,530	-112,606	94,778	65,053	39,392	60,655	38,633
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
200	10,0	-203,920	292,287	-198,337	275,355	-172,459	221,864	132,230	217,091	129,440	202,324
80	4,0	-161,376	247,433	-157,368	231,678	-135,688	182,425	132,700	217,354	129,809	202,466
20	1,0	-140,141	225,026	-136,918	209,907	-117,348	162,729	132,972	217,506	130,028	202,604
0	0,0	-133,103	217,557	-130,101	202,649	-111,234	156,164	133,103	217,557	130,101	202,649
-80	-4,0	-105,083	187,833	-102,971	173,624	-86,841	129,960	75,004	159,157	73,759	146,065
-120	-6,0	-91,157	173,026	-89,537	159,228	-74,654	116,880	46,039	130,012	45,718	117,890
-160	-8,0	-77,360	158,229	-76,141	144,838	-62,531	103,800	17,203	100,877	17,716	89,720
-200	-10,0	-63,715	143,565	-62,873	130,467	-50,502	90,818	-11,481	71,875	-10,158	61,570
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
200	10,0	-360,859	196,210	-332,847	192,504	-246,841	161,495	289,169	121,014	263,950	119,473
160	8,0	-375,665	210,166	-347,248	205,942	-259,920	173,682	318,313	150,009	292,130	147,517
80	4,0	-405,287	238,089	-376,269	233,018	-286,080	198,058	376,611	208,010	348,710	203,806
40	2,0	-420,176	252,129	-390,784	246,568	-299,197	210,255	405,838	237,090	377,005	231,962
0	0,0	-435,114	266,205	-405,299	260,202	-312,328	222,469	435,114	266,205	405,299	260,202
-20	-1,0	-442,583	273,244	-412,556	267,018	-318,893	228,582	435,063	266,075	405,253	260,128
-80	-4,0	-464,990	294,396	-434,328	287,469	-338,589	246,922	434,911	265,720	405,116	259,910
-200	-10,0	-509,805	336,931	-477,872	328,369	-377,981	283,602	434,609	265,241	404,841	259,472

 Tabelle C.5: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-82,737	94,806	-79,817	91,283	-71,008	79,727	-71,008	79,727	12,669	21,365
80	4,0	-40,766	50,790	-39,455	48,495	-34,884	41,111	-34,884	41,111	12,739	21,414
20	1,0	-19,827	28,795	-19,306	27,115	-16,840	21,823	-16,840	21,823	12,820	21,451
0	0,0	-12,915	21,483	-12,638	19,997	-10,836	15,394	-10,836	15,394	12,915	21,483
-10	-0,5	-9,486	17,847	-9,324	16,455	-7,852	12,184	-7,852	12,184	5,814	14,344
-20	-1,0	-6,122	14,239	-6,059	12,933	-4,890	8,988	-4,890	8,988	-1,222	7,232
-40	-2,0	-0,437	7,434	-0,404	6,240	-0,048	3,102	-0,048	3,102	-14,251	-6,580
-200	-10,0	-52,187	57,501	-51,552	54,979	-49,065	49,520	-49,065	49,520	-21,254	-12,567
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-33,811	10,763	-31,187	12,594	-28,341	18,609	-28,341	18,609	-36,257	-62,678
80	4,0	-35,598	11,870	-31,826	11,825	-20,630	8,863	-20,630	8,863	7,571	-17,506
40	2,0	-49,913	25,073	-45,829	24,685	-33,346	20,588	-33,346	20,588	35,899	10,385
20	1,0	-57,176	31,871	-52,900	31,284	-39,759	26,536	-39,759	26,536	50,169	24,527
0	0,0	-64,448	38,746	-59,991	37,915	-46,182	32,507	-46,182	32,507	64,448	38,746
-20	-1,0	-71,750	45,640	-67,098	44,566	-52,611	38,501	-52,611	38,501	64,406	38,633
-80	-4,0	-93,716	66,435	-88,470	64,620	-71,899	56,529	-71,899	56,529	64,340	38,408
-200	-10,0	-137,706	108,318	-131,232	104,924	-110,475	92,615	-110,475	92,615	64,265	38,250
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-198,270	287,946	-193,064	271,145	-168,395	218,233	-168,395	218,233	128,202	214,505
80	4,0	-156,733	244,040	-152,991	228,398	-132,335	179,657	-132,335	179,657	128,706	214,664
20	1,0	-136,044	222,108	-133,020	207,077	-114,348	160,370	-114,348	160,370	129,037	214,764
0	0,0	-129,153	214,827	-126,382	199,970	-108,355	153,940	-108,355	153,940	129,153	214,827
-80	-4,0	-101,680	185,737	-99,859	171,619	-84,483	128,254	-84,483	128,254	72,304	157,710
-120	-6,0	-88,090	171,192	-86,668	157,477	-72,583	115,430	-72,583	115,430	44,025	129,151
-160	-8,0	-74,578	156,781	-73,586	143,335	-60,714	102,646	-60,714	102,646	15,825	100,727
-200	-10,0	-61,220	142,387	-60,594	129,330	-48,898	89,885	-48,898	89,885	-12,221	72,319
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-356,930	189,722	-329,096	186,488	-243,684	157,049	-243,684	157,049	286,862	116,281
160	8,0	-371,474	203,360	-343,238	199,718	-256,508	168,965	-256,508	168,965	315,420	144,607
80	4,0	-400,564	230,741	-371,523	226,237	-282,163	192,798	-282,163	192,798	372,537	201,365
40	2,0	-415,109	244,523	-385,725	239,497	-295,022	204,746	-295,022	204,746	401,095	229,835
0	0,0	-429,653	258,306	-399,939	252,764	-307,880	216,710	-307,880	216,710	429,653	258,306
-20	-1,0	-436,926	265,197	-407,046	259,401	-314,310	222,701	-314,310	222,701	429,582	258,190
-80	-4,0	-458,838	285,871	-428,368	279,354	-333,598	240,688	-333,598	240,688	429,462	257,844
-200	-10,0	-502,702	327,306	-471,020	319,297	-372,173	276,684	-372,173	276,684	429,261	257,238

 Tabelle C.6: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-109,209	107,674	-105,722	104,193	-94,918	92,613	16,471	22,668	16,145	21,154
80	4,0	-53,705	56,800	-52,083	54,480	-46,341	46,990	16,530	22,694	16,174	21,167
20	1,0	-25,998	31,440	-25,266	29,681	-22,040	24,206	16,755	22,982	16,338	21,417
0	0,0	-16,849	23,032	-16,419	21,452	-13,962	16,635	16,849	23,032	16,419	21,452
-10	-0,5	-12,315	18,858	-11,998	17,347	-9,953	12,861	8,065	14,221	7,846	8,389
-20	-1,0	-7,863	14,749	-7,660	13,303	-5,966	9,107	-0,595	5,506	-0,604	4,375
-40	-2,0	-0,472	7,920	-0,357	6,473	-0,042	3,663	-16,529	-10,628	-16,251	-11,442
-200	-10,0	-62,311	76,356	-61,821	73,520	-59,585	67,261	-22,695	-16,382	-21,218	-16,057
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-45,376	18,326	-42,580	20,330	-39,934	26,775	-47,362	-66,680	-46,997	-62,709
80	4,0	-36,341	15,029	-32,065	14,581	-19,979	10,121	-0,834	-19,077	-3,844	-18,732
40	2,0	-52,447	32,465	-47,990	31,657	-34,816	25,854	33,899	15,464	30,075	15,049
20	1,0	-60,710	41,428	-56,138	40,409	-42,355	33,867	51,467	32,970	47,210	32,145
0	0,0	-69,096	50,545	-64,355	49,256	-49,906	41,885	69,096	50,545	64,355	49,256
-20	-1,0	-77,500	59,695	-72,571	58,104	-57,474	49,914	69,042	50,452	64,307	49,176
-80	-4,0	-102,747	87,137	-97,281	84,687	-80,207	74,217	68,641	49,962	63,968	48,778
-200	-10,0	-153,465	142,609	-146,892	138,365	-125,783	122,827	68,459	49,871	63,853	48,788
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-259,961	314,374	-252,638	296,787	-220,383	242,038	167,223	229,368	163,061	213,748
80	4,0	-205,084	263,936	-199,577	247,382	-171,784	196,626	167,909	229,830	163,668	214,069
20	1,0	-177,633	238,723	-173,035	222,732	-147,634	173,921	168,390	230,265	164,107	214,468
0	0,0	-168,483	230,319	-164,188	214,516	-139,616	166,353	168,483	230,319	164,188	214,516
-80	-4,0	-132,115	196,841	-128,799	181,649	-107,546	136,153	98,009	159,666	95,486	145,740
-120	-6,0	-114,189	180,325	-111,299	165,349	-91,519	121,076	63,185	124,682	61,476	111,603
-160	-8,0	-96,268	163,817	-93,964	149,200	-75,496	106,011	28,263	89,627	27,533	77,538
-200	-10,0	-78,656	147,521	-76,625	133,061	-59,676	91,096	-6,350	54,783	-6,414	43,484
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-377,182	246,316	-346,966	239,979	-257,241	199,075	284,444	161,310	257,389	156,940
160	8,0	-393,714	264,255	-363,328	257,622	-272,331	215,113	319,524	196,250	291,666	191,191
80	4,0	-427,026	300,368	-396,166	292,989	-302,481	247,164	389,851	266,262	360,257	259,676
40	2,0	-443,828	318,667	-412,598	310,682	-317,569	263,198	425,280	301,666	394,683	294,074
0	0,0	-460,637	336,967	-429,031	328,376	-332,706	279,232	460,637	336,967	429,031	328,376
-20	-1,0	-469,044	346,119	-437,250	337,225	-340,276	287,251	460,586	336,876	428,986	328,297
-80	-4,0	-495,102	374,255	-462,696	364,435	-363,626	311,890	460,996	337,080	429,383	328,526
-200	-10,0	-544,654	428,447	-511,172	416,828	-408,369	359,756	459,648	335,709	428,133	327,251

 Tabelle C.7: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 12 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-104,095	103,625	-100,833	100,308	-90,754	89,237	15,259	22,019	15,007	20,535
80	4,0	-50,940	54,766	-49,455	52,534	-44,144	45,332	15,331	22,023	15,051	20,530
20	1,0	-24,427	30,374	-23,829	28,666	-20,907	23,389	15,572	22,255	15,275	20,727
0	0,0	-15,684	22,306	-15,336	20,758	-13,160	16,086	15,684	22,306	15,336	20,758
-10	-0,5	-11,336	18,302	-11,125	16,830	-9,313	12,453	7,256	13,860	7,136	8,247
-20	-1,0	-7,097	14,339	-6,977	12,927	-5,498	8,846	-1,022	5,484	-0,962	4,373
-40	-2,0	-0,318	7,639	-0,238	6,249	-0,034	3,613	-16,003	-10,128	-15,717	-10,916
-200	-10,0	-59,575	73,564	-59,205	70,769	-57,238	64,681	-22,031	-15,272	-20,568	-15,057
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-44,783	16,768	-41,858	18,892	-38,904	25,417	-44,053	-64,838	-43,968	-60,881
80	4,0	-35,317	13,174	-31,170	12,928	-19,434	9,087	-0,292	-19,569	-3,234	-19,076
40	2,0	-50,915	29,757	-46,584	29,174	-33,748	24,124	33,148	13,436	29,419	13,219
20	1,0	-58,904	38,343	-54,407	37,585	-40,979	31,760	50,049	30,224	45,853	29,646
0	0,0	-66,918	47,052	-62,272	46,006	-48,259	39,478	66,918	47,052	62,272	46,006
-20	-1,0	-74,957	55,760	-70,156	54,427	-55,541	47,226	66,838	46,905	62,217	45,873
-80	-4,0	-99,210	82,113	-93,920	80,024	-77,475	70,461	66,467	46,504	61,916	45,620
-200	-10,0	-148,024	135,149	-141,688	131,286	-121,365	116,937	66,418	46,313	61,915	45,460
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-244,246	303,713	-238,268	286,633	-209,050	233,866	155,410	222,107	152,442	206,860
80	4,0	-191,671	255,215	-187,056	239,135	-162,584	189,993	156,062	222,472	152,652	207,131
20	1,0	-165,546	231,100	-161,775	215,438	-139,342	168,144	156,691	222,981	153,221	207,499
0	0,0	-156,838	223,061	-153,354	207,573	-131,594	160,863	156,838	223,061	153,354	207,573
-80	-4,0	-122,006	191,017	-119,670	176,125	-100,774	131,766	89,263	155,408	87,666	141,721
-120	-6,0	-104,858	175,038	-102,836	160,488	-85,502	117,310	55,894	121,736	54,972	108,992
-160	-8,0	-87,847	159,102	-86,261	144,859	-70,234	102,875	22,562	88,033	22,443	76,198
-200	-10,0	-70,991	143,423	-69,791	129,294	-55,001	88,483	-10,615	54,587	-9,982	43,468
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-366,071	226,745	-336,629	222,517	-249,087	186,285	277,235	145,139	250,803	142,744
160	8,0	-382,065	244,035	-352,280	239,363	-263,555	201,568	310,996	178,750	283,619	175,545
80	4,0	-414,015	278,846	-383,689	273,026	-292,606	232,201	378,406	246,103	349,285	241,022
40	2,0	-430,046	296,261	-399,417	289,867	-307,165	247,694	412,279	279,940	382,252	273,912
0	0,0	-446,122	313,677	-415,146	306,709	-321,726	263,189	446,122	313,677	415,146	306,709
-20	-1,0	-454,163	322,387	-423,013	315,132	-329,009	270,938	446,044	313,532	415,074	306,578
-80	-4,0	-479,094	349,154	-447,376	341,022	-351,474	294,731	446,351	313,545	415,372	306,618
-200	-10,0	-526,487	400,739	-494,087	391,106	-394,590	340,646	444,881	311,903	414,314	305,280

 Tabelle C.8: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$			
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.			
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
200	10,0	-100,415	100,481	-97,328	97,287	-87,760	86,601	14,569	21,528	14,368	20,057	12,499	15,570
80	4,0	-48,983	53,245	-47,616	51,069	-42,650	44,060	14,573	21,565	14,362	20,085	12,483	15,574
20	1,0	-23,384	29,642	-22,840	27,965	-20,102	22,787	14,827	21,787	14,571	20,280	12,599	15,713
0	0,0	-14,907	21,812	-14,604	20,286	-12,623	15,707	14,907	21,812	14,604	20,286	12,623	15,707
-10	-0,5	-10,722	17,937	-10,554	16,476	-8,883	12,175	6,774	13,645	6,693	8,180	5,331	8,412
-20	-1,0	-6,617	14,094	-6,546	12,705	-5,202	8,675	-1,238	5,537	-1,139	4,436	-1,872	1,172
-40	-2,0	-0,244	7,419	-0,183	6,067	-0,034	3,528	-15,547	-9,750	-15,263	-10,525	-14,172	-11,524
-200	-10,0	-57,284	71,351	-57,036	68,611	-55,353	62,734	-21,669	-14,495	-20,194	-14,349	-15,678	-12,527
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-43,874	15,317	-40,966	17,564	-38,033	24,265	-41,972	-63,636	-41,994	-59,666	-37,228	-46,766
80	4,0	-34,772	12,045	-30,692	11,912	-19,123	8,439	0,362	-19,635	-2,562	-19,072	-11,044	-20,047
40	2,0	-49,963	28,015	-45,652	27,618	-33,014	22,966	32,794	12,224	29,060	12,172	17,962	8,760
20	1,0	-57,673	36,350	-53,223	35,711	-40,043	30,390	49,116	28,495	44,954	28,026	32,540	23,316
0	0,0	-65,436	44,720	-60,857	43,813	-47,120	37,868	65,436	44,720	60,857	43,813	47,120	37,868
-20	-1,0	-73,234	53,114	-68,515	52,044	-54,198	45,347	65,379	44,557	60,830	43,775	47,124	37,844
-80	-4,0	-96,774	78,663	-91,577	76,750	-75,447	67,778	65,094	44,253	60,593	43,496	46,961	37,611
-200	-10,0	-143,987	129,801	-137,798	126,274	-118,003	112,911	65,034	43,955	60,568	43,314	46,972	37,650
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-233,818	296,391	-228,379	279,627	-201,000	227,848	147,972	217,438	145,419	202,397	125,739	156,817
80	4,0	-182,725	249,317	-178,973	233,510	-156,144	185,377	148,315	217,637	145,719	202,526	125,977	156,891
20	1,0	-157,437	225,917	-154,261	210,494	-133,707	164,145	148,880	218,062	145,992	202,809	126,204	157,071
0	0,0	-149,067	218,119	-146,043	202,858	-126,228	157,068	149,067	218,119	146,043	202,858	126,228	157,068
-80	-4,0	-115,587	187,093	-113,638	172,329	-96,313	128,780	83,907	152,683	82,654	139,075	67,827	98,613
-120	-6,0	-98,855	171,653	-97,452	157,209	-81,452	114,728	51,483	120,145	51,114	107,433	38,833	69,571
-160	-8,0	-82,503	156,321	-81,289	142,110	-66,752	100,706	19,341	87,644	19,505	75,742	9,927	40,497
-200	-10,0	-66,193	140,971	-65,476	127,077	-52,041	86,771	-12,760	55,125	-11,754	44,117	-18,990	11,510
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-358,760	214,453	-329,553	211,101	-243,517	177,683	272,914	135,500	246,593	133,871	168,256	106,652
160	8,0	-374,216	231,197	-344,688	227,298	-257,582	192,644	305,539	168,035	278,320	165,514	197,373	135,819
80	4,0	-405,091	264,656	-375,182	259,667	-285,827	222,542	370,681	232,976	341,928	228,683	255,660	194,056
40	2,0	-420,640	281,394	-390,448	275,859	-299,980	237,499	403,471	265,603	373,856	260,413	284,928	223,293
0	0,0	-436,237	298,134	-405,715	292,086	-314,135	252,456	436,237	298,134	405,715	292,086	314,135	252,456
-20	-1,0	-444,038	306,505	-413,352	300,285	-321,214	259,937	436,183	297,948	405,667	292,016	314,140	252,434
-80	-4,0	-468,230	332,228	-437,019	325,600	-343,054	282,904	436,550	297,818	406,035	292,346	314,568	252,737
-200	-10,0	-514,223	382,469	-482,376	374,404	-384,890	327,230	435,270	296,623	405,146	291,444	313,859	251,969

 Tabelle C.9: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-97,353	97,935	-94,416	94,837	-85,284	84,443	14,038	21,251	13,852	19,772
80	4,0	-47,478	52,006	-46,180	49,869	-41,431	43,017	14,083	21,235	13,886	19,752
20	1,0	-22,598	29,081	-22,086	27,415	-19,499	22,309	14,293	21,453	14,056	19,946
0	0,0	-14,353	21,462	-14,108	19,949	-12,218	15,412	14,353	21,462	14,108	19,949
-10	-0,5	-10,307	17,683	-10,155	16,232	-8,590	11,974	6,473	13,517	6,402	8,176
-20	-1,0	-6,320	13,955	-6,263	12,558	-5,003	8,556	-1,308	5,650	-1,206	4,528
-40	-2,0	-0,208	7,266	-0,156	5,938	-0,034	3,424	-15,129	-9,397	-14,857	-10,175
-200	-10,0	-55,358	69,338	-55,186	66,724	-53,724	61,062	-21,326	-13,977	-19,879	-13,840
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-42,732	13,962	-39,961	16,328	-37,133	23,220	-40,583	-62,722	-40,603	-58,737
80	4,0	-34,518	11,361	-30,422	11,284	-18,948	8,025	1,123	-19,410	-1,872	-18,833
40	2,0	-49,316	26,882	-45,004	26,556	-32,488	22,147	32,653	11,545	28,891	11,543
20	1,0	-56,825	34,965	-52,396	34,380	-39,360	29,398	48,520	27,337	44,366	26,911
0	0,0	-64,384	43,058	-59,846	42,322	-46,237	36,653	64,384	43,058	59,846	42,322
-20	-1,0	-72,004	51,301	-67,307	50,301	-53,131	43,908	64,376	42,996	59,838	42,271
-80	-4,0	-94,869	76,033	-89,724	74,229	-73,817	65,817	64,098	42,638	59,607	41,935
-200	-10,0	-140,737	125,805	-134,635	122,457	-115,238	109,676	64,053	42,490	59,570	41,893
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-225,961	290,782	-220,841	274,129	-194,978	223,069	142,646	214,098	140,277	199,064
80	4,0	-176,502	245,093	-172,989	229,332	-151,197	181,701	143,107	214,322	140,695	199,215
20	1,0	-151,763	222,234	-149,053	206,947	-129,433	161,007	143,458	214,606	141,023	199,478
0	0,0	-143,526	214,615	-141,075	199,486	-122,178	154,122	143,526	214,615	141,075	199,486
-80	-4,0	-111,159	184,383	-109,380	168,721	-93,158	126,617	80,388	150,988	79,263	136,427
-120	-6,0	-94,992	169,358	-93,733	154,938	-78,654	112,873	48,982	119,369	48,694	106,600
-160	-8,0	-78,972	154,436	-78,090	140,238	-64,292	99,199	17,625	87,784	18,038	75,787
-200	-10,0	-63,218	139,576	-62,644	125,601	-50,049	85,580	-13,466	56,261	-12,421	45,037
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-353,692	206,162	-324,673	203,124	-239,501	171,822	270,377	129,478	244,109	128,059
160	8,0	-368,797	222,339	-339,469	218,782	-253,257	186,334	302,145	160,992	275,018	158,730
80	4,0	-398,971	254,667	-369,127	250,237	-280,741	215,337	365,576	223,896	336,833	220,120
40	2,0	-414,076	270,839	-384,049	266,192	-294,492	229,846	397,413	255,502	367,936	251,179
0	0,0	-429,230	287,052	-398,972	282,149	-308,244	244,355	429,230	287,052	398,972	282,149
-20	-1,0	-436,851	295,282	-406,435	290,129	-315,122	251,612	429,223	286,977	398,966	282,099
-80	-4,0	-460,492	320,615	-429,556	314,647	-336,406	273,890	429,721	287,220	399,439	282,353
-200	-10,0	-505,399	369,479	-473,564	361,917	-377,179	316,889	428,715	286,164	398,499	281,353

 Tabelle C.10: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-123,509	109,206	-120,319	106,255	-109,990	96,116	17,220	22,574	17,009	20,987
80	4,0	-59,822	57,277	-58,393	55,126	-52,942	48,257	17,163	22,448	16,927	20,853
20	1,0	-28,114	31,382	-27,524	29,609	-24,453	24,345	17,540	22,783	17,247	21,143
0	0,0	-17,672	22,824	-17,329	21,158	-15,002	16,400	17,672	22,824	17,329	21,158
-10	-0,5	-12,537	18,592	-12,296	16,966	-10,311	12,445	8,205	13,278	8,033	6,635
-20	-1,0	-7,562	14,449	-7,386	12,843	-5,699	8,532	-1,037	3,875	-1,080	2,566
-40	-2,0	-0,346	8,649	-0,233	7,089	-0,339	5,075	-16,980	-12,609	-16,821	-13,573
-200	-10,0	-64,202	89,317	-64,388	86,477	-63,492	80,313	-22,430	-16,972	-20,880	-16,833
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-57,332	20,605	-54,136	23,435	-51,118	31,130	-48,957	-66,027	-49,174	-61,833
80	4,0	-35,449	13,384	-30,595	12,884	-18,027	8,344	-7,210	-21,445	-10,871	-21,389
40	2,0	-51,580	32,552	-46,734	31,909	-33,393	26,273	30,322	15,226	26,072	14,855
20	1,0	-59,979	42,705	-55,067	41,888	-41,276	35,601	49,405	34,106	44,790	33,422
0	0,0	-68,471	53,014	-63,472	51,986	-49,199	45,005	68,471	53,014	63,472	51,986
-20	-1,0	-77,012	63,415	-71,911	62,150	-57,140	54,445	68,413	52,841	63,445	51,873
-80	-4,0	-102,763	94,870	-97,323	92,840	-81,005	82,848	67,934	52,211	63,050	51,374
-200	-10,0	-154,534	158,276	-148,338	154,552	-128,815	139,809	67,902	51,987	63,070	51,242
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-281,287	313,876	-275,280	296,142	-244,562	243,486	174,998	227,244	171,970	210,874
80	4,0	-218,321	262,397	-213,951	245,323	-187,774	195,752	175,662	227,568	172,485	211,050
20	1,0	-187,082	236,753	-183,421	220,000	-159,436	171,925	176,508	228,154	173,144	211,534
0	0,0	-176,713	228,237	-173,285	211,574	-150,017	163,996	176,713	228,237	173,285	211,574
-80	-4,0	-135,544	194,319	-132,943	177,993	-112,437	132,330	100,715	151,660	98,670	136,527
-120	-6,0	-115,217	177,499	-112,972	161,313	-93,764	116,551	63,238	113,726	61,811	99,327
-160	-8,0	-95,185	160,847	-93,223	144,752	-75,241	100,853	25,879	75,816	25,009	62,104
-200	-10,0	-75,573	144,435	-73,819	128,384	-56,952	85,282	-11,059	38,146	-11,449	25,074
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-371,781	250,708	-339,280	245,872	-248,865	206,179	265,492	164,076	235,970	160,604
160	8,0	-388,628	271,081	-355,978	265,879	-264,653	224,867	303,597	201,775	273,330	197,665
80	4,0	-422,481	312,125	-389,520	306,109	-296,297	262,402	379,822	277,296	348,054	271,836
40	2,0	-439,442	332,751	-406,304	326,312	-312,130	281,193	418,184	315,425	385,642	309,258
0	0,0	-456,474	353,425	-423,148	346,571	-327,991	300,034	456,474	353,425	423,148	346,571
-20	-1,0	-464,997	363,786	-431,582	356,711	-335,924	309,458	456,398	353,212	423,116	346,434
-80	-4,0	-490,570	394,953	-456,870	387,160	-359,729	337,737	455,741	352,294	422,507	345,694
-200	-10,0	-541,927	457,537	-507,572	448,303	-407,402	394,462	455,295	351,248	422,304	344,993

 Tabelle C.11: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-117,888	104,406	-114,936	101,589	-105,330	91,912	16,114	21,865	15,983	20,295
80	4,0	-56,912	54,923	-55,623	52,839	-50,603	46,220	16,068	21,736	15,908	20,162
20	1,0	-26,549	30,242	-26,057	28,505	-23,275	23,391	16,423	22,050	16,213	20,434
0	0,0	-16,554	22,078	-16,292	20,441	-14,212	15,806	16,554	22,078	16,292	20,441
-10	-0,5	-11,644	18,036	-11,476	16,439	-9,714	12,027	7,517	12,947	7,411	6,544
-20	-1,0	-6,898	14,068	-6,787	12,494	-5,298	8,285	-1,294	3,942	-1,284	2,650
-40	-2,0	-0,281	8,370	-0,195	6,885	-0,220	5,012	-16,227	-11,985	-16,064	-12,906
-200	-10,0	-60,810	85,893	-61,097	83,139	-60,457	77,230	-21,731	-15,881	-20,197	-15,814
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-55,914	18,534	-52,737	21,456	-49,586	29,241	-45,860	-64,007	-46,216	-59,838
80	4,0	-34,583	11,891	-29,846	11,559	-17,589	7,561	-6,261	-21,296	-9,869	-21,118
40	2,0	-50,095	30,097	-45,335	29,670	-32,314	24,676	29,740	13,589	25,544	13,411
20	1,0	-58,125	39,801	-53,299	39,209	-39,816	33,618	47,999	31,609	43,455	31,138
0	0,0	-66,232	49,662	-61,323	48,875	-47,416	42,635	66,232	49,662	61,323	48,875
-20	-1,0	-74,381	59,612	-69,376	28,608	-54,999	51,685	66,189	49,486	61,305	18,764
-80	-4,0	-98,938	89,732	-93,618	87,996	-77,783	78,925	65,751	48,888	60,941	48,281
-200	-10,0	-148,280	150,426	-142,271	147,116	-123,429	133,571	65,739	48,652	60,977	48,163
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-265,530	302,471	-260,607	285,095	-232,783	233,947	163,756	219,930	161,654	203,801
80	4,0	-205,354	253,364	-201,858	236,619	-178,317	188,376	164,510	220,177	162,143	203,942
20	1,0	-175,461	228,904	-172,625	212,448	-151,156	165,625	165,335	220,712	162,781	204,377
0	0,0	-165,540	220,775	-162,918	204,409	-142,116	158,053	165,540	220,775	162,918	204,409
-80	-4,0	-126,159	188,384	-124,317	172,351	-106,083	127,798	92,972	147,540	91,640	132,636
-120	-6,0	-106,743	172,308	-105,215	156,405	-88,188	112,724	57,218	111,244	56,439	97,033
-160	-8,0	-87,618	156,368	-86,346	140,569	-70,443	97,717	21,585	74,949	21,311	61,407
-200	-10,0	-68,937	140,626	-67,834	124,891	-52,948	82,816	-13,604	38,852	-13,460	25,938
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-360,663	232,836	-328,734	229,480	-240,507	194,240	258,889	150,295	229,781	148,186
160	8,0	-376,759	252,312	-344,694	248,628	-255,589	212,161	295,340	186,279	265,532	183,593
80	4,0	-409,111	291,573	-376,718	287,131	-285,826	248,145	368,267	258,386	337,003	254,454
40	2,0	-425,302	311,262	-392,745	306,454	-300,954	266,158	404,947	294,754	372,954	290,195
0	0,0	-441,549	331,079	-408,819	325,836	-316,107	284,233	441,549	331,079	408,819	325,836
-20	-1,0	-449,687	340,998	-416,865	335,546	-323,683	293,278	441,495	330,872	408,794	325,702
-80	-4,0	-474,090	370,802	-440,992	364,711	-346,406	320,409	440,903	329,958	408,315	324,996
-200	-10,0	-523,065	430,712	-489,384	423,245	-391,938	374,779	440,524	328,938	408,090	324,292

 Tabelle C.12: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$ $t_{Step} = 20 \text{ mm}$	$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
	N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
$M = +1 \text{ kNm/m}$												
$\sigma_{k,K21,mn}$												
200	10,0	-113,189	100,576	-110,439	97,856	-101,430	88,525	15,344	21,355	15,243	19,785	13,490
80	4,0	-54,563	53,086	-53,379	51,043	-48,688	44,600	15,297	21,231	15,173	19,659	13,397
20	1,0	-25,371	29,389	-24,934	27,669	-22,351	22,651	15,636	21,527	15,464	19,919	13,601
0	0,0	-15,759	21,546	-15,541	19,921	-13,616	15,356	15,759	21,546	15,541	19,921	13,616
-10	-0,5	-11,037	17,659	-10,908	16,072	-9,281	11,722	7,076	12,767	7,004	6,552	5,620
-20	-1,0	-6,477	13,832	-6,399	12,271	-5,028	8,119	-1,385	4,097	-1,351	2,801	-2,248
-40	-2,0	-0,251	8,071	-0,179	6,646	-0,126	4,881	-15,593	-11,498	-15,435	-12,393	-14,519
-200	-10,0	-57,986	82,720	-58,369	80,106	-57,954	74,510	-21,235	-15,125	-19,702	-15,090	-15,269
$M = -3 \text{ kNm/m}$												
$\sigma_{k,K21,mn}$												
200	10,0	-54,093	16,642	-51,055	19,675	-48,023	27,608	-43,752	-62,579	-44,141	-58,396	-39,917
80	4,0	-34,093	11,002	-29,416	10,756	-17,333	7,079	-5,173	-20,853	-8,790	-20,628	-17,958
40	2,0	-49,111	28,467	-44,384	28,145	-31,541	23,541	29,542	12,623	25,345	12,531	13,953
20	1,0	-56,842	37,794	-52,046	37,323	-38,788	32,157	47,107	29,932	42,576	29,573	30,038
0	0,0	-64,637	47,275	-59,763	46,621	-46,067	40,847	64,637	47,275	59,763	46,621	46,067
-20	-1,0	-72,471	56,845	-67,502	55,984	-53,361	49,571	64,609	47,110	59,752	46,514	46,085
-80	-4,0	-96,054	85,804	-84,259	-90,794	-75,268	75,825	64,199	46,538	52,875	-129,000	45,855
-200	-10,0	-143,426	144,172	-137,526	141,133	-119,157	128,483	64,205	46,327	59,455	45,937	45,934
$M = +10 \text{ kNm/m}$												
$\sigma_{k,K21,mn}$												
200	10,0	-253,752	293,938	-249,382	276,737	-223,542	226,544	155,907	214,717	154,186	198,666	135,602
80	4,0	-195,870	246,784	-192,864	230,162	-171,046	182,725	156,604	214,929	154,658	198,778	135,755
20	1,0	-167,119	223,268	-164,742	206,938	-144,857	160,840	157,384	215,406	155,272	199,188	136,107
0	0,0	-157,585	215,458	-155,405	199,209	-136,156	153,557	157,585	215,458	155,405	199,209	136,156
-80	-4,0	-119,715	184,306	-118,257	168,372	-101,429	124,464	87,860	145,040	86,873	130,166	72,016
-120	-6,0	-101,048	168,833	-99,891	153,029	-84,185	109,954	53,515	110,126	53,048	95,911	40,251
-160	-8,0	-82,670	153,468	-81,750	137,779	-67,093	95,509	19,293	75,192	19,293	61,622	8,515
-200	-10,0	-64,732	138,270	-63,953	122,660	-50,249	81,155	-14,489	40,425	-14,118	27,464	-22,974
$M = -20 \text{ kNm/m}$												
$\sigma_{k,K21,mn}$												
200	10,0	-353,128	220,710	-321,388	218,114	-234,409	185,588	255,283	141,489	226,192	140,043	146,469
160	8,0	-368,604	239,424	-336,736	236,507	-248,921	202,852	290,328	176,047	260,579	174,050	178,569
80	4,0	-399,717	277,155	-367,540	273,561	-278,000	237,529	360,451	245,300	329,334	242,177	242,709
40	2,0	-415,297	296,127	-382,955	292,150	-292,546	254,904	395,728	280,283	363,916	276,536	274,958
0	0,0	-430,916	315,169	-398,419	310,809	-307,114	272,312	430,916	315,169	398,419	310,809	307,114
-20	-1,0	-438,733	324,701	-406,155	320,149	-314,402	281,016	430,871	314,966	398,405	310,679	307,126
-80	-4,0	-462,200	353,367	-429,343	348,207	-336,261	307,163	430,345	314,101	397,959	310,001	306,848
-200	-10,0	-509,260	410,981	-475,836	404,542	-380,053	359,556	430,039	313,136	397,765	309,346	306,830

 Tabelle C.13: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Step} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-108,963	97,381	-106,392	94,733	-97,905	85,667	14,765	20,979
80	4,0	-52,517	51,570	-51,413	49,554	-46,985	43,243	14,714	20,846
20	1,0	-24,408	28,714	-24,005	27,000	-21,560	22,044	15,036	21,133
0	0,0	-15,149	21,144	-14,952	19,518	-13,126	14,996	15,149	19,518
-10	-0,5	-10,600	17,387	-10,484	15,800	-8,942	11,485	6,780	12,677
-20	-1,0	-6,204	13,682	-6,139	12,123	-4,836	8,001	-1,377	4,310
-40	-2,0	-0,240	7,799	-0,173	6,411	-0,068	4,716	-15,040	-11,041
-200	-10,0	-55,542	79,638	-56,013	77,195	-55,803	71,949	-20,860	-14,560
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-52,024	14,914	-49,186	18,058	-46,404	26,152	-42,174	-61,488
80	4,0	-33,839	10,489	-29,180	10,278	-17,188	6,786	-3,964	-20,235
40	2,0	-48,425	27,323	-43,695	27,043	-30,951	22,671	29,585	12,043
20	1,0	-55,898	36,311	-51,102	35,891	-37,954	30,989	46,526	28,730
0	0,0	-63,432	45,447	-58,555	44,854	-44,988	39,379	63,432	45,447
-20	-1,0	-70,990	54,667	-66,030	53,882	-52,034	47,799	63,409	45,259
-80	-4,0	-93,754	82,560	-88,512	81,125	-73,197	73,148	63,030	44,757
-200	-10,0	-139,451	138,764	-133,607	135,931	-115,582	123,987	63,049	44,566
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-244,114	287,182	-240,087	270,046	-215,630	220,470	149,916	210,780
80	4,0	-188,374	241,669	-185,629	225,074	-164,943	178,133	150,571	210,945
20	1,0	-160,681	218,980	-158,515	202,645	-139,673	157,000	151,309	211,399
0	0,0	-151,490	211,439	-149,513	195,182	-131,262	149,960	151,490	211,439
-80	-4,0	-115,009	181,341	-113,708	165,397	-97,738	121,845	84,285	143,538
-120	-6,0	-97,014	166,377	-96,001	150,572	-81,089	107,829	51,173	109,858
-160	-8,0	-79,298	151,510	-78,503	135,820	-64,582	93,859	18,176	76,152
-200	-10,0	-62,004	136,775	-61,349	121,179	-48,326	79,972	-14,398	42,577
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200	10,0	-347,699	211,967	-315,955	209,651	-229,659	178,802	253,501	135,565
160	8,0	-362,674	230,013	-330,787	227,411	-243,685	195,470	287,316	168,891
80	4,0	-392,728	266,370	-360,563	263,122	-271,786	228,958	354,925	235,646
40	2,0	-407,782	284,638	-375,443	281,047	-285,840	245,715	388,942	269,358
0	0,0	-422,878	302,979	-390,364	299,026	-299,920	262,524	422,878	302,979
-20	-1,0	-430,426	312,168	-397,832	308,033	-306,965	270,940	422,845	302,979
-80	-4,0	-453,063	339,789	-420,231	335,065	-328,085	296,176	422,339	301,986
-200	-10,0	-498,489	395,274	-465,124	389,369	-370,363	346,756	422,087	301,076

 Tabelle C.14: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-114,733	129,815	-111,092	127,280	-102,302	119,528	9,066	14,312	9,136	14,100
120	4	-51,346	60,593	-49,925	59,403	-46,161	55,440	9,079	14,392	9,143	14,131
30	1	-19,727	26,081	-19,403	25,557	-18,121	23,463	9,160	14,531	9,207	14,239
0	0	-9,290	14,764	-9,312	14,418	-8,817	12,874	9,290	14,764	9,312	14,418
-15	-0,5	-4,228	9,373	-4,382	9,057	-4,232	7,694	-1,547	4,090	-1,277	3,959
-30	-1	-0,239	5,423	-0,286	4,880	-0,232	3,398	-11,311	-5,144	-11,032	-5,316
-60	-2	-9,272	12,483	-8,982	11,587	-8,880	10,151	-13,829	-8,650	-13,654	-8,804
-300	-10	-101,245	96,697	-99,200	92,895	-94,149	84,882	-14,258	-8,970	-13,980	-9,061
$\sigma_{k,K21,mn}$											
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-79,070	73,189	-75,039	71,501	-67,651	69,020	-26,597	-42,314	-26,917	-41,679
120	4	-18,709	6,956	-16,502	6,339	-12,806	6,475	-23,558	-39,245	-24,280	-38,933
60	2	-23,222	7,907	-22,191	8,442	-18,138	8,229	2,089	-15,194	1,800	-14,194
30	1	-33,356	17,669	-32,410	18,024	-28,196	17,235	22,789	6,119	22,214	6,706
0	0	-44,293	27,870	-43,255	27,936	-38,621	26,450	44,293	27,870	43,255	27,936
-30	-1	-55,514	38,251	-54,326	37,983	-49,170	35,734	43,964	27,684	43,008	27,787
-120	-4	-89,718	69,695	-87,933	68,368	-81,048	63,705	43,517	27,428	42,661	27,586
-300	-10	-158,706	132,926	-155,588	129,406	-145,001	119,776	43,203	27,259	42,408	27,450
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-197,270	260,812	-194,034	255,569	-181,213	234,630	91,603	145,309	92,078	142,389
120	4	-134,457	192,599	-133,328	188,514	-125,316	170,935	92,190	146,398	92,546	143,242
30	1	-103,268	158,777	-103,152	155,171	-97,433	139,279	92,701	147,227	92,956	143,853
0	0	-92,900	147,644	-93,121	144,184	-88,168	128,736	92,900	147,644	93,121	144,184
-120	-4	-52,155	104,109	-53,547	100,982	-51,368	87,117	5,954	61,842	8,275	60,200
-180	-6	-32,559	83,746	-34,329	80,440	-33,307	66,952	-36,743	20,346	-33,579	19,266
-240	-8	-14,662	65,899	-16,378	61,957	-16,055	48,146	-77,740	-18,635	-74,166	-19,608
-300	-10	-2,386	54,233	-2,858	48,805	-2,317	33,984	-113,117	-51,434	-110,322	-53,151
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-187,463	84,551	-181,146	87,637	-153,881	84,641	81,796	-30,952	79,190	-25,543
240	8	-208,218	104,310	-201,963	107,093	-174,235	102,735	123,684	11,908	120,398	16,549
120	4	-251,169	144,813	-244,751	146,389	-215,609	139,397	208,902	98,612	203,969	101,117
60	2	-273,156	165,238	-266,475	166,245	-236,455	157,860	252,023	142,137	246,084	143,609
0	0	-295,288	185,799	-288,368	186,243	-257,472	176,336	295,288	185,799	288,368	186,243
-30	-1	-306,421	196,156	-299,320	196,273	-268,015	185,595	294,871	185,589	288,002	186,077
-120	-4	-339,940	227,293	-332,498	226,375	-299,660	213,423	293,739	185,026	287,226	185,593
-300	-10	-407,877	289,789	-399,310	286,870	-363,029	269,245	292,374	184,122	286,130	184,914

 Tabelle C.15: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$	$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$	$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.
$M = +1 \text{ kNm/m}$													
$\sigma_{k,K21,mn}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-107,307	123,087	-103,789	120,690	-95,456	113,466	8,019	13,541	8,150	13,305	7,883	12,032
120	4	-47,787	57,413	-46,443	56,305	-42,942	52,613	8,072	13,595	8,187	13,351	7,913	12,039
30	1	-18,110	24,663	-17,829	24,178	-16,702	22,231	8,181	13,708	8,265	13,439	7,945	12,088
0	0	-8,328	13,926	-8,377	13,609	-8,003	12,170	8,328	13,926	8,377	13,609	8,003	12,170
-15	-0,5	-3,611	8,827	-3,784	8,531	-3,727	7,258	-1,866	3,863	-1,585	3,749	-1,345	2,879
-30	-1	-0,204	5,294	-0,178	4,740	-0,145	3,294	-10,751	-4,635	-10,561	-4,824	-9,998	-5,463
-60	-2	-8,845	12,189	-8,562	11,285	-8,476	9,780	-13,064	-7,669	-12,915	-7,843	-11,811	-7,735
-300	-10	-96,071	91,299	-94,136	87,553	-89,451	79,717	-13,475	-7,989	-13,249	-8,086	-11,983	-7,856
$M = -3 \text{ kNm/m}$													
$\sigma_{k,K21,mn}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-75,662	69,630	-71,574	68,015	-64,117	65,658	-23,626	-39,916	-24,065	-39,370	-23,456	-35,776
120	4	-18,919	6,599	-16,679	6,019	-12,839	6,188	-20,796	-37,219	-21,577	-36,935	-22,190	-34,386
60	2	-21,908	6,454	-20,918	7,020	-17,099	7,048	2,050	-15,455	1,790	-14,457	-0,416	-13,239
30	1	-31,415	15,457	-30,545	15,877	-26,613	15,405	21,486	4,502	20,981	5,138	17,856	5,262
0	0	-41,778	24,983	-40,828	25,132	-36,508	24,009	41,778	24,983	40,828	25,132	36,508	24,009
-30	-1	-52,403	34,697	-51,316	34,533	-46,544	32,678	41,448	24,768	40,577	24,969	36,401	23,921
-120	-4	-84,866	64,184	-83,211	62,993	-76,798	58,840	41,048	24,469	40,257	24,737	36,224	23,811
-300	-10	-150,361	123,559	-147,454	120,237	-137,555	111,327	40,815	24,271	40,069	24,598	36,121	23,754
$M = +10 \text{ kNm/m}$													
$\sigma_{k,K21,mn}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-181,097	246,626	-178,286	241,778	-167,023	222,306	81,809	137,080	82,647	134,393	79,450	120,872
120	4	-122,175	181,853	-121,401	178,118	-114,737	161,844	82,460	138,035	83,145	135,164	79,708	121,270
30	1	-92,945	149,831	-93,135	146,494	-88,695	131,712	83,016	138,876	83,571	135,755	79,938	121,569
0	0	-83,276	139,260	-83,774	136,092	-80,032	121,695	83,276	139,260	83,774	136,092	80,032	121,695
-120	-4	-45,259	98,038	-46,866	95,134	-45,688	82,213	1,441	58,323	3,912	56,878	5,114	47,184
-180	-6	-27,214	78,902	-29,080	75,812	-28,920	63,125	-38,514	19,329	-35,351	18,429	-31,940	10,581
-240	-8	-11,110	62,560	-12,810	58,666	-13,086	45,478	-76,527	-16,870	-73,098	-17,845	-68,061	-24,580
-300	-10	-2,044	52,942	-1,777	47,403	-1,454	32,935	-107,502	-46,346	-105,608	-48,236	-99,980	-54,638
$M = -20 \text{ kNm/m}$													
$\sigma_{k,K21,mn}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-176,537	72,221	-170,624	75,679	-145,168	74,549	77,249	-37,325	74,985	-31,706	57,595	-26,885
240	8	-196,076	90,517	-190,267	93,731	-164,427	91,377	116,646	2,880	113,756	7,823	94,369	10,230
120	4	-236,704	128,179	-230,719	130,306	-203,734	125,576	196,989	84,361	192,463	87,352	168,705	85,002
60	2	-257,427	147,262	-251,399	148,882	-223,498	142,785	237,569	125,353	232,271	127,405	205,983	122,498
0	0	-278,521	166,551	-272,184	167,548	-243,389	160,063	278,521	166,551	272,184	167,548	243,389	160,063
-30	-1	-289,090	176,218	-282,581	176,893	-253,395	168,725	278,135	166,289	271,842	167,329	243,252	159,968
-120	-4	-320,850	205,305	-313,935	205,066	-283,512	194,721	277,032	165,590	270,981	166,810	242,938	159,692
-300	-10	-385,286	263,909	-377,432	261,676	-343,774	246,898	275,740	164,621	270,047	166,037	242,340	159,325

 Tabelle C.16: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$	$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$	$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.
$\sigma_{k,K21,mn}$													
$M = +1 \text{ kNm/m}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-102,674	118,277	-99,228	116,014	-91,176	109,170	7,422	12,972	7,549	12,770	7,344	11,558
120	4	-45,536	55,158	-44,223	54,110	-40,889	50,613	7,435	13,036	7,551	12,812	7,356	11,568
30	1	-17,061	23,679	-16,809	23,222	-15,791	21,377	7,536	13,148	7,641	12,898	7,408	11,616
0	0	-7,690	13,341	-7,761	13,048	-7,470	11,689	7,690	13,341	7,761	13,048	7,470	11,689
-15	-0,5	-3,197	8,441	-3,383	8,161	-3,389	6,953	-2,068	3,828	-1,779	3,577	-1,492	2,761
-30	-1	-0,172	5,185	-0,125	4,625	-0,101	3,208	-10,359	-4,340	-10,199	-4,543	-9,660	-5,175
-60	-2	-8,503	12,036	-8,244	11,114	-8,171	9,564	-12,558	-6,414	-12,405	-7,222	-11,351	-7,202
-300	-10	-92,416	87,893	-90,574	84,178	-86,100	76,491	-12,889	-4,359	-12,670	-7,501	-11,512	-7,341
$\sigma_{k,K21,m}(N)$													
$M = -3 \text{ kNm/m}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-73,590	67,007	-69,511	65,488	-61,953	63,248	-21,662	-38,298	-22,168	-37,756	-21,879	-34,364
120	4	-19,059	6,245	-16,808	5,709	-12,888	5,928	-19,042	-35,877	-19,864	-35,589	-20,645	-33,117
60	2	-20,954	5,484	-20,010	6,068	-16,366	6,251	1,904	-15,577	1,674	-14,581	-0,400	-13,271
30	1	-30,066	13,979	-29,241	14,443	-25,525	14,201	20,541	3,448	20,073	4,119	17,142	4,440
0	0	-40,024	23,069	-39,144	23,283	-35,068	22,410	40,024	23,069	39,144	23,283	35,068	22,410
-30	-1	-50,269	32,363	-49,237	32,275	-44,714	30,702	39,738	22,838	38,913	23,107	34,953	22,319
-120	-4	-81,506	60,644	-79,943	59,544	-73,865	55,727	39,384	22,543	38,645	22,872	34,820	22,194
-300	-10	-144,447	117,572	-141,698	114,371	-132,335	105,922	39,142	25,320	38,454	22,692	34,723	22,090
$\sigma_{k,K21,mn}$													
$M = +10 \text{ kNm/m}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-170,606	236,788	-168,086	232,215	-157,917	213,769	75,354	131,483	76,407	128,971	74,085	116,157
120	4	-114,132	174,435	-113,618	170,917	-107,879	155,491	76,031	132,313	76,946	129,619	74,346	116,446
30	1	-86,150	143,642	-86,576	140,560	-82,977	126,493	76,625	133,111	77,408	130,236	74,594	116,732
0	0	-76,898	133,412	-77,608	130,480	-74,699	116,894	76,898	133,412	77,608	130,480	74,699	116,894
-120	-4	-40,658	93,805	-42,400	91,067	-41,913	78,846	-1,464	55,704	1,102	54,395	2,868	45,313
-180	-6	-23,590	75,468	-25,551	72,510	-25,980	60,450	-39,593	20,117	-36,395	17,503	-32,587	10,151
-240	-8	-8,799	60,046	-10,443	56,220	-11,090	43,533	-75,445	-13,756	-72,152	-17,123	-67,000	-23,533
-300	-10	-1,724	51,854	-1,248	46,245	-1,007	32,079	-103,581	-40,398	-101,996	-45,434	-96,605	-51,753
$\sigma_{k,K21,m}(N)$													
$M = -20 \text{ kNm/m}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-168,824	63,944	-163,223	67,662	-139,054	67,786	73,572	-41,361	71,544	-35,582	55,222	-29,826
240	8	-187,610	81,316	-182,133	84,799	-157,691	83,825	111,408	-2,928	108,790	2,204	90,625	5,735
120	4	-226,696	117,135	-221,120	119,662	-195,493	116,455	188,595	75,013	184,448	78,364	161,960	77,410
60	2	-246,660	135,407	-240,884	137,396	-214,641	132,916	227,610	114,346	222,548	116,747	197,875	113,394
0	0	-266,824	153,796	-260,959	155,217	-233,788	149,398	266,824	153,796	260,959	155,217	233,788	149,398
-30	-1	-277,032	163,037	-271,039	164,174	-243,361	157,655	266,501	153,512	260,715	155,006	233,600	149,272
-120	-4	-307,787	190,915	-301,279	191,117	-272,318	182,550	265,665	152,814	259,981	154,445	233,273	149,017
-300	-10	-369,615	247,042	-362,215	245,338	-330,314	232,406	264,310	154,790	258,971	153,659	232,702	148,574

 Tabelle C.17: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
300	10	-99,568	114,740	-96,187	112,568	-88,357	105,990	6,978	12,623	7,141	12,388
120	4	-44,052	53,481	-42,781	52,476	-39,561	49,135	7,016	12,634	7,163	12,404
30	1	-16,360	22,966	-16,127	22,528	-15,182	20,752	7,101	12,754	7,222	12,510
0	0	-7,258	12,934	-7,113	12,647	-7,113	11,343	7,258	12,934	7,345	12,647
-15	-0,5	-2,913	8,165	-3,108	7,898	-3,158	6,740	-2,193	3,536	-1,901	3,446
-30	-1	-0,144	5,084	-0,101	4,521	-0,077	3,133	-10,068	-4,175	-9,917	-4,384
-60	-2	-8,213	11,937	-7,967	11,009	-7,920	9,434	-12,210	-6,581	-12,069	-6,800
-300	-10	-89,615	85,728	-87,845	82,003	-83,624	74,364	-12,502	-6,862	-12,335	-7,043
$\sigma_{k,K21,mn}$											
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
300	10	-72,256	64,934	-68,152	63,512	-60,597	61,419	-20,334	-37,183	-20,894	-36,668
120	4	-19,114	5,885	-16,862	5,393	-12,921	5,671	-17,922	-34,962	-18,756	-34,679
60	2	-20,252	4,818	-19,342	5,410	-15,839	5,701	1,734	-15,605	1,533	-14,626
30	1	-29,109	12,964	-28,330	13,467	-24,762	13,377	19,850	2,752	19,425	3,449
0	0	-38,803	21,775	-37,940	22,036	-34,029	21,339	38,803	21,775	37,940	22,036
-30	-1	-48,736	30,803	-47,745	30,759	-43,411	29,380	38,524	21,544	37,727	21,854
-120	-4	-79,033	58,265	-77,537	57,231	-71,703	53,656	38,186	21,229	37,465	21,613
-300	-10	-140,049	113,671	-137,437	110,554	-128,470	102,419	37,932	21,081	37,257	21,508
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
300	10	-163,598	229,663	-161,269	225,277	-151,820	207,523	71,008	127,546	72,223	125,097
120	4	-108,729	169,113	-108,380	165,755	-103,318	150,979	71,693	128,266	72,762	125,683
30	1	-81,565	139,191	-82,129	136,259	-79,144	122,755	72,306	128,979	73,224	126,241
0	0	-72,582	129,343	-73,453	126,465	-71,129	113,430	72,582	129,343	73,453	126,465
-120	-4	-37,509	90,757	-39,329	88,183	-39,361	76,414	-3,338	53,721	-0,743	52,565
-180	-6	-21,098	72,956	-23,120	70,111	-23,966	58,527	-40,172	17,402	-36,988	16,683
-240	-8	-7,254	58,075	-8,834	54,351	-9,709	42,074	-74,440	-15,997	-71,310	-16,886
-300	-10	-1,442	50,838	-1,005	45,214	-0,773	31,328	-100,675	-41,752	-99,175	-43,832
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
300	10	-163,293	58,250	-157,966	62,151	-134,792	63,164	70,703	-43,867	68,920	-38,029
240	8	-181,513	75,019	-176,366	78,658	-152,827	78,721	107,441	-6,675	105,129	-1,486
120	4	-219,500	109,615	-214,254	112,434	-189,618	110,311	182,464	68,768	178,636	72,362
60	2	-239,035	127,321	-233,592	129,593	-208,225	126,237	220,517	106,898	215,783	109,557
0	0	-258,686	145,165	-252,930	146,905	-226,859	142,258	258,686	145,165	252,930	146,905
-30	-1	-268,511	154,145	-262,714	155,568	-236,176	150,268	258,299	144,886	252,696	146,663
-120	-4	-298,321	181,168	-292,127	181,739	-264,312	174,372	257,474	144,132	252,055	146,121
-300	-10	-358,386	235,675	-351,345	234,332	-320,780	222,791	256,269	143,085	251,165	145,286
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
300	10	-163,293	58,250	-157,966	62,151	-134,792	63,164	70,703	-43,867	68,920	-38,029
240	8	-181,513	75,019	-176,366	78,658	-152,827	78,721	107,441	-6,675	105,129	-1,486
120	4	-219,500	109,615	-214,254	112,434	-189,618	110,311	182,464	68,768	178,636	72,362
60	2	-239,035	127,321	-233,592	129,593	-208,225	126,237	220,517	106,898	215,783	109,557
0	0	-258,686	145,165	-252,930	146,905	-226,859	142,258	258,686	145,165	252,930	146,905
-30	-1	-268,511	154,145	-262,714	155,568	-236,176	150,268	258,299	144,886	252,696	146,663
-120	-4	-298,321	181,168	-292,127	181,739	-264,312	174,372	257,474	144,132	252,055	146,121
-300	-10	-358,386	235,675	-351,345	234,332	-320,780	222,791	256,269	143,085	251,165	145,286
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
300	10	-163,293	58,250	-157,966	62,151	-134,792	63,164	70,703	-43,867	68,920	-38,029
240	8	-181,513	75,019	-176,366	78,658	-152,827	78,721	107,441	-6,675	105,129	-1,486
120	4	-219,500	109,615	-214,254	112,434	-189,618	110,311	182,464	68,768	178,636	72,362
60	2	-239,035	127,321	-233,592	129,593	-208,225	126,237	220,517	106,898	215,783	109,557
0	0	-258,686	145,165	-252,930	146,905	-226,859	142,258	258,686	145,165	252,930	146,905
-30	-1	-268,511	154,145	-262,714	155,568	-236,176	150,268	258,299	144,886	252,696	146,663
-120	-4	-298,321	181,168	-292,127	181,739	-264,312	174,372	257,474	144,132	252,055	146,121
-300	-10	-358,386	235,675	-351,345	234,332	-320,780	222,791	256,269	143,085	251,165	145,286
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
300	10	-163,293	58,250	-157,966	62,151	-134,792	63,164	70,703	-43,867	68,920	-38,029
240	8	-181,513	75,019	-176,366	78,658	-152,827	78,721	107,441	-6,675	105,129	-1,486
120	4	-219,500	109,615	-214,254	112,434	-189,618	110,311	182,464	68,768	178,636	72,362
60	2	-239,035	127,321	-233,592	129,593	-208,225	126,237	220,517	106,898	215,783	109,557
0	0	-258,686	145,165	-252,930	146,905	-226,859	142,258	258,686	145,165	252,930	146,905
-30	-1	-268,511	154,145	-262,714	155,568	-236,176	150,268	258,299	144,886	252,696	146,663
-120	-4	-298,321	181,168	-292,127	181,739	-264,312	174,372	257,474	144,132	252,055	146,121
-300	-10	-358,386	235,675	-351,345	234,332	-320,780	222,791	256,269	143,085	251,165	145,286
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
300	10	-163,293	58,250	-157,966	62,151	-134,792	63,164	70,703	-43,867	68,920	-38,029
240	8	-181,513	75,019	-176,366	78,658	-152,827	78,721	107,441	-6,675	105,129	-1,486
120	4	-219,500	109,615	-214,254	112,434	-189,618	110,311	182,464	68,768	178,636	72,362
60	2	-239,035	127,321	-233,592	129,593	-208,225	126,237	220,517	106,898	215,783	109,557
0	0	-258,686	145,165	-252,930	146,905	-226,859	142,258	258,686	145,165	252,930	146,905
-30	-1	-268,511	154,145	-262,714	155,568	-236,176	150,268	258,299	144,886	252,696	146,663
-120	-4	-298,321	181,168	-292,127	181,739	-264,312	174,372	257,474	144,132	252,055	146,121
-300	-10	-358,386	235,675	-351,345	234,332	-320,780	222,791	256,269	143,085	251,165	145,286
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
300	10	-163,293	58,250	-157,966	62,151	-134,792	63,164	70,703	-43,867	68,920	-38,029
240	8	-181,513	75,019	-176,366	78,658	-152,827	78,721	107,441	-6,675	105,129	-1,486
120	4	-219,500	109,615	-214,254	112,434	-189,618	110,311	182,464	68,768	178,636	72,362
60	2	-239,035	127,321	-233,592	129,593	-208,225	126,237	220,517	106,898	215,783	109,557
0	0	-258,686	145,165	-252,930	146,905	-226,859	142,258	258,686	145,165	252,930	146,905

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-139,422	138,471	-135,468	136,319	-125,949	129,642	10,401	14,571	10,601	14,333
120	4	-62,090	64,161	-60,560	63,133	-56,486	59,624	10,521	14,653	10,653	14,390
30	1	-23,422	27,095	-23,104	26,623	-21,753	24,674	10,480	14,653	10,577	14,373
0	0	-10,650	14,927	-10,716	14,603	-10,229	13,103	10,650	14,927	10,716	14,603
-15	-0,5	-4,465	9,134	-4,666	8,812	-4,539	7,433	-1,756	2,663	-1,459	2,549
-30	-1	-0,327	5,469	-0,241	4,806	-0,223	3,235	-12,115	-7,473	-12,009	-7,721
-60	-2	-10,658	15,747	-10,440	14,743	-10,548	13,153	-14,096	-10,038	-13,932	-10,211
-300	-10	-109,487	118,777	-107,758	114,489	-103,755	105,598	-14,413	-10,244	-14,228	-10,378
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-98,298	80,860	-93,792	79,593	-85,609	78,106	-30,723	-43,040	-31,075	-42,393
120	4	-23,098	8,885	-20,667	8,418	-17,000	9,133	-28,471	-40,623	-29,240	-40,325
60	2	-22,224	7,627	-21,113	8,276	-16,921	8,119	-3,580	-17,153	-3,860	-16,121
30	1	-33,001	19,461	-32,078	19,958	-27,881	19,244	20,059	7,019	19,551	7,708
0	0	-44,782	31,951	-43,808	32,149	-39,310	30,688	44,782	31,951	43,808	32,149
-30	-1	-56,857	44,691	-55,760	44,500	-50,848	42,161	44,415	31,749	43,510	31,973
-120	-4	-93,592	83,159	-92,006	81,800	-85,672	76,839	44,084	31,590	43,263	31,893
-300	-10	-167,708	160,491	-165,001	156,707	-155,541	146,302	43,808	31,470	43,015	31,840
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-234,229	270,955	-231,041	266,238	-217,535	246,751	105,208	147,055	106,174	144,252
120	4	-157,465	197,649	-156,570	193,885	-148,188	177,195	105,896	148,141	106,663	145,142
30	1	-119,245	161,308	-119,516	157,911	-113,769	142,562	106,303	148,866	106,989	145,661
0	0	-106,503	149,274	-107,163	146,027	-102,294	131,034	106,503	149,274	107,163	146,027
-120	-4	-56,677	102,412	-58,517	99,271	-56,627	85,456	7,169	50,843	9,774	49,364
-180	-6	-32,926	80,701	-35,074	77,228	-34,283	63,460	-41,414	3,288	-38,118	2,308
-240	-8	-11,831	62,657	-13,687	58,133	-13,324	43,424	-87,289	-40,560	-83,902	-41,761
-300	-10	-3,267	54,684	-2,406	48,057	-2,233	32,345	-120,633	-74,337	-119,580	-76,810
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-182,647	89,285	-176,219	93,299	-148,642	90,755	53,626	-34,615	51,352	-28,687
240	8	-204,826	113,356	-198,544	117,036	-170,913	113,255	101,609	14,236	98,650	19,447
120	4	-251,050	162,856	-244,729	165,336	-216,259	158,693	199,481	113,348	194,822	116,593
60	2	-274,574	187,843	-268,289	189,658	-239,112	181,639	248,770	163,063	243,316	165,261
0	0	-298,548	213,005	-292,053	214,325	-262,068	204,587	298,548	213,005	292,053	214,325
-30	-1	-310,582	225,748	-303,937	226,679	-273,578	216,062	298,140	212,806	291,687	214,152
-120	-4	-346,686	263,968	-339,719	263,733	-308,210	250,481	297,178	212,399	290,976	213,826
-300	-10	-419,667	340,410	-411,816	337,842	-377,489	319,362	295,767	211,389	289,830	212,975

 Tabelle C.19: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-131,213	130,968	-127,288	128,957	-118,072	122,734	9,300	13,758	9,436	13,504
120	4	-58,089	60,648	-56,634	59,699	-52,827	56,446	9,360	13,813	9,529	13,566
30	1	-21,683	25,610	-21,405	25,173	-20,208	23,359	9,456	13,840	9,583	13,579
0	0	-9,639	14,103	-9,733	13,797	-9,364	12,386	9,639	14,103	9,733	13,797
-15	-0,5	-3,846	8,650	-4,065	8,332	-4,032	7,029	-2,039	2,537	-1,732	2,421
-30	-1	-0,288	5,485	-0,212	4,799	-0,199	3,245	-11,482	-6,742	-11,382	-7,023
-60	-2	-10,083	15,363	-9,890	14,334	-10,008	12,667	-13,335	-9,002	-13,177	-9,219
-300	-10	-103,503	112,605	-101,957	108,409	-98,313	99,707	-13,707	-9,308	-13,496	-9,443
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-94,330	76,525	-89,696	75,279	-81,364	73,960	-27,583	-40,685	-28,156	-40,174
120	4	-23,314	8,373	-20,812	7,945	-16,901	8,661	-25,415	-38,462	-26,293	-38,188
60	2	-21,152	6,248	-20,053	6,907	-16,035	6,986	-3,231	-17,194	-3,517	-16,184
30	1	-31,206	17,187	-30,308	17,753	-26,370	17,358	18,979	5,417	18,486	6,159
0	0	-42,310	28,918	-41,392	29,200	-37,159	28,093	42,310	28,918	41,392	29,200
-30	-1	-53,940	40,877	-52,664	40,784	-48,089	38,879	42,170	28,650	41,070	28,962
-120	-4	-88,492	77,186	-87,018	75,960	-81,106	71,498	41,657	28,457	40,885	28,855
-300	-10	-158,532	149,988	-156,033	146,414	-147,257	136,733	41,322	28,075	40,580	28,562
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-216,834	256,109	-214,052	241,741	-202,081	233,595	94,921	138,899	96,200	126,288
120	4	-144,235	186,632	-143,673	183,155	-136,849	167,606	95,506	139,797	96,568	137,022
30	1	-108,354	152,380	-108,920	149,186	-104,390	134,745	96,127	140,610	97,098	137,592
0	0	-96,392	141,032	-97,333	137,974	-93,644	123,863	96,392	141,032	97,333	137,974
-120	-4	-49,641	96,868	-51,693	93,880	-50,828	80,805	2,806	48,139	5,560	46,775
-180	-6	-27,641	76,593	-29,926	73,231	-29,989	60,010	-42,685	3,445	-39,346	2,520
-240	-8	-8,851	60,337	-10,585	55,738	-10,750	41,403	-84,917	-37,193	-81,777	-38,544
-300	-10	-2,882	54,853	-2,119	47,987	-1,994	32,448	-114,328	-67,060	-113,334	-69,865
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-172,979	76,910	-166,619	81,279	-140,548	80,633	51,066	-40,300	48,767	-34,174
240	8	-193,738	99,284	-187,761	103,386	-161,611	101,658	96,208	5,516	93,479	11,024
120	4	-237,247	145,582	-231,374	148,570	-204,453	144,307	188,518	98,747	184,269	102,437
60	2	-259,546	168,985	-253,544	171,495	-226,044	165,796	235,163	145,543	229,974	148,404
0	0	-282,064	192,784	-275,947	194,666	-247,727	187,287	282,064	192,784	275,947	194,666
-30	-1	-293,412	204,746	-287,160	206,252	-258,608	198,034	281,642	192,519	275,566	194,430
-120	-4	-327,449	240,626	-320,911	241,006	-291,377	230,282	280,614	191,897	274,778	193,901
-300	-10	-396,383	312,417	-389,122	310,683	-357,128	295,441	279,173	190,504	273,669	192,831

 Tabelle C.20: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-125,809	125,536	-121,999	123,675	-113,098	117,893	8,679	13,254
120	4	-55,534	58,192	-54,102	57,309	-50,424	54,245	8,716	13,326
30	1	-20,507	24,580	-20,257	24,163	-19,165	22,429	8,760	13,305
0	0	-8,953	13,536	-9,065	13,241	-8,775	11,899	8,953	13,536
-15	-0,5	-3,421	8,313	-3,652	8,012	-3,685	6,754	-2,217	2,440
-30	-1	-0,248	5,480	-0,182	4,782	-0,174	3,245	-11,027	-6,267
-60	-2	-9,630	15,110	-9,452	14,079	-9,602	12,358	-12,803	-8,299
-300	-10	-99,160	108,468	-97,718	104,327	-94,341	95,815	-13,122	-8,662
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-91,692	73,308	-87,083	72,182	-78,604	70,967	-25,438	-38,974
120	4	-23,459	7,886	-20,931	7,507	-16,847	8,268	-23,359	-36,980
60	2	-20,400	5,303	-19,309	5,980	-15,412	6,206	-3,026	-17,153
30	1	-29,974	15,631	-29,130	16,246	-25,331	16,080	18,227	4,356
0	0	-40,609	26,858	-39,724	27,196	-35,697	23,327	40,609	26,858
-30	-1	-51,548	38,287	-50,568	38,294	-46,205	36,703	40,273	26,540
-120	-4	-84,491	73,142	-83,496	72,011	-77,878	67,893	39,625	26,324
-300	-10	-152,148	143,174	-149,811	139,671	-141,515	130,380	39,866	26,044
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-205,070	245,803	-202,571	241,635	-191,651	224,295	87,940	133,521
120	4	-135,355	179,177	-135,143	175,871	-129,276	161,046	88,537	134,311
30	1	-100,953	146,219	-101,714	143,233	-98,088	129,435	89,206	134,944
0	0	-89,527	135,363	-90,653	132,412	-87,755	118,991	89,527	135,363
-120	-4	-44,821	93,088	-47,016	90,172	-46,857	77,616	-0,045	46,270
-180	-6	-24,023	73,771	-26,378	70,466	-27,026	57,695	-43,346	3,493
-240	-8	-6,930	58,624	-8,532	53,995	-8,998	39,978	-82,896	-35,080
-300	-10	-2,484	54,801	-1,825	47,821	-1,745	32,453	-109,798	-62,329
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-166,239	68,407	-160,218	73,019	-135,064	73,689	49,109	-43,875
240	8	-186,177	89,643	-180,345	94,033	-155,233	93,714	92,473	-0,183
120	4	-227,853	133,788	-222,199	137,126	-196,290	134,519	181,035	88,922
60	2	-249,242	156,204	-243,401	159,187	-217,097	155,014	225,816	133,748
0	0	-270,725	179,054	-264,824	181,306	-237,982	175,510	270,725	179,054
-30	-1	-281,573	190,480	-275,620	192,367	-248,426	185,789	270,298	178,733
-120	-4	-314,388	224,752	-308,149	225,543	-279,937	216,967	269,522	177,934
-300	-10	-380,562	293,948	-373,663	292,762	-343,169	279,343	268,280	176,818

 Tabelle C.21: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$			
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$			
$M = +1 \text{ kNm/m}$		$\sigma_{k,K21,mn}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}(N)$			
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
300	10	-121,921	121,405	-118,216	119,641	-109,594	114,181	8,205	12,827	8,419	12,590	8,273	11,455
120	4	-53,724	56,311	-52,341	55,477	-48,804	52,558	8,269	12,926	8,455	12,702	8,307	11,509
30	1	-19,674	23,835	-19,445	23,436	-18,428	21,768	8,271	12,931	8,433	12,686	8,264	11,454
0	0	-8,473	13,145	-8,598	12,859	-8,374	11,555	8,473	13,145	8,598	12,859	8,374	11,555
-15	-0,5	-3,127	8,090	-3,365	7,789	-3,443	6,563	-2,325	2,389	-2,010	2,283	-1,714	1,481
-30	-1	-0,210	5,452	-0,155	4,753	-0,150	3,235	-10,694	-5,951	-10,595	-6,259	-10,164	-6,929
-60	-2	-9,242	14,935	-9,087	13,883	-9,275	12,143	-12,451	-7,793	-12,301	-8,060	-11,250	-8,106
-300	-10	-95,868	105,704	-94,501	101,540	-91,335	93,042	-12,710	-8,012	-12,550	-8,257	-11,391	-8,279
$M = -3 \text{ kNm/m}$		$\sigma_{k,K21,mn}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}(N)$			
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
300	10	-89,801	70,701	-85,203	69,703	-76,762	68,702	-23,915	-37,877	-24,594	-37,348	-24,559	-34,024
120	4	-23,486	7,403	-20,957	7,075	-16,814	7,902	-21,969	-35,982	-22,929	-35,700	-23,683	-33,147
60	2	-19,876	4,665	-18,808	5,336	-14,989	5,662	-2,867	-17,051	-3,151	-16,074	-5,275	-14,883
30	1	-29,145	14,548	-28,304	15,198	-24,595	15,195	17,742	3,644	17,292	4,448	14,431	4,881
0	0	-39,436	25,420	-38,576	25,793	-34,665	25,121	39,436	25,420	38,576	25,793	34,665	25,121
-30	-1	-50,043	36,533	-49,090	36,589	-44,822	35,175	39,139	25,130	38,340	25,577	34,508	25,011
-120	-4	-82,320	70,270	-80,981	69,213	-75,565	65,355	38,935	24,815	38,206	25,327	34,516	24,858
-300	-10	-147,257	138,438	-145,048	135,061	-137,128	126,145	38,679	24,722	37,997	25,264	34,402	24,824
$M = +10 \text{ kNm/m}$		$\sigma_{k,K21,mn}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}(N)$			
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
300	10	-196,743	238,361	-194,454	234,369	-184,285	217,688	83,027	129,783	84,657	127,318	82,964	114,962
120	4	-129,276	173,925	-129,216	170,666	-123,957	156,211	83,821	130,540	85,330	127,891	83,460	115,162
30	1	-95,768	141,975	-96,655	139,041	-93,793	125,710	84,365	131,071	85,643	128,291	83,629	115,396
0	0	-84,734	131,455	-85,977	128,588	-83,737	115,551	84,734	131,455	85,977	128,588	83,737	115,551
-120	-4	-41,476	90,495	-43,761	87,685	-44,077	75,401	-1,909	45,040	0,986	43,799	3,028	34,904
-180	-6	-21,551	71,838	-23,919	68,526	-24,955	56,074	-43,596	3,608	-40,312	2,648	-36,681	-4,719
-240	-8	-5,689	57,339	-7,177	52,722	-7,797	38,962	-81,173	-33,634	-78,464	-35,116	-74,384	-42,095
-300	-10	-2,100	54,520	-1,551	47,528	-1,501	32,345	-106,478	-59,196	-105,500	-62,269	-101,225	-68,976
$M = -20 \text{ kNm/m}$		$\sigma_{k,K21,mn}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}$		$\sigma_{k,K21,m}(N)$			
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
300	10	-161,769	62,522	-155,752	67,277	-131,248	68,849	48,053	-46,056	45,955	-39,774	29,927	-33,877
240	8	-180,991	82,952	-175,371	87,523	-150,802	88,154	90,018	-3,910	87,533	1,882	69,745	5,973
120	4	-221,374	125,561	-215,741	129,249	-190,656	127,664	175,919	82,176	171,855	86,474	150,159	86,615
60	2	-241,970	147,404	-236,371	150,601	-210,787	147,442	219,227	125,688	214,412	129,191	190,523	126,897
0	0	-262,909	169,468	-257,175	171,954	-231,102	167,473	262,909	169,468	257,175	171,954	230,947	167,366
-30	-1	-273,430	180,502	-267,579	182,632	-241,261	177,530	262,526	169,099	256,829	171,620	230,947	167,366
-120	-4	-305,172	213,617	-299,163	214,937	-271,371	207,694	261,787	168,162	256,388	171,051	230,322	167,197
-300	-10	-369,188	281,041	-362,413	280,177	-332,872	268,024	260,610	167,325	255,362	170,380	230,146	166,703

 Tabelle C.22: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-156,814	140,494	-152,744	139,096	-143,234	134,342	10,777	14,460	10,986	14,198
120	4	-69,185	64,863	-67,675	64,139	-63,712	61,411	10,718	14,390	10,919	14,121
30	1	-25,472	27,141	-25,218	26,730	-23,987	24,977	10,852	14,522	11,026	14,224
0	0	-11,074	14,742	-11,200	14,397	-10,816	12,903	11,074	14,742	11,200	14,397
-15	-0,5	-4,193	8,883	-4,435	8,486	-4,361	6,998	-2,117	1,573	-1,818	1,390
-30	-1	-0,323	6,294	-0,266	5,444	-0,396	3,780	-12,296	-8,326	-12,240	-8,748
-60	-2	-11,207	18,905	-11,168	17,764	-11,687	15,991	-14,030	-10,329	-13,841	-10,614
-300	-10	-111,811	135,472	-110,923	130,978	-108,837	121,926	-14,223	-10,565	-13,975	-10,780
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-114,565	83,523	-109,542	83,055	-100,762	83,473	-31,472	-42,511	-32,216	-41,843
120	4	-29,041	9,740	-26,234	9,639	-22,086	11,284	-29,426	-40,733	-30,522	-40,379
60	2	-21,678	6,485	-20,226	7,146	-14,499	7,006	-7,529	-18,722	-8,126	-17,834
30	1	-32,194	19,185	-31,113	19,842	-26,729	19,383	17,574	6,566	16,921	7,336
0	0	-44,226	33,221	-43,191	33,601	-38,708	32,447	44,226	33,221	43,191	33,601
-30	-1	-56,517	47,516	-55,444	47,540	-50,744	45,579	43,898	32,896	42,938	33,348
-120	-4	-93,968	90,955	-92,644	89,783	-87,075	85,196	43,495	32,488	42,626	33,027
-300	-10	-169,404	178,374	-167,447	174,685	-159,928	164,639	43,370	32,337	42,549	32,927
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-254,766	271,459	-252,219	267,356	-239,912	249,821	108,729	145,425	110,461	142,458
120	4	-167,988	196,660	-167,804	193,039	-160,715	177,200	109,521	146,187	111,048	143,021
30	1	-124,969	159,641	-125,885	156,167	-121,261	141,033	110,349	147,022	111,693	143,661
0	0	-110,735	147,421	-112,002	143,969	-108,155	129,025	110,735	147,421	112,002	143,969
-120	-4	-55,131	99,931	-57,447	96,214	-56,272	81,531	4,658	41,464	7,429	39,458
-180	-6	-29,392	78,484	-31,753	74,078	-31,269	58,779	-46,228	-9,138	-43,186	-10,977
-240	-8	-8,701	62,856	-10,134	56,664	-9,291	39,537	-92,126	-53,974	-89,784	-56,742
-300	-10	-3,240	62,941	-2,675	54,438	-3,986	37,815	-122,794	-83,096	-122,223	-87,320
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-177,668	83,867	-169,721	88,689	-139,961	87,223	31,631	-42,167	27,963	-36,209
240	8	-199,864	110,264	-192,431	114,896	-163,064	112,546	83,034	9,437	79,025	14,978
120	4	-246,571	165,145	-239,598	168,902	-210,242	164,122	188,104	114,672	182,842	118,884
60	2	-270,575	193,198	-263,665	196,354	-234,091	190,163	241,368	167,991	235,313	171,374
0	0	-294,842	221,470	-287,937	224,003	-258,049	216,311	294,842	221,470	287,937	224,003
-30	-1	-307,035	235,677	-300,117	237,877	-270,042	229,401	294,416	221,057	287,611	223,685
-120	-4	-343,868	278,508	-336,850	279,654	-306,144	268,784	293,395	220,041	286,832	222,898
-300	-10	-418,156	364,800	-410,779	363,692	-378,577	347,769	292,122	218,763	285,881	221,934

 Tabelle C.23: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-149,018	132,472	-145,021	131,211	-135,819	126,875	9,799	13,704	10,040	13,449
120	4	-65,489	61,202	-64,029	60,538	-60,260	58,015	9,753	13,639	9,988	13,378
30	1	-23,829	25,656	-23,612	25,271	-22,524	23,620	9,891	13,764	10,098	13,480
0	0	-10,134	13,981	-10,291	13,648	-10,024	12,223	10,134	13,981	10,291	13,648
-15	-0,5	-3,653	8,491	-3,909	8,097	-3,924	6,659	-2,293	1,522	-1,987	1,341
-30	-1	-0,280	6,422	-0,232	5,556	-0,355	3,879	-11,612	-7,516	-11,559	-7,957
-60	-2	-10,493	18,534	-10,473	17,363	-11,002	15,487	-13,289	-9,334	-13,107	-9,658
-300	-10	-105,298	129,638	-104,523	125,138	-102,721	116,117	-13,470	-9,581	-13,239	-9,843
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-110,709	78,494	-105,607	78,134	-96,588	78,713	-28,510	-40,274	-29,374	-39,628
120	4	-29,256	8,993	-26,373	8,933	-21,912	10,565	-26,480	-38,570	-27,668	-38,227
60	2	-20,924	5,388	-19,458	6,048	-14,841	6,108	-6,920	-18,366	-7,538	-17,504
30	1	-30,643	17,137	-29,584	17,861	-25,372	17,707	16,705	5,245	16,070	6,070
0	0	-41,943	30,402	-40,943	30,873	-36,667	30,071	41,943	30,402	40,943	30,873
-30	-1	-53,512	43,980	-52,485	44,104	-48,026	42,524	41,620	30,042	40,640	30,591
-120	-4	-88,786	85,331	-87,547	84,280	-82,321	80,143	41,223	29,595	40,387	30,239
-300	-10	-159,865	168,646	-158,070	165,102	-151,102	155,602	41,097	29,427	40,308	30,121
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-238,833	256,612	-236,163	252,755	-225,277	236,242	99,614	137,844	101,182	134,993
120	4	-155,725	186,154	-155,899	182,703	-150,088	167,688	99,989	138,591	101,858	135,543
30	1	-114,845	151,306	-116,077	147,966	-112,659	133,554	100,907	139,414	102,563	136,175
0	0	-101,338	139,809	-102,909	136,477	-100,236	122,224	101,338	139,809	102,909	136,477
-120	-4	-48,844	92,240	-51,352	91,586	-51,150	77,450	1,281	36,504	4,192	37,545
-180	-6	-24,983	75,369	-27,412	70,960	-27,695	56,091	-46,278	-8,162	-43,245	-10,029
-240	-8	-6,802	61,820	-8,096	55,458	-7,683	38,531	-88,212	-49,555	-86,114	-52,527
-300	-10	-2,811	64,219	-2,332	55,566	-3,572	38,800	-115,957	-75,000	-115,430	-79,415
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-169,812	73,063	-161,939	78,174	-133,176	78,477	30,593	-45,705	26,958	-39,588
240	8	-190,483	97,689	-183,175	102,707	-154,902	102,303	79,108	2,675	75,190	8,497
120	4	-234,248	149,356	-227,462	153,627	-199,354	151,042	178,512	101,793	173,421	106,467
60	2	-256,799	175,885	-250,110	179,608	-221,847	175,694	228,955	152,131	223,114	156,056
0	0	-279,618	202,676	-272,953	205,817	-244,448	200,472	279,618	202,676	272,953	205,817
-30	-1	-291,085	216,160	-284,424	218,966	-255,772	212,888	279,193	202,222	272,633	205,453
-120	-4	-325,753	256,838	-319,021	258,621	-289,833	250,243	278,190	201,102	271,861	204,580
-300	-10	-395,702	338,886	-388,686	338,464	-358,192	325,203	276,934	199,667	270,924	203,483

 Tabelle C.24: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$					
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$					
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.					
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.				
300	10	-143,404	126,396	-139,494	125,255	-130,553	121,242	9,092	13,167	9,361	12,911	9,358	11,668
120	4	-62,833	58,448	-61,420	57,835	-57,812	55,468	9,062	13,103	9,320	12,844	9,289	11,589
30	1	-22,653	24,562	-22,467	21,193	-21,485	22,613	9,207	13,225	9,439	9,944	9,352	11,642
0	0	-9,465	13,434	-9,643	13,108	-9,460	11,728	9,465	13,434	9,643	13,108	9,460	11,728
-15	-0,5	-3,274	8,211	-3,537	7,821	-3,613	6,418	-2,395	1,488	-2,088	1,307	-1,873	0,352
-30	-1	-0,235	6,478	-0,196	5,611	-0,311	3,936	-11,102	-6,968	-11,053	-7,417	-10,660	-8,197
-60	-2	-9,905	18,248	-9,909	17,064	-10,461	15,128	-12,768	-8,638	-12,587	-8,986	-11,479	-9,134
-300	-10	-100,284	125,416	-99,628	120,951	-98,075	112,001	-12,945	-8,896	-12,716	-9,182	-11,499	-9,194
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.					
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.				
300	10	-107,880	74,538	-102,768	74,287	-93,633	75,037	-26,432	-38,691	-27,365	-38,057	-27,562	-34,537
120	4	-29,318	8,304	-26,410	8,293	-21,781	9,951	-24,453	-37,041	-25,690	-36,698	-26,742	-33,928
60	2	-20,368	4,640	-18,903	5,291	-14,376	5,478	-6,494	-18,006	-7,124	-17,178	-9,863	-16,437
30	1	-29,541	15,685	-28,497	16,454	-24,399	16,513	16,095	4,348	15,469	5,205	12,266	5,542
0	0	-40,302	28,395	-39,323	28,929	-35,183	28,380	40,302	28,395	39,323	28,929	35,183	28,380
-30	-1	-51,326	41,458	-50,330	41,657	-46,031	40,355	39,989	28,012	39,081	28,629	35,060	28,222
-120	-4	-84,952	81,310	-83,773	80,355	-78,787	76,554	39,607	27,539	38,782	28,255	34,908	28,031
-300	-10	-152,714	161,658	-151,050	158,254	-144,487	149,203	39,485	27,346	38,706	28,121	34,913	28,008
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.					
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.				
300	10	-226,568	245,664	-224,710	241,972	-214,886	226,173	92,256	132,435	94,577	129,628	93,691	116,599
120	4	-146,982	178,506	-147,395	175,160	-142,539	160,697	93,211	133,161	95,295	130,169	94,016	116,818
30	1	-107,626	145,295	-109,092	142,028	-106,545	128,097	94,180	133,958	96,064	130,779	94,412	117,126
0	0	-94,649	134,338	-96,428	131,076	-94,598	117,277	94,649	134,338	96,428	131,076	94,598	117,277
-120	-4	-44,394	91,911	-47,030	88,301	-47,505	74,534	-0,951	38,140	2,039	36,201	3,626	26,011
-180	-6	-21,927	73,123	-24,376	68,736	-25,165	54,192	-46,010	-7,464	-43,030	-9,344	-40,579	-18,525
-240	-8	-5,610	60,914	-6,776	54,493	-6,612	37,786	-84,973	-46,536	-83,099	-49,613	-81,047	-59,170
-300	-10	-2,362	64,789	-1,972	56,113	-3,132	39,379	-110,867	-69,523	-110,372	-74,020	-106,442	-81,816
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.					
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.				
300	10	-164,222	65,472	-156,421	70,744	-128,360	72,261	29,910	-47,757	26,288	-41,600	7,165	-37,313
240	8	-183,826	88,790	-176,605	94,063	-149,070	95,012	76,376	-1,793	72,499	4,188	52,114	7,353
120	4	-225,462	138,129	-218,789	142,763	-191,498	141,728	171,691	92,784	166,689	97,772	142,975	97,849
60	2	-246,932	163,566	-240,368	167,683	-212,970	165,397	220,070	140,920	214,341	145,214	188,731	143,482
0	0	-268,676	189,298	-262,152	192,857	-234,554	189,195	268,676	189,298	262,152	192,857	234,554	189,195
-30	-1	-279,606	202,263	-273,090	205,495	-245,364	201,134	268,269	188,817	261,841	192,467	234,393	189,001
-120	-4	-312,638	241,378	-306,081	243,635	-277,896	237,023	267,293	187,607	261,090	191,535	234,017	188,500
-300	-10	-379,309	320,351	-372,525	320,480	-343,183	309,142	266,080	186,039	260,181	190,347	233,609	187,947

 Tabelle C.25: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-139,017	121,535	-135,212	120,502	-126,516	116,765	8,589	12,769	8,877	12,520
120	4	-60,771	56,268	-59,409	55,697	-55,946	53,452	8,556	12,710	8,831	12,453
30	1	-21,763	23,717	-21,601	23,359	-20,701	21,830	8,706	12,826	8,953	12,547
0	0	-8,971	13,026	-9,163	12,703	-9,041	11,352	8,971	13,026	9,163	12,703
-15	-0,5	-3,003	8,009	-3,271	7,621	-3,387	6,242	-2,443	1,481	-1,135	1,297
-30	-1	-0,193	6,477	-0,162	5,617	-0,267	3,960	-10,698	-6,580	-10,650	-7,031
-60	-2	-9,394	17,972	-9,422	16,794	-10,005	14,838	-12,385	-8,136	-12,200	-8,495
-300	-10	-96,207	122,036	-95,662	117,642	-94,332	108,827	-12,559	-8,392	-12,320	-8,693
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-105,513	71,231	-100,436	71,096	-91,314	72,037	-24,915	-37,535	-25,899	-36,886
120	4	-29,206	7,645	-26,311	7,687	-21,620	9,397	-23,009	-35,913	-24,267	-35,557
60	2	-19,946	4,128	-18,494	4,764	-14,041	5,031	-6,140	-17,625	-6,773	-16,832
30	1	-28,740	14,633	-27,702	15,428	-23,678	15,634	15,683	3,742	15,054	4,616
0	0	-39,078	26,914	-38,109	27,489	-34,057	27,122	39,078	26,914	38,109	27,489
-30	-1	-49,670	39,572	-48,689	39,823	-44,497	38,729	38,779	26,515	37,877	27,175
-120	-4	-81,969	78,245	-80,835	77,372	-76,026	73,842	38,411	26,030	37,591	26,794
-300	-10	-147,062	156,261	-145,500	152,992	-139,261	144,324	38,296	25,833	37,518	26,657
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-217,663	237,211	-216,044	233,633	-207,043	218,336	87,235	128,445	89,709	125,651
120	4	-140,421	172,692	-141,039	169,402	-136,872	155,314	88,206	129,134	90,461	126,158
30	1	-102,280	140,785	-103,900	137,558	-101,972	123,935	89,223	129,894	91,252	126,746
0	0	-89,712	130,258	-91,628	127,030	-90,406	113,523	89,712	130,258	91,628	127,030
-120	-4	-41,186	89,498	-43,896	85,912	-44,833	72,386	-2,372	37,283	0,652	35,334
-180	-6	-19,789	71,471	-22,228	67,123	-23,347	52,823	-45,471	-6,786	-42,561	-8,678
-240	-8	-4,868	60,055	-5,920	53,665	-5,901	37,206	-82,145	-44,287	-80,466	-47,403
-300	-10	-1,936	64,778	-1,628	56,176	-2,686	39,614	-106,830	-65,650	-106,354	-70,159
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300	10	-160,174	60,066	-152,431	65,412	-124,850	67,736	29,746	-48,700	26,096	-42,570
240	8	-178,999	82,375	-171,827	87,794	-144,775	89,669	74,657	-4,638	70,759	1,408
120	4	-219,000	129,912	-212,371	134,785	-185,608	134,827	166,785	86,354	161,793	91,541
60	2	-239,635	154,500	-233,122	158,891	-206,272	157,753	213,549	132,747	207,855	137,295
0	0	-260,517	179,425	-254,059	183,256	-227,045	180,813	260,517	179,425	254,059	183,256
-30	-1	-271,024	191,961	-264,568	195,509	-237,451	192,372	260,133	178,904	253,756	182,861
-120	-4	-302,751	229,876	-296,286	232,474	-268,757	227,172	259,193	177,661	253,042	181,896
-300	-10	-366,797	306,477	-360,144	306,990	-331,599	297,088	258,031	176,049	252,162	180,655

 Tabelle C.26: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-146,172	168,802	-141,206	165,616	-130,546	157,931	6,696	10,803	6,783	10,809
160	4,0	-62,496	74,052	-60,552	72,752	-56,281	69,380	6,705	10,852	6,783	10,829
40	1,0	-20,706	26,752	-20,280	26,395	-19,160	25,179	6,758	10,952	6,838	10,914
0	0,0	-6,907	11,251	-6,960	11,161	-6,847	10,571	6,907	11,251	6,960	11,161
-20	-0,5	-0,633	4,650	-0,784	4,465	-0,972	3,828	-7,267	-2,324	-6,956	-2,256
-40	-1,0	-5,696	7,675	-5,324	7,030	-4,829	5,869	-10,104	-6,273	-10,157	-6,412
-80	-2,0	-21,058	21,339	-20,393	20,213	-19,302	18,091	-10,542	-6,556	-10,568	-6,672
-400	-10,0	-147,321	132,824	-144,080	127,667	-137,259	117,113	-10,678	-6,652	-10,727	-6,756
$\sigma_{k,K21,mn}$											
$M = -3 \text{ kNm/m}$											
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-119,643	126,058	-114,287	122,879	-103,712	116,749	-19,833	-31,941	-20,136	-31,928
160	4,0	-36,416	32,078	-34,022	30,690	-29,677	28,714	-19,375	-31,122	-19,747	-31,233
80	2,0	-12,646	4,260	-11,349	3,531	-8,478	2,495	-15,249	-27,340	-15,536	-27,430
40	1,0	-19,452	7,486	-19,211	8,003	-17,665	8,491	5,504	-8,314	5,769	-7,478
0	0,0	-33,752	20,720	-33,481	20,879	-31,713	20,540	33,752	20,720	33,481	20,879
-40	-1,0	-49,042	34,406	-48,545	34,107	-46,219	32,806	33,242	20,458	33,064	20,665
-160	-4,0	-95,942	76,029	-94,573	74,246	-90,247	69,837	32,742	20,238	32,650	20,477
-400	-10,0	-190,580	159,597	-187,307	154,773	-178,624	144,090	32,581	20,121	32,500	20,350
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = +10 \text{ kNm/m}$											
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-207,059	267,517	-202,797	263,950	-191,600	251,794	67,583	109,518	68,374	109,143
160	4,0	-123,911	173,796	-125,589	171,960	-117,573	163,785	68,120	110,596	71,820	110,037
40	1,0	-82,654	127,646	-82,744	126,554	-80,689	120,138	68,706	111,846	69,302	111,073
0	0,0	-69,067	112,507	-69,598	111,605	-68,466	105,708	69,067	112,507	69,598	111,605
-160	-4,0	-16,849	56,618	-18,659	55,550	-20,580	50,158	-46,351	0,827	-43,264	1,781
-240	-6,0	-8,437	41,359	-6,557	38,112	-3,914	29,827	-86,362	-42,327	-86,327	-42,542
-320	-8,0	-29,424	52,517	-26,299	46,989	-22,096	36,557	-96,975	-59,064	-97,547	-60,549
-400	-10,0	-56,964	76,745	-53,240	70,295	-48,288	58,693	-101,035	-62,731	-101,567	-64,128
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$											
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-93,008	12,661	-89,304	15,676	-76,555	19,443	-46,468	-145,338	-45,119	-139,131
320	8,0	-113,235	33,698	-111,099	37,317	-100,316	41,159	1,654	-92,701	3,561	-86,529
160	4,0	-166,147	84,322	-164,811	86,992	-154,418	88,361	110,356	21,122	111,042	25,069
80	2,0	-195,149	110,968	-193,698	112,955	-182,757	112,641	167,254	79,368	166,813	81,994
0	0,0	-225,014	138,134	-223,209	139,195	-211,416	136,932	225,014	138,134	223,209	139,195
-40	-1,0	-240,070	151,717	-238,095	152,316	-225,833	149,149	224,270	137,769	222,614	138,873
-160	-4,0	-285,860	192,697	-283,209	191,954	-269,262	185,894	222,660	136,906	221,286	138,185
-400	-10,0	-378,668	275,493	-374,444	271,879	-356,859	259,801	220,669	136,017	219,637	137,456

 Tabelle C.27: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-135,136	157,943	-130,349	154,933	-120,235	147,715	5,871	10,034	5,976	9,995
160	4,0	-57,600	69,198	-55,748	67,970	-51,712	64,853	5,894	10,035	5,999	9,995
40	1,0	-18,889	24,927	-18,492	24,600	-17,471	23,491	5,962	10,136	6,055	10,106
0	0,0	-6,120	10,436	-6,181	10,357	-6,120	9,824	6,120	10,436	6,181	10,357
-20	-0,5	-0,450	4,424	-0,579	4,225	-0,763	3,593	-6,945	-2,039	-6,668	-1,994
-40	-1,0	-5,442	7,451	-5,082	6,811	-4,604	5,646	-9,349	-5,476	-9,412	-5,276
-80	-2,0	-19,837	20,097	-19,206	19,001	-18,155	16,903	-9,745	-5,756	-9,782	-5,874
-400	-10,0	-138,035	123,395	-134,980	118,420	-128,605	108,231	-9,874	-5,870	-9,958	-5,953
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-111,800	118,423	-106,583	115,312	-96,326	109,557	-17,465	-29,486	-17,790	-29,626
160	4,0	-34,752	30,396	-32,392	29,064	-28,039	27,126	-16,954	-28,767	-17,357	-28,911
80	2,0	-12,583	4,131	-11,269	3,424	-8,395	2,419	-13,270	-25,451	-13,606	-25,564
40	1,0	-18,100	6,230	-17,851	6,742	-16,405	7,305	5,173	-8,561	5,414	-7,752
0	0,0	-31,307	18,360	-31,071	18,544	-29,473	18,359	31,307	18,360	31,071	18,544
-40	-1,0	-45,575	31,019	-45,136	30,768	-43,039	29,663	30,784	18,092	30,642	18,331
-160	-4,0	-89,470	69,533	-88,214	67,862	-84,249	63,811	30,307	17,827	30,239	18,113
-400	-10,0	-178,013	146,962	-174,935	142,391	-166,966	132,293	30,104	17,697	29,997	18,018
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-188,894	249,269	-184,924	246,003	-174,713	234,913	59,629	101,360	60,551	101,065
160	4,0	-111,901	161,579	-110,758	159,947	-106,435	152,565	60,195	102,416	61,009	101,972
40	1,0	-73,744	118,450	-73,951	117,498	-72,447	111,727	60,817	103,659	61,514	103,004
0	0,0	-61,199	104,358	-61,812	103,571	-61,198	98,244	61,199	104,358	61,812	103,571
-160	-4,0	-13,516	52,944	-15,241	51,819	-17,337	46,653	-45,647	1,238	-42,734	2,070
-240	-6,0	-8,132	40,545	-6,296	37,138	-3,724	28,803	-80,613	-37,014	-80,667	-37,486
-320	-8,0	-28,393	52,053	-25,389	46,578	-21,308	36,095	-89,934	-51,359	-90,561	-52,920
-400	-10,0	-54,421	74,507	-50,819	68,106	-46,038	56,455	-93,488	-54,758	-94,119	-56,267
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-88,475	8,997	-84,493	11,586	-71,853	15,260	-40,790	-138,912	-39,880	-133,352
320	8,0	-105,888	27,031	-103,638	30,482	-93,307	34,674	2,476	-91,296	4,140	-85,468
160	4,0	-154,077	72,917	-152,821	75,661	-143,404	77,799	102,371	13,754	103,072	17,686
80	2,0	-180,999	97,436	-179,673	99,537	-169,764	100,043	155,146	67,854	154,798	70,549
0	0,0	-208,716	122,398	-207,143	123,624	-196,488	122,396	208,716	122,398	207,143	123,624
-40	-1,0	-222,749	134,899	-221,005	135,737	-209,944	133,644	207,958	121,972	206,511	123,300
-160	-4,0	-265,443	172,780	-263,142	172,334	-250,608	167,542	206,280	121,074	205,167	122,585
-400	-10,0	-352,159	249,364	-348,388	246,148	-332,440	235,579	204,250	120,099	203,450	121,775

 Tabelle C.28: $\sigma_{k,K21,m}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-127,922	150,090	-123,276	147,229	-113,451	140,423	5,327	9,412	5,476	9,422
160	4,0	-54,401	65,708	-52,596	64,545	-48,691	61,645	5,363	9,437	5,476	9,422
40	1,0	-17,679	23,605	-17,300	23,300	-16,342	22,271	5,419	9,537	5,520	9,519
0	0,0	-5,580	9,841	-5,650	9,772	-5,625	9,285	5,580	9,841	5,650	9,772
-20	-0,5	-0,333	4,256	-0,444	4,046	-0,619	3,416	-6,701	-1,874	-6,446	-1,844
-40	-1,0	-5,230	7,335	-4,905	6,699	-4,435	5,521	-8,838	-4,925	-8,876	-5,081
-80	-2,0	-18,951	19,135	-18,342	18,230	-17,334	16,154	-9,185	-5,384	-9,219	-5,330
-400	-10,0	-131,392	117,290	-128,461	112,396	-122,364	102,455	-9,286	-5,305	-9,346	-5,404
$\sigma_{k,K21,mn}$											
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-106,859	112,889	-101,704	109,944	-91,528	104,410	-15,736	-27,789	-16,096	-27,863
160	4,0	-33,741	29,174	-31,405	27,880	-27,032	25,994	-15,297	-27,097	-15,715	-27,243
80	2,0	-12,571	4,005	-11,239	3,318	-8,354	2,344	-11,948	-24,131	-12,321	-24,243
40	1,0	-17,093	5,358	-16,846	5,865	-15,471	6,481	4,833	-8,710	5,066	-7,916
0	0,0	-29,522	16,739	-29,315	16,949	-27,854	16,875	29,522	16,739	29,315	16,949
-40	-1,0	-43,064	28,722	-42,665	28,506	-40,741	27,541	28,996	16,462	28,884	16,726
-160	-4,0	-84,820	65,243	-83,625	63,641	-79,906	59,802	28,549	16,205	28,502	16,521
-400	-10,0	-168,997	138,696	-166,108	134,230	-158,675	124,496	28,319	16,101	28,301	16,430
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-176,790	236,049	-172,996	232,999	-163,417	222,709	54,195	95,371	55,196	95,192
160	4,0	-103,797	152,755	-102,777	151,273	-98,950	144,480	54,759	96,484	55,657	96,150
40	1,0	-67,675	111,799	-67,967	110,947	-66,891	105,652	55,415	97,731	56,187	97,166
0	0,0	-55,796	98,407	-56,496	97,717	-56,249	92,845	55,796	98,407	56,496	97,717
-160	-4,0	-11,206	50,196	-12,858	49,038	-15,070	44,048	-45,065	1,158	-42,265	1,918
-240	-6,0	-7,818	40,006	-6,032	36,470	-3,537	28,065	-76,589	-33,551	-76,652	-34,210
-320	-8,0	-27,544	51,986	-24,641	46,524	-20,688	35,939	-84,998	-46,090	-85,605	-47,716
-400	-10,0	-52,499	73,348	-49,047	66,990	-44,347	55,208	-88,179	-49,247	-88,760	-50,810
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-85,123	6,656	-80,911	8,878	-68,323	12,379	-37,472	-134,022	-36,889	-128,929
320	8,0	-100,391	22,413	-98,076	25,716	-88,096	30,140	2,315	-90,129	3,836	-84,530
160	4,0	-145,199	65,012	-144,073	67,821	-135,316	70,526	96,161	8,741	96,953	12,698
80	2,0	-170,604	88,122	-169,427	90,304	-160,287	91,404	146,085	59,986	145,867	62,743
0	0,0	-196,814	111,593	-195,433	112,991	-185,690	112,498	196,814	111,593	195,433	112,991
-40	-1,0	-210,136	123,443	-208,646	124,443	-198,463	123,128	196,068	111,183	194,865	112,663
-160	-4,0	-250,683	159,361	-248,599	159,095	-237,035	155,099	194,412	110,323	193,476	111,975
-400	-10,0	-333,174	231,858	-329,717	228,911	-315,000	219,368	192,496	109,263	191,910	111,111
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-85,123	6,656	-80,911	8,878	-68,323	12,379	-37,472	-134,022	-36,889	-128,929
320	8,0	-100,391	22,413	-98,076	25,716	-88,096	30,140	2,315	-90,129	3,836	-84,530
160	4,0	-145,199	65,012	-144,073	67,821	-135,316	70,526	96,161	8,741	96,953	12,698
80	2,0	-170,604	88,122	-169,427	90,304	-160,287	91,404	146,085	59,986	145,867	62,743
0	0,0	-196,814	111,593	-195,433	112,991	-185,690	112,498	196,814	111,593	195,433	112,991
-40	-1,0	-210,136	123,443	-208,646	124,443	-198,463	123,128	196,068	111,183	194,865	112,663
-160	-4,0	-250,683	159,361	-248,599	159,095	-237,035	155,099	194,412	110,323	193,476	111,975
-400	-10,0	-333,174	231,858	-329,717	228,911	-315,000	219,368	192,496	109,263	191,910	111,111

 Tabelle C.29: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-123,126	144,312	-118,527	141,540	-108,883	135,033	4,904	8,990	5,062	8,968
160	4,0	-52,238	63,119	-50,459	62,007	-46,667	59,242	4,949	8,990	5,073	8,978
40	1,0	-16,851	22,640	-16,484	22,355	-15,574	21,383	5,029	9,108	5,137	9,098
0	0,0	-5,200	9,398	-5,276	9,336	-5,281	8,880	5,200	9,398	5,276	9,336
0	-0,5	-0,257	4,125	-0,352	3,905	-0,516	3,278	-6,509	-1,786	-6,277	-1,768
-40	-1,0	-5,093	7,276	-4,757	6,641	-4,301	5,448	-8,439	-4,546	-8,500	-4,706
-80	-2,0	-18,286	18,830	-17,700	17,742	-16,716	15,662	-8,778	-4,814	-8,814	-4,951
-400	-10,0	-126,398	113,319	-123,613	108,462	-117,769	98,591	-8,924	-4,903	-8,959	-5,003
$\sigma_{k,K21,mn}$											
$M = -3 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-103,582	108,721	-98,478	105,889	-88,411	100,581	-14,640	-26,601	-14,987	-26,683
160	4,0	-33,154	28,232	-30,806	26,974	-26,416	25,133	-14,135	-25,897	-14,580	-26,055
80	2,0	-12,571	3,878	-11,222	3,208	-8,327	2,266	-11,073	-23,186	-11,471	-23,306
40	1,0	-16,315	4,731	-16,074	5,234	-14,764	5,891	4,493	-8,801	4,727	-8,023
0	0,0	-28,194	15,601	-28,008	15,829	-26,639	15,843	28,194	15,601	28,008	15,829
-40	-1,0	-41,220	27,134	-40,853	26,944	-39,036	26,081	27,688	15,312	27,596	15,597
-160	-4,0	-81,340	62,322	-80,221	60,756	-76,739	57,067	27,211	15,033	27,192	15,370
-400	-10,0	-162,299	133,087	-159,560	128,720	-152,163	119,261	26,977	14,865	26,988	15,255
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = +10 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-168,506	226,397	-164,842	223,548	-155,738	213,833	50,284	91,075	51,377	90,976
160	4,0	-98,211	146,184	-97,282	144,813	-93,791	138,439	50,922	92,055	51,896	91,784
40	1,0	-63,448	106,812	-63,812	106,047	-62,996	101,126	51,626	93,280	52,465	92,790
0	0,0	-52,004	93,979	-52,763	93,359	-52,809	88,797	52,004	93,979	52,763	93,359
-160	-4,0	-9,559	48,060	-11,156	46,873	-13,436	42,044	-44,570	0,771	-41,873	1,487
-240	-6,0	-7,490	39,594	-5,752	35,957	-3,344	27,488	-73,703	-31,339	-73,791	-32,122
-320	-8,0	-26,781	52,054	-23,968	46,589	-20,134	35,940	-81,477	-42,524	-82,090	-44,183
-400	-10,0	-50,934	72,759	-47,569	66,409	-43,013	54,481	-84,388	-45,463	-85,003	-47,056
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$											
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-82,491	5,134	-78,101	7,038	-65,565	10,327	-35,731	-130,188	-35,364	-125,534
320	8,0	-96,119	19,117	-93,746	22,311	-84,088	26,872	1,541	-89,141	2,974	-83,747
160	4,0	-138,488	59,361	-137,442	62,235	-129,212	65,360	91,199	5,232	92,056	9,206
80	2,0	-162,751	81,508	-161,734	83,749	-153,231	85,344	139,107	54,444	139,041	57,235
0	0,0	-187,957	104,008	-186,718	105,526	-177,595	105,618	187,957	104,008	186,718	105,526
-40	-1,0	-200,746	115,392	-199,388	116,543	-189,874	115,800	187,214	103,570	186,131	105,196
-160	-4,0	-239,692	149,938	-237,830	149,828	-227,093	146,471	185,563	102,649	184,801	104,442
-400	-10,0	-318,887	219,713	-315,679	216,969	-301,876	208,156	183,565	101,491	183,107	103,504

 Tabelle C.30: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-179,522	180,874	-173,844	177,910	-161,748	171,159	7,771	10,766	7,872	10,774
160	4,0	-76,498	78,869	-74,287	77,704	-69,430	74,750	7,770	10,788	7,870	10,812
40	1,0	-25,015	27,949	-24,550	27,645	-23,329	26,586	7,867	10,976	7,981	10,969
0	0,0	-7,995	11,186	-8,080	11,132	-8,006	10,632	7,995	11,186	8,080	11,132
-20	-0,5	-0,381	4,219	-0,526	4,000	-0,732	3,329	-8,124	-4,369	-7,831	-4,299
-40	-1,0	-6,669	9,660	-6,312	8,927	-5,894	7,626	-10,304	-7,488	-10,364	-7,642
-80	-2,0	-23,373	26,627	-22,754	25,325	-21,772	22,888	-10,649	-7,723	-10,673	-7,869
-400	-10,0	-159,325	163,893	-156,300	158,012	-150,215	145,980	-10,783	-7,858	-10,836	-7,960
$\sigma_{k,K21,mn}$											
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-148,267	137,971	-142,182	134,884	-130,212	129,450	-23,484	-32,137	-23,790	-32,252
160	4,0	-45,746	36,481	-43,017	35,167	-38,053	33,412	-22,982	-31,600	-23,400	-31,725
80	2,0	-13,987	5,124	-12,391	4,376	-9,221	3,434	-20,363	-28,898	-20,803	-29,051
40	1,0	-18,071	7,644	-17,893	8,308	-16,518	9,013	0,923	-9,329	1,324	-8,368
0	0,0	-33,559	23,984	-33,396	24,240	-31,897	24,019	33,559	23,984	33,396	24,240
-40	-1,0	-50,128	40,927	-49,747	40,647	-47,744	39,317	33,155	23,779	33,071	24,078
-160	-4,0	-100,789	92,129	-99,580	90,157	-95,783	85,325	32,708	23,401	32,688	23,740
-400	-10,0	-202,651	195,153	-199,722	189,677	-192,115	177,517	32,543	23,402	32,586	23,705
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-250,146	279,490	-245,497	276,444	-233,291	265,856	78,395	109,382	79,525	109,308
160	4,0	-147,792	178,235	-146,489	176,800	-141,277	169,756	79,064	110,154	80,072	109,908
40	1,0	-96,749	128,320	-97,064	127,598	-95,274	122,127	79,601	111,347	80,495	110,922
0	0,0	-79,947	111,863	-80,798	111,319	-80,061	106,324	79,947	111,863	80,798	111,319
-160	-4,0	-14,641	51,598	-17,861	50,653	-20,472	45,603	-53,440	-17,130	-49,031	-15,764
-240	-6,0	-9,724	41,316	-7,723	37,030	-5,122	27,538	-92,341	-61,735	-92,559	-62,553
-320	-8,0	-35,446	64,606	-32,411	58,306	-28,886	46,969	-100,640	-72,795	-101,298	-74,472
-400	-10,0	-66,686	96,594	-63,113	89,266	-58,935	76,258	-103,422	-75,157	-104,023	-76,706
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-84,417	7,649	-80,042	10,554	-66,622	14,679	-87,334	-162,459	-85,930	-156,582
320	8,0	-103,186	31,275	-101,296	35,713	-91,195	40,935	-34,215	-104,811	-31,482	-97,996
160	4,0	-159,806	93,407	-159,160	96,978	-150,354	99,642	91,078	25,326	92,743	30,086
80	2,0	-191,491	126,410	-190,648	129,107	-181,240	129,830	157,141	92,388	157,454	95,680
0	0,0	-223,727	159,893	-222,637	161,595	-212,647	160,122	223,727	159,893	222,637	161,595
-40	-1,0	-240,126	176,696	-238,870	177,862	-228,447	175,291	223,153	159,548	222,194	161,293
-160	-4,0	-289,790	227,350	-287,892	226,975	-275,939	221,213	221,709	158,622	221,000	160,558
-400	-10,0	-390,130	329,703	-386,716	325,982	-371,483	313,227	220,022	157,952	219,580	160,010
$\sigma_{k,K21,m}(N)$											
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-87,284	7,842	-85,930	10,554	-74,284	14,679	-87,284	-162,459	-85,930	-156,582
320	8,0	-103,186	31,275	-101,296	35,713	-91,195	40,935	-34,215	-104,811	-31,482	-97,996
160	4,0	-159,806	93,407	-159,160	96,978	-150,354	99,642	91,078	25,326	92,743	30,086
80	2,0	-191,491	126,410	-190,648	129,107	-181,240	129,830	157,141	92,388	157,454	95,680
0	0,0	-223,727	159,893	-222,637	161,595	-212,647	160,122	223,727	159,893	222,637	161,595
-40	-1,0	-240,126	176,696	-238,870	177,862	-228,447	175,291	223,153	159,548	222,194	161,293
-160	-4,0	-289,790	227,350	-287,892	226,975	-275,939	221,213	221,709	158,622	221,000	160,558
-400	-10,0	-390,130	329,703	-386,716	325,982	-371,483	313,227	220,022	157,952	219,580	160,010

 Tabelle C.31: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-167,428	169,364	-161,985	166,591	-150,447	160,296	7,009	9,948	7,117	9,994
160	4,0	-71,201	73,803	-69,088	72,709	-64,481	69,957	7,008	10,002	7,116	10,035
40	1,0	-23,087	26,101	-22,640	25,825	-21,503	24,860	7,070	10,194	7,178	10,200
0	0,0	-7,195	10,429	-7,287	10,381	-7,260	9,918	7,195	10,429	7,287	10,381
-20	-0,5	-0,270	4,107	-0,386	3,862	-0,573	3,172	-7,701	-3,914	-7,444	-3,881
-40	-1,0	-6,326	9,373	-5,989	8,644	-5,586	7,325	-9,581	-6,644	-9,636	-6,818
-80	-2,0	-21,986	25,213	-21,396	23,947	-20,467	21,519	-9,897	-6,871	-9,923	-7,027
-400	-10,0	-149,367	153,335	-146,562	147,671	-140,849	136,107	-10,049	-7,084	-10,035	-7,197
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-139,671	129,469	-133,577	126,594	-121,769	121,557	-20,748	-29,947	-21,291	-30,003
160	4,0	-43,792	34,384	-41,069	33,139	-36,080	31,508	-20,401	-29,417	-20,903	-29,535
80	2,0	-14,095	4,939	-12,498	4,223	-9,289	3,324	-17,989	-26,944	-18,476	-27,096
40	1,0	-16,951	6,647	-16,753	7,114	-15,423	7,883	0,934	-9,260	1,291	-8,511
0	0,0	-31,287	21,585	-31,143	21,862	-29,754	21,780	31,287	21,585	31,143	21,862
-40	-1,0	-46,780	37,391	-46,442	37,158	-44,616	36,015	30,873	21,374	30,817	21,696
-160	-4,0	-94,151	85,299	-93,047	83,404	-89,585	78,822	30,350	21,106	30,373	21,429
-400	-10,0	-189,579	181,527	-186,832	176,301	-179,786	164,788	30,163	21,108	30,235	21,433
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-230,864	261,010	-226,398	258,253	-215,025	248,593	70,445	101,594	71,530	101,656
160	4,0	-135,229	166,357	-134,094	165,078	-129,543	158,651	71,036	102,556	72,122	102,404
40	1,0	-87,589	119,583	-88,030	118,937	-86,817	113,950	71,572	103,676	72,568	103,312
0	0,0	-71,950	104,288	-72,874	103,810	-72,601	99,181	71,950	104,288	72,874	103,810
-160	-4,0	-12,687	48,815	-14,769	47,720	-17,489	42,708	-51,114	-15,378	-47,905	-14,255
-240	-6,0	-9,395	41,590	-7,466	37,171	-4,955	27,460	-86,255	-54,661	-86,492	-55,750
-320	-8,0	-33,843	63,826	-30,966	57,582	-27,614	46,118	-93,690	-64,509	-94,312	-66,312
-400	-10,0	-63,254	93,730	-59,881	96,439	-55,852	73,249	-96,162	-66,689	-96,716	-58,429
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-82,162	5,425	-77,278	7,747	-63,481	11,485	-78,257	-153,991	-77,590	-148,850
320	8,0	-97,620	25,368	-95,431	29,531	-85,406	34,970	-30,715	-102,165	-28,463	-95,747
160	4,0	-149,154	82,159	-148,504	85,758	-140,122	89,108	84,961	18,358	86,532	23,084
80	2,0	-178,370	112,759	-177,630	115,569	-169,089	117,104	146,286	80,876	146,656	84,250
0	0,0	-208,576	143,899	-207,621	145,749	-198,361	145,202	208,576	143,899	207,621	145,749
-40	-1,0	-223,848	159,517	-222,718	160,854	-213,089	159,388	207,941	143,500	207,093	145,392
-160	-4,0	-270,159	206,896	-269,516	206,764	-257,696	202,114	206,358	142,703	206,842	144,789
-400	-10,0	-364,145	302,242	-361,105	298,903	-347,222	287,575	204,729	141,823	204,508	144,035

 Tabelle C.32: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-159,286	161,212	-153,985	158,653	-142,821	152,713	6,290	9,487	6,579	9,534
160	4,0	-67,621	70,243	-65,576	69,210	-61,137	66,616	6,400	9,520	6,590	9,529
40	1,0	-21,797	24,803	-21,372	24,542	-20,295	23,633	6,519	9,663	6,654	9,664
0	0,0	-6,639	9,890	-6,736	9,846	-6,749	9,420	6,639	9,890	6,736	9,846
-20	-0,5	-0,248	4,033	-0,296	3,768	-0,463	3,062	-7,338	-3,617	-7,160	-3,602
-40	-1,0	-6,059	9,203	-5,739	8,481	-5,359	7,147	-9,081	-6,075	-9,139	-6,237
-80	-2,0	-20,957	24,291	-20,407	23,041	-19,549	20,647	-9,388	-6,308	-9,417	-6,440
-400	-10,0	-142,229	146,651	-139,563	140,933	-134,278	129,459	-9,496	-6,345	-9,556	-6,473
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-134,035	123,447	-128,071	120,750	-116,246	115,889	-18,961	-28,278	-19,335	-28,369
160	4,0	-42,559	32,886	-39,862	31,693	-34,815	30,104	-18,662	-27,837	-19,124	-27,988
80	2,0	-14,228	4,762	-12,616	4,077	-9,373	3,218	-16,371	-25,583	-16,865	-25,747
40	1,0	-16,159	5,639	-15,944	6,266	-14,650	7,083	0,881	-9,501	1,226	-8,612
0	0,0	-29,671	19,916	-29,539	20,210	-28,261	20,247	29,671	19,916	29,539	20,210
-40	-1,0	-44,407	34,959	-44,100	34,758	-42,399	33,746	29,267	19,681	29,222	20,040
-160	-4,0	-89,506	80,668	-88,482	78,851	-85,223	74,500	28,783	19,447	28,801	19,865
-400	-10,0	-180,407	172,315	-177,818	167,260	-171,174	156,184	28,682	19,319	28,699	19,854
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-217,972	248,032	-213,716	245,421	-202,948	236,328	64,976	96,307	66,310	96,302
160	4,0	-126,593	157,956	-125,576	156,787	-121,485	150,799	65,372	97,233	66,590	97,106
40	1,0	-81,309	113,510	-81,848	112,942	-80,990	108,268	66,031	98,370	67,130	98,064
0	0,0	-66,386	98,901	-67,365	98,462	-67,489	94,202	66,386	98,901	67,365	98,462
-160	-4,0	-10,619	46,851	-12,610	45,643	-15,368	40,655	-50,104	-14,370	-47,071	-13,343
-240	-6,0	-9,034	41,892	-7,181	37,364	-4,775	27,488	-82,001	-49,906	-82,290	-51,080
-320	-8,0	-32,573	63,659	-29,828	57,382	-26,620	45,750	-88,807	-58,738	-89,467	-60,543
-400	-10,0	-60,587	92,029	-57,389	84,808	-53,583	71,463	-91,138	-60,967	-91,730	-62,598
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-80,684	4,951	-75,387	5,945	-61,279	9,297	-72,312	-146,774	-72,019	-143,174
320	8,0	-93,693	21,233	-91,277	25,213	-81,300	30,728	-28,704	-100,147	-26,648	-94,082
160	4,0	-141,631	74,239	-140,866	77,876	-132,986	81,735	80,410	13,516	81,880	18,195
80	2,0	-169,242	103,215	-168,583	106,125	-160,437	108,247	138,643	72,870	139,102	76,301
0	0,0	-197,802	132,772	-196,924	134,729	-188,404	134,977	197,802	132,772	196,924	134,729
-40	-1,0	-212,314	147,590	-211,375	149,121	-202,470	148,479	197,174	132,312	196,497	134,403
-160	-4,0	-256,422	192,804	-254,920	192,845	-244,789	188,974	195,699	131,583	195,239	133,859
-400	-10,0	-345,721	283,379	-342,949	280,309	-330,015	269,972	193,996	130,383	193,830	132,903

 Tabelle C.33: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-153,993	155,156	-148,642	152,657	-137,490	147,056	5,932	9,077	6,059	9,072
160	4,0	-65,177	67,552	-63,119	66,569	-58,799	64,177	5,932	9,088	6,064	9,103
40	1,0	-20,891	23,849	-20,481	23,602	-19,453	22,748	6,106	9,273	6,244	9,275
0	0,0	-6,261	9,505	-6,345	9,467	-6,389	9,055	6,261	9,505	6,345	9,467
-20	-0,5	-0,232	3,978	-0,237	3,698	-0,387	2,981	-7,072	-3,425	-6,942	-3,431
-40	-1,0	-5,841	9,113	-5,537	8,383	-5,180	7,040	-8,735	-5,672	-8,790	-5,854
-80	-2,0	-20,179	23,712	-19,649	22,452	-18,841	20,049	-9,037	-5,900	-9,068	-6,065
-400	-10,0	-136,911	142,060	-134,425	136,455	-129,323	124,999	-9,168	-6,001	-9,160	-6,128
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-130,127	118,767	-124,268	116,231	-112,626	111,745	-17,934	-27,312	-18,315	-27,354
160	4,0	-41,762	31,698	-39,078	30,563	-34,030	29,044	-17,483	-26,766	-17,977	-26,903
80	2,0	-14,334	4,581	-12,711	3,929	-9,447	3,110	-15,278	-24,635	-15,806	-24,788
40	1,0	-15,582	5,037	-15,359	5,652	-14,090	6,504	0,797	-9,539	1,122	-8,675
0	0,0	-28,516	18,722	-28,401	19,035	-27,164	19,166	28,516	18,722	28,401	19,035
-40	-1,0	-42,658	33,232	-42,373	33,056	-40,762	32,141	28,082	18,447	28,046	18,819
-160	-4,0	-86,102	77,410	-85,129	75,655	-82,026	71,475	27,638	18,165	27,663	18,600
-400	-10,0	-173,475	165,927	-171,055	160,914	-164,905	150,167	27,396	17,866	27,470	18,331
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-208,903	238,493	-204,811	236,020	-194,529	227,475	60,842	92,414	62,228	92,435
160	4,0	-120,480	151,744	-119,553	150,657	-115,838	144,988	61,235	93,280	62,498	93,191
40	1,0	-76,872	109,051	-77,463	108,522	-76,861	104,103	62,087	94,475	63,226	94,195
0	0,0	-62,407	95,054	-63,449	94,670	-63,886	90,546	62,407	95,054	63,449	94,670
-160	-4,0	-9,148	45,408	-11,042	44,129	-13,845	39,152	-49,316	-13,837	-46,424	-12,926
-240	-6,0	-8,643	42,114	-6,864	37,509	-4,574	27,521	-79,004	-46,723	-79,287	-48,041
-320	-8,0	-31,417	63,648	-28,798	57,382	-25,745	45,567	-85,446	-54,801	-86,070	-56,684
-400	-10,0	-58,405	91,122	-55,367	83,825	-51,790	70,395	-87,674	-56,939	-88,218	-58,758
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-79,577	4,621	-73,993	4,766	-59,659	7,764	-68,484	-141,458	-68,590	-138,819
320	8,0	-90,808	18,290	-88,249	22,079	-78,296	27,684	-27,641	-98,573	-25,817	-92,789
160	4,0	-136,078	68,532	-135,363	72,209	-127,802	76,472	76,833	10,068	78,308	14,743
80	2,0	-162,626	96,396	-161,942	99,373	-154,246	101,913	133,014	67,180	133,425	70,656
0	0,0	-190,108	124,813	-189,340	126,898	-181,092	124,813	189,108	124,813	189,340	126,898
-40	-1,0	-204,085	139,211	-203,143	140,901	-194,616	140,747	189,509	124,426	188,816	126,664
-160	-4,0	-246,439	182,798	-245,037	182,970	-235,373	179,664	187,975	123,553	187,571	125,915
-400	-10,0	-332,254	270,437	-329,647	267,526	-317,400	257,907	186,175	122,376	186,062	124,943

 Tabelle C.34: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 130^\circ$	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.
$M = +1 \text{ kNm/m}$													
		$\sigma_{k,K21,mn}$						$\sigma_{k,K21,m}(N)$					
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-200,012	182,471	-193,986	180,364	-181,526	175,759	8,053	10,536	8,215	10,558	8,308	10,203
160	4,0	-84,846	79,331	-82,532	78,489	-77,598	76,431	8,099	10,600	8,260	10,610	8,347	10,251
40	1,0	-27,312	27,820	-26,847	27,605	-25,656	26,794	8,080	10,583	8,233	10,581	8,297	10,196
0	0,0	-8,283	10,842	-8,406	10,800	-8,411	10,338	8,283	10,842	8,406	10,800	8,411	10,338
-20	-0,5	-0,224	4,165	-0,319	3,830	-0,459	2,977	-8,373	-5,433	-8,171	-5,459	-7,819	-5,684
-40	-1,0	-7,005	11,445	-6,740	10,628	-6,552	9,187	-10,232	-7,787	-10,284	-7,986	-10,046	-8,172
-80	-2,0	-23,986	30,457	-23,531	29,043	-22,988	26,408	-10,401	-7,935	-10,430	-8,111	-10,123	-8,236
-400	-10,0	-161,446	183,954	-159,306	177,600	-155,394	164,949	-10,489	-8,005	-10,500	-8,171	-10,162	-8,269
$M = -3 \text{ kNm/m}$													
		$\sigma_{k,K21,mn}$						$\sigma_{k,K21,m}(N)$					
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-168,036	140,579	-161,329	138,382	-148,441	135,106	-23,923	-31,356	-24,442	-31,424	-24,777	-30,450
160	4,0	-53,197	37,830	-50,162	36,859	-44,691	35,992	-23,550	-30,901	-24,110	-31,020	-24,560	-30,188
80	2,0	-16,729	53,590	-14,867	4,743	-11,379	4,228	-21,663	19,203	-22,287	-29,218	-23,265	-28,883
40	1,0	-16,899	6,831	-16,647	7,568	-15,141	8,433	-2,333	-10,406	-1,967	-9,456	-2,218	-8,165
0	0,0	-32,526	24,848	-32,399	25,217	-31,015	25,232	32,526	24,848	32,399	25,217	31,015	25,232
-40	-1,0	-49,335	43,752	-49,069	43,556	-47,396	42,419	32,098	24,520	32,045	24,942	30,798	25,060
-160	-4,0	-100,593	101,091	-99,744	99,078	-96,913	94,264	31,862	24,344	31,865	24,806	30,733	25,013
-400	-10,0	-203,617	216,159	-201,517	210,451	-196,184	198,150	31,682	24,200	31,711	24,680	30,628	24,932
$M = +10 \text{ kNm/m}$													
		$\sigma_{k,K21,mn}$						$\sigma_{k,K21,m}(N)$					
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-273,126	278,204	-268,474	276,053	-256,565	267,948	81,167	106,269	82,703	106,247	83,347	102,392
160	4,0	-158,527	175,771	-157,479	174,766	-152,891	168,958	81,780	107,040	83,207	106,887	83,640	102,778
40	1,0	-101,616	125,084	-102,299	124,549	-101,249	119,699	82,384	107,847	83,685	107,525	83,890	103,101
0	0,0	-82,826	108,419	-84,056	107,996	-84,108	103,384	82,826	108,419	84,056	107,996	84,108	103,384
-160	-4,0	-12,552	48,192	-14,820	46,744	-17,676	40,893	-56,179	-28,555	-53,059	-27,528	-48,504	-28,358
-240	-6,0	-9,580	46,971	-7,849	41,472	-6,129	30,292	-93,581	-68,204	-94,035	-69,991	-93,205	-73,639
-320	-8,0	-37,626	77,926	-35,289	70,885	-33,686	58,408	-99,922	-75,641	-100,556	-77,732	-98,759	-80,166
-400	-10,0	-70,061	114,455	-67,410	106,291	-65,526	91,878	-101,874	-77,504	-102,396	-79,480	-100,030	-81,340
$M = -20 \text{ kNm/m}$													
		$\sigma_{k,K21,mn}$						$\sigma_{k,K21,m}(N)$					
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-83,304	4,496	-76,607	6,392	-59,557	9,200	-108,655	-167,439	-109,164	-163,414	-113,661	-156,356
320	8,0	-96,380	25,101	-93,484	29,637	-81,782	35,349	-57,187	-112,447	-55,133	-106,208	-56,792	-97,096
160	4,0	-152,018	91,830	-151,209	96,177	-142,284	100,273	75,271	23,099	76,937	28,298	73,033	34,093
80	2,0	-183,986	128,410	-183,257	131,882	-174,337	134,107	145,594	94,023	146,103	97,921	139,693	100,996
0	0,0	-216,838	165,652	-215,991	168,111	-206,767	168,216	216,838	165,652	215,991	168,111	206,767	168,216
-40	-1,0	-233,457	184,409	-232,515	186,334	-223,064	185,338	216,220	165,177	215,491	167,720	206,466	167,979
-160	-4,0	-283,796	241,064	-282,450	241,300	-272,168	236,861	215,065	164,317	214,571	167,028	205,988	167,610
-400	-10,0	-385,554	355,168	-383,184	351,883	-370,847	340,298	213,619	163,209	213,378	166,112	205,291	167,080

 Tabelle C.35: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-188,704	170,469	-182,786	168,563	-170,569	164,422	7,279	9,848	7,467	9,857
160	4,0	-79,868	74,110	-77,602	73,355	-72,795	71,499	7,331	9,902	7,508	9,913
40	1,0	-25,503	25,994	-25,056	25,802	-23,933	25,065	7,327	9,892	7,490	9,891
0	0,0	-7,547	10,155	-7,678	10,114	-7,727	9,680	7,547	10,155	7,678	10,114
-20	-0,5	-0,186	4,195	-0,256	3,828	-0,378	2,935	-7,845	-4,876	-7,679	-4,938
-40	-1,0	-6,562	11,178	-6,317	10,358	-6,146	8,876	-9,540	-6,998	-9,594	-7,208
-80	-2,0	-22,418	29,125	-22,002	27,713	-21,517	25,061	-9,706	-7,160	-9,739	-7,351
-400	-10,0	-150,828	174,193	-148,891	167,911	-145,379	155,393	-9,793	-7,232	-9,815	-7,408
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-159,807	131,352	-153,151	129,354	-140,294	126,422	-21,618	-29,269	-22,168	-29,352
160	4,0	-51,323	35,383	-48,284	34,489	-42,718	33,711	-21,214	-28,825	-21,810	-28,953
80	2,0	-16,966	5,065	-15,088	4,490	-11,490	4,012	-19,319	-27,059	-19,976	-27,251
40	1,0	-16,091	5,857	-15,793	6,569	-14,278	7,483	-2,085	-10,245	-1,773	-9,342
0	0,0	-30,464	22,642	-30,342	23,033	-29,038	23,180	30,464	22,642	30,342	23,033
-40	-1,0	-46,127	40,453	-45,889	40,295	-44,346	39,323	30,025	22,277	29,978	22,729
-160	-4,0	-93,984	94,600	-93,229	92,659	-90,655	88,076	29,776	22,063	29,787	22,565
-400	-10,0	-190,219	203,333	-188,334	197,752	-183,519	185,794	29,598	21,908	29,628	22,433
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-255,032	259,950	-250,566	258,027	-239,340	250,656	73,607	99,329	75,247	99,321
160	4,0	-146,816	164,321	-145,903	163,423	-141,880	158,076	74,279	100,113	75,809	99,981
40	1,0	-93,154	117,057	-93,936	116,565	-93,355	112,033	74,978	100,955	76,370	100,654
0	0,0	-75,474	101,547	-76,777	101,139	-77,266	96,795	75,474	101,547	76,777	101,139
-160	-4,0	-10,378	46,584	-12,478	44,895	-15,360	38,869	-53,830	-25,953	-50,964	-25,199
-240	-6,0	-9,105	48,108	-7,480	42,510	-5,871	31,035	-87,268	-60,747	-87,744	-62,681
-320	-8,0	-35,353	77,413	-33,184	70,321	-31,707	57,415	-93,144	-67,727	-93,781	-69,934
-400	-10,0	-65,625	111,787	-63,177	103,588	-61,465	88,767	-94,996	-69,638	-95,529	-71,731
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400	10,0	-83,912	3,708	-76,582	5,128	-58,725	7,575	-97,513	-156,913	-98,737	-153,578
320	8,0	-93,164	20,754	-89,787	24,953	-77,735	30,716	-51,976	-107,743	-50,468	-102,012
160	4,0	-143,046	81,779	-142,126	86,145	-133,472	90,886	70,509	17,571	72,032	22,703
80	2,0	-172,588	115,976	-171,831	119,553	-163,328	122,551	136,303	83,852	136,767	87,812
0	0,0	-203,094	150,947	-202,278	153,554	-193,589	154,531	203,094	150,947	202,278	153,554
-40	-1,0	-218,560	168,592	-217,669	170,683	-208,809	170,606	202,458	150,416	201,758	153,117
-160	-4,0	-265,450	221,951	-264,232	222,404	-254,688	218,995	201,242	149,414	200,790	152,310
-400	-10,0	-360,382	329,598	-358,267	326,602	-346,941	316,197	199,761	148,173	199,561	151,283

 Tabelle C.36: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-180,769	161,419	-174,914	159,686	-162,849	155,912	6,732	9,333	6,907	9,350
160	4,0	-76,253	70,185	-74,119	69,499	-69,401	67,802	6,669	9,389	6,948	9,403
40	1,0	-24,207	24,631	-23,776	24,457	-22,706	23,774	6,772	9,384	6,944	9,385
0	0,0	-7,009	9,648	-7,145	9,608	-7,228	9,192	7,009	9,648	7,145	9,608
-20	-0,5	-0,176	4,225	-0,215	3,836	-0,322	2,913	-7,428	-4,477	-7,302	-4,564
-40	-1,0	-6,210	11,018	-5,982	10,194	-5,830	8,678	-9,037	-6,417	-9,090	-6,638
-80	-2,0	-21,218	28,218	-20,837	26,810	-20,402	24,134	-9,199	-6,589	-9,230	-6,791
-400	-10,0	-142,802	167,374	-141,034	161,139	-137,850	148,700	-9,284	-6,663	-9,302	-6,868
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-154,127	124,337	-147,497	122,510	-134,624	119,869	-19,910	-27,749	-20,510	-27,826
160	4,0	-50,094	33,484	-47,049	32,658	-41,391	31,968	-19,490	-27,312	-20,122	-27,438
80	2,0	-17,186	4,795	-15,297	4,259	-11,617	3,821	-17,621	-25,622	-18,304	-25,808
40	1,0	-15,507	5,141	-15,174	5,832	-13,649	6,781	-1,928	-10,106	-1,658	-9,240
0	0,0	-28,945	21,026	-28,824	21,435	-27,576	21,685	28,945	21,026	28,824	21,435
-40	-1,0	-43,747	38,065	-43,528	37,937	-42,077	37,088	28,500	20,630	28,456	21,105
-160	-4,0	-89,041	89,969	-88,355	88,080	-85,980	83,665	28,245	20,385	28,259	20,909
-400	-10,0	-180,154	194,259	-178,441	188,773	-174,036	177,057	28,068	20,222	28,105	20,766
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-242,076	246,314	-237,765	244,575	-227,063	237,748	68,039	94,228	69,758	94,239
160	4,0	-138,351	155,814	-137,545	154,994	-133,952	149,980	68,767	95,018	70,374	94,898
40	1,0	-86,985	111,127	-87,844	110,658	-87,622	106,353	69,550	95,880	71,012	95,586
0	0,0	-70,087	96,482	-71,449	96,081	-72,282	91,921	70,087	96,482	71,449	96,081
-160	-4,0	-8,823	45,458	-10,778	43,586	-13,652	37,412	-51,973	-24,126	-49,318	-23,585
-240	-6,0	-8,618	49,034	-7,095	43,368	-5,604	31,680	-82,634	-55,388	-83,107	-57,436
-320	-8,0	-33,465	77,291	-31,444	70,159	-30,114	56,918	-88,204	-61,939	-88,825	-64,247
-400	-10,0	-62,104	110,187	-59,831	101,946	-58,308	86,786	-89,982	-63,850	-90,505	-66,061
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-84,508	3,521	-76,738	4,318	-58,272	6,459	-89,529	-148,565	-91,269	-146,018
320	8,0	-90,913	17,643	-87,168	21,553	-74,822	27,302	-48,317	-104,026	-47,238	-98,716
160	4,0	-136,478	74,350	-135,467	78,736	-126,989	83,978	66,894	13,554	68,296	18,640
80	2,0	-164,211	106,825	-163,422	110,487	-155,203	114,091	129,404	76,408	129,821	80,420
0	0,0	-192,965	140,174	-192,161	142,898	-183,842	144,563	192,965	140,174	192,161	142,898
-40	-1,0	-207,563	157,028	-206,699	159,253	-198,251	159,896	192,316	139,593	191,627	142,421
-160	-4,0	-251,871	208,055	-250,735	208,693	-241,712	206,062	191,075	138,471	190,639	141,522
-400	-10,0	-341,665	311,163	-339,741	308,403	-329,152	298,884	189,579	137,126	189,405	140,396

 Tabelle C.37: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$M = +1 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-174,893	154,293	-169,101	152,715	-157,182	149,253	6,309	8,951	6,483	8,969
160	4,0	-73,750	67,106	-71,551	66,478	-66,900	64,913	6,346	9,005	6,534	9,016
40	1,0	-23,242	23,572	-22,823	23,413	-21,794	22,772	6,354	9,001	6,531	9,002
0	0,0	-6,602	9,263	-6,744	9,223	-6,855	8,263	6,602	9,263	6,744	9,223
-20	-0,5	-0,165	4,247	-0,190	3,844	-0,284	2,900	-7,102	-4,287	-6,997	-4,287
-40	-1,0	-5,913	10,908	-5,703	10,082	-5,571	8,544	-8,658	-5,980	-8,708	-6,210
-80	-2,0	-20,253	27,559	-19,901	26,154	-19,516	23,466	-8,815	-6,158	-8,848	-6,370
-400	-10,0	-136,443	162,340	-134,825	156,165	-131,940	143,794	-8,899	-6,244	-8,921	-6,453
$M = -3 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-149,963	118,746	-143,373	117,074	-130,498	114,700	-18,621	-26,596	-19,245	-26,672
160	4,0	-49,213	31,929	-46,166	31,168	-40,450	30,567	-18,191	-26,172	-18,851	-26,294
80	2,0	-17,352	4,536	-15,459	4,035	-11,729	3,640	-16,365	-24,532	-17,065	-24,714
40	1,0	-15,072	4,608	-14,713	5,279	-13,179	6,250	-1,816	-9,963	-1,579	-9,132
0	0,0	-27,790	19,807	-27,669	20,232	-26,459	20,563	27,790	19,807	27,669	20,232
-40	-1,0	-41,917	36,275	-41,713	36,173	-40,330	35,425	27,346	19,387	27,302	19,881
-160	-4,0	-85,190	86,524	-84,563	84,682	-82,348	80,402	27,089	19,120	27,101	19,665
-400	-10,0	-172,262	187,551	-170,694	182,141	-166,626	170,615	26,920	18,967	26,948	19,523
$M = +10 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-232,422	235,723	-228,235	234,134	-217,950	227,727	63,838	90,381	65,617	90,388
160	4,0	-132,007	149,260	-131,293	148,499	-128,036	143,733	64,603	91,159	66,276	91,037
40	1,0	-82,342	106,600	-83,261	106,144	-83,335	101,996	65,454	92,029	66,969	91,733
0	0,0	-66,024	92,632	-67,441	92,230	-68,545	88,196	66,024	92,632	67,441	92,230
-160	-4,0	-7,701	44,628	-9,532	42,962	-12,377	36,338	-50,400	-22,776	-47,930	-22,055
-240	-6,0	-8,106	49,710	-6,685	44,005	-5,319	32,189	-79,099	-51,440	-79,563	-53,566
-320	-8,0	-31,791	77,251	-29,914	70,110	-28,751	56,645	-84,483	-57,616	-85,083	-59,984
-400	-10,0	-59,138	109,083	-57,034	100,828	-55,723	85,441	-86,204	-59,501	-86,712	-61,790
$M = -20 \text{ kNm/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400	10,0	-84,953	3,295	-76,885	3,797	-58,009	5,693	-83,631	-142,047	-85,733	-139,949
320	8,0	-89,253	15,399	-85,241	19,062	-72,674	24,751	-45,614	-100,875	-44,853	-95,935
160	4,0	-131,544	68,736	-130,458	73,139	-122,084	78,764	64,140	10,635	65,441	15,677
80	2,0	-157,879	99,914	-157,056	103,644	-149,019	107,723	124,162	70,846	124,532	74,895
0	0,0	-185,264	132,047	-184,460	134,882	-176,392	137,089	185,264	132,047	184,460	134,882
-40	-1,0	-199,181	148,310	-198,339	150,662	-190,170	151,854	184,610	131,422	183,928	134,370
-160	-4,0	-241,461	197,623	-240,388	198,405	-231,739	196,397	183,360	130,219	182,926	133,388
-400	-10,0	-327,215	297,351	-325,441	294,785	-315,408	285,981	181,873	128,767	181,695	132,167

 Tabelle C.38: $\sigma_{k,K21,mn}$, $\sigma_{k,K21,m}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

90°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
20 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +1 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 15 \text{ N/mm}^2$											
200	1,502	1,403	1,085	1,460	1,368	1,058	1,444	1,347	1,040	1,424	1,328	1,024
80	1,504	1,404	1,086	1,465	1,369	1,064	1,445	1,348	1,040	1,428	1,330	1,024
20	1,511	1,409	1,088	1,471	1,372	1,059	1,447	1,349	1,040	1,430	1,332	1,026
0	1,516	1,413	1,089	1,476	1,375	1,061	1,450	1,351	1,041	1,432	1,333	1,026
-10	0,999	0,666	0,639	0,976	0,655	0,626	0,964	0,650	0,618	0,956	0,648	0,605
-20	0,484	0,413	0,191	0,479	0,410	0,193	0,479	0,410	0,195	0,482	0,413	0,198
-40	1,004	0,978	0,920	0,987	0,960	0,895	0,968	0,942	0,873	0,950	0,925	0,855
-200	1,494	1,396	1,082	1,462	1,366	1,058	1,434	1,339	1,037	1,417	1,321	1,020
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -3 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 45 \text{ N/mm}^2$											
200	1,461	1,375	1,077	1,430	1,344	1,050	1,408	1,322	1,031	1,393	1,306	1,017
80	0,370	0,358	0,378	0,387	0,371	0,382	0,391	0,374	0,380	0,389	0,372	0,375
40	0,826	0,745	0,490	0,810	0,731	0,482	0,802	0,723	0,477	0,798	0,719	0,473
20	1,171	1,079	0,789	1,142	1,053	0,771	1,126	1,037	0,759	1,115	1,026	0,750
0	1,516	1,413	1,089	1,476	1,375	1,061	1,450	1,351	1,041	1,432	1,333	1,026
-20	1,514	1,411	1,089	1,474	1,374	1,060	1,449	1,350	1,041	1,431	1,332	1,026
-80	1,510	1,408	1,087	1,470	1,372	1,059	1,447	1,348	1,041	1,430	1,332	1,026
-200	1,506	1,405	1,086	1,466	1,369	1,058	1,446	1,348	1,040	1,428	1,330	1,025
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +10 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 150 \text{ N/mm}^2$											
200	1,511	1,409	1,088	1,471	1,372	1,059	1,447	1,349	1,041	1,430	1,332	1,026
80	1,514	1,411	1,089	1,474	1,374	1,060	1,449	1,350	1,041	1,431	1,332	1,026
20	1,516	1,412	1,089	1,475	1,375	1,061	1,450	1,351	1,041	1,432	1,333	1,026
0	1,516	1,413	1,089	1,476	1,375	1,061	1,450	1,351	1,041	1,432	1,333	1,026
-80	1,102	1,012	0,729	1,076	0,988	0,713	1,061	0,974	0,702	1,051	0,965	0,694
-120	0,895	0,812	0,550	0,876	0,795	0,539	0,867	0,786	0,533	0,861	0,780	0,521
-160	0,689	0,612	0,370	0,677	0,602	0,366	0,673	0,598	0,364	0,672	0,596	0,352
-200	0,484	0,413	0,191	0,479	0,410	0,193	0,479	0,410	0,195	0,482	0,413	0,184
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -20 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 300 \text{ N/mm}^2$											
200	0,999	0,912	0,639	0,976	0,892	0,626	0,964	0,880	0,618	0,956	0,872	0,611
160	1,102	1,012	0,729	1,076	0,988	0,713	1,061	0,974	0,702	1,051	0,965	0,694
80	1,309	1,212	0,909	1,275	1,182	0,887	1,255	1,162	0,872	1,242	1,149	0,860
40	1,413	1,312	0,999	1,375	1,279	0,974	1,353	1,257	0,956	1,337	1,241	0,943
0	1,516	1,413	1,089	1,476	1,375	1,061	1,450	1,351	1,041	1,432	1,333	1,026
-20	1,516	1,412	1,089	1,475	1,375	1,061	1,450	1,351	1,041	1,432	1,333	1,026
-80	1,515	1,412	1,089	1,475	1,374	1,060	1,450	1,350	1,041	1,432	1,333	1,026
-200	1,513	1,410	1,088	1,473	1,373	1,060	1,449	1,349	1,041	1,431	1,332	1,026

Tabelle C.39: $K_{t,mn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

110°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
20 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +1 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 15 \text{ N/mm}^2$											
200	1,511	1,410	1,098	1,468	1,369	1,064	1,435	1,337	1,038	1,417	1,318	1,020
80	1,513	1,411	1,097	1,468	1,369	1,063	1,438	1,339	1,038	1,416	1,317	1,019
20	1,532	1,428	1,108	1,484	1,382	1,073	1,452	1,352	1,048	1,430	1,330	1,028
0	1,535	1,430	1,109	1,487	1,384	1,072	1,454	1,352	1,047	1,431	1,330	1,027
-10	0,948	0,559	0,587	0,924	0,550	0,571	0,910	0,545	0,561	0,901	0,545	0,554
-20	0,367	0,292	0,108	0,366	0,292	0,120	0,369	0,296	0,125	0,377	0,302	0,125
-40	1,102	1,083	1,012	1,067	1,048	0,975	1,036	1,018	0,945	1,009	0,990	0,920
-200	1,513	1,415	1,104	1,469	1,371	1,069	1,445	1,346	1,045	1,422	1,325	1,027
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -3 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 45 \text{ N/mm}^2$											
200	1,482	1,394	1,097	1,441	1,353	1,063	1,414	1,326	1,039	1,394	1,305	1,020
80	0,424	0,416	0,454	0,435	0,424	0,451	0,436	0,424	0,445	0,431	0,419	0,438
40	0,753	0,668	0,413	0,737	0,654	0,404	0,729	0,646	0,399	0,726	0,642	0,397
20	1,144	1,049	0,762	1,112	1,019	0,738	1,091	0,999	0,723	1,078	0,986	0,712
0	1,535	1,430	1,109	1,487	1,384	1,072	1,454	1,352	1,047	1,431	1,330	1,027
-20	1,534	1,429	1,109	1,485	1,383	1,072	1,453	1,352	1,047	1,431	1,330	1,028
-80	1,525	1,422	1,104	1,477	1,376	1,069	1,447	1,347	1,044	1,424	1,325	1,024
-200	1,521	1,419	1,103	1,476	1,376	1,069	1,445	1,346	1,044	1,423	1,324	1,024
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +10 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 150 \text{ N/mm}^2$											
200	1,529	1,425	1,106	1,481	1,379	1,071	1,450	1,349	1,045	1,427	1,327	1,026
80	1,532	1,427	1,107	1,483	1,381	1,071	1,451	1,350	1,046	1,429	1,328	1,026
20	1,535	1,430	1,109	1,487	1,383	1,072	1,454	1,352	1,047	1,431	1,330	1,027
0	1,535	1,430	1,109	1,487	1,384	1,072	1,454	1,352	1,047	1,431	1,330	1,027
-80	1,064	0,972	0,691	1,036	0,945	0,671	1,018	0,927	0,657	1,007	0,910	0,649
-120	0,831	0,744	0,483	0,812	0,727	0,471	0,801	0,716	0,464	0,796	0,711	0,460
-160	0,598	0,517	0,274	0,587	0,508	0,271	0,584	0,505	0,270	0,585	0,505	0,271
-200	0,365	0,290	0,110	0,364	0,290	0,122	0,368	0,294	0,127	0,375	0,300	0,127
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -20 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 300 \text{ N/mm}^2$											
200	0,948	0,858	0,587	0,924	0,836	0,571	0,910	0,822	0,561	0,901	0,814	0,554
160	1,065	0,972	0,692	1,037	0,945	0,671	1,018	0,928	0,658	1,007	0,917	0,649
80	1,300	1,201	0,900	1,261	1,164	0,871	1,236	1,140	0,852	1,219	1,123	0,838
40	1,418	1,316	1,005	1,374	1,274	0,972	1,345	1,246	0,950	1,325	1,226	0,933
0	1,535	1,430	1,109	1,487	1,384	1,072	1,454	1,352	1,047	1,431	1,330	1,027
-20	1,535	1,430	1,109	1,487	1,384	1,072	1,454	1,352	1,047	1,431	1,330	1,027
-80	1,537	1,431	1,110	1,488	1,385	1,074	1,455	1,353	1,049	1,432	1,331	1,029
-200	1,532	1,427	1,107	1,483	1,381	1,071	1,451	1,350	1,046	1,429	1,328	1,027

Tabelle C.40: $K_{t,mn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

130°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
20 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +1 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 15 \text{ N/mm}^2$											
200	1,505	1,399	1,089	1,458	1,353	1,050	1,424	1,319	1,020	1,399	1,294	0,997
80	1,497	1,390	1,081	1,449	1,344	1,042	1,415	1,311	1,012	1,390	1,285	0,989
20	1,519	1,410	1,094	1,470	1,362	1,055	1,435	1,328	1,025	1,409	1,301	1,001
0	1,522	1,411	1,093	1,472	1,363	1,054	1,436	1,328	1,024	1,410	1,301	1,000
-10	0,885	0,536	0,513	0,863	0,494	0,498	0,851	0,467	0,488	0,845	0,448	0,483
-20	0,258	0,171	0,149	0,263	0,177	0,151	0,273	0,187	0,150	0,287	0,200	0,146
-40	1,132	1,121	1,041	1,082	1,071	1,001	1,040	1,029	0,968	1,003	0,993	0,938
-200	1,495	1,392	1,086	1,449	1,346	1,047	1,416	1,313	1,018	1,391	1,288	0,994
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -3 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 45 \text{ N/mm}^2$											
200	1,467	1,374	1,081	1,422	1,330	1,043	1,391	1,298	1,014	1,366	1,273	0,990
80	0,477	0,475	0,527	0,473	0,469	0,512	0,463	0,458	0,496	0,450	0,445	0,480
40	0,674	0,579	0,319	0,661	0,568	0,313	0,656	0,563	0,310	0,657	0,563	0,310
20	1,098	0,995	0,707	1,067	0,966	0,683	1,047	0,946	0,668	1,034	0,933	0,655
0	1,522	1,410	1,093	1,472	1,363	1,054	1,436	1,328	1,024	1,410	1,301	1,000
-20	1,520	1,410	1,094	1,471	1,362	1,054	1,436	1,328	1,024	1,409	1,301	1,000
-80	1,510	1,401	1,088	1,461	1,354	1,049	1,427	2,867	1,019	1,401	1,294	0,995
-200	1,509	1,402	1,090	1,461	1,355	1,050	1,427	1,321	1,021	1,401	1,295	0,997
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +10 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 150 \text{ N/mm}^2$											
200	1,515	1,406	1,091	1,466	1,359	1,052	1,431	1,324	1,022	1,405	1,298	0,998
80	1,517	1,407	1,091	1,468	1,360	1,052	1,433	1,325	1,022	1,406	1,299	0,998
20	1,521	1,410	1,093	1,471	1,363	1,054	1,436	1,328	1,024	1,409	1,301	1,000
0	1,522	1,410	1,093	1,472	1,363	1,054	1,436	1,328	1,024	1,410	1,301	1,000
-80	1,011	0,910	0,628	0,984	0,884	0,608	0,967	0,868	0,594	0,957	0,857	0,585
-120	0,758	0,662	0,397	0,742	0,647	0,387	0,734	0,639	0,381	0,732	0,637	0,379
-160	0,505	0,414	0,165	0,500	0,409	0,165	0,501	0,411	0,168	0,508	0,416	0,173
-200	0,254	0,167	0,152	0,259	0,173	0,155	0,270	0,183	0,153	0,284	0,196	0,149
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -20 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 300 \text{ N/mm}^2$											
200	0,885	0,787	0,512	0,863	0,766	0,498	0,851	0,754	0,488	0,845	0,747	0,483
160	1,012	0,911	0,629	0,984	0,885	0,609	0,968	0,869	0,595	0,958	0,858	0,586
80	1,266	1,160	0,860	1,228	1,123	0,831	1,202	1,098	0,809	1,183	1,079	0,792
40	1,394	1,285	0,977	1,350	1,243	0,942	1,319	1,213	0,917	1,296	1,190	0,896
0	1,522	1,410	1,093	1,472	1,363	1,054	1,436	1,328	1,024	1,410	1,301	1,000
-20	1,521	1,410	1,093	1,472	1,363	1,054	1,436	1,328	1,024	1,409	1,301	1,000
-80	1,519	1,409	1,092	1,470	1,361	1,053	1,434	1,327	1,023	1,408	1,300	0,999
-200	1,518	1,408	1,092	1,468	1,360	1,053	1,433	1,326	1,023	1,407	1,299	0,999

Tabelle C.41: $K_{t,mn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

90°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
30 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +1 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 6,67 \text{ N/mm}^2$											
300	2,147	2,115	1,907	2,031	1,996	1,805	1,946	1,916	1,734	1,893	1,858	1,678
120	2,159	2,120	1,907	2,039	2,003	1,806	1,955	1,922	1,735	1,895	1,861	1,682
30	2,180	2,136	1,917	2,056	2,016	1,813	1,972	1,935	1,742	1,913	1,877	1,691
0	2,215	2,163	1,931	2,089	2,041	1,826	2,001	1,957	1,753	1,940	1,897	1,701
-15	0,613	0,594	0,452	0,579	0,562	0,432	0,574	0,537	0,414	0,530	0,517	0,401
-30	1,697	1,655	1,567	1,613	1,584	1,500	1,554	1,530	1,449	1,510	1,488	1,411
-120	2,074	2,048	1,872	1,960	1,937	1,772	1,884	1,861	1,703	1,832	1,810	1,656
-300	2,139	2,097	1,900	2,021	1,987	1,797	1,933	1,901	1,727	1,875	1,850	1,677
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -3 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 20,00 \text{ N/mm}^2$											
300	2,116	2,084	1,890	1,996	1,969	1,789	1,915	1,888	1,718	1,859	1,833	1,669
120	1,962	1,947	1,813	1,861	1,847	1,719	1,794	1,779	1,656	1,748	1,734	1,613
60	0,760	0,710	0,657	0,773	0,723	0,662	0,779	0,729	0,664	0,780	0,731	0,663
30	1,139	1,111	0,942	1,074	1,049	0,893	1,027	1,004	0,857	0,993	0,971	0,831
0	2,215	2,163	1,931	2,089	2,041	1,825	2,001	1,957	1,753	1,940	1,897	1,701
-30	2,198	2,150	1,924	2,072	2,029	1,820	1,987	1,946	1,748	1,926	1,886	1,697
-120	2,176	2,133	1,916	2,052	2,013	1,811	1,969	1,932	1,741	1,909	1,873	1,689
-300	2,160	2,120	1,909	2,041	2,003	1,806	1,957	1,923	1,736	1,897	1,863	1,683
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +10 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 66,67 \text{ N/mm}^2$											
300	2,180	2,136	1,917	2,056	2,016	1,813	1,972	1,935	1,742	1,913	1,876	1,691
120	2,196	2,149	1,923	2,071	2,027	1,819	1,985	1,944	1,747	1,924	1,885	1,696
30	2,208	2,158	1,929	2,083	2,036	1,824	1,997	1,954	1,751	1,935	1,894	1,699
0	2,215	2,163	1,931	2,089	2,041	1,825	2,001	1,957	1,753	1,940	1,897	1,701
-120	0,928	0,903	0,745	0,875	0,853	0,708	0,836	0,816	0,680	0,806	0,788	0,658
-180	0,551	0,504	0,462	0,578	0,530	0,479	0,594	0,546	0,489	0,603	0,555	0,494
-240	1,166	1,112	1,041	1,148	1,096	1,021	1,132	1,082	1,005	1,117	1,070	0,992
-300	1,697	1,655	1,567	1,613	1,584	1,500	1,554	1,530	1,449	1,510	1,488	1,410
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -20 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 133,33 \text{ N/mm}^2$											
300	0,613	0,594	0,452	0,579	0,562	0,432	0,552	0,537	0,414	0,530	0,517	0,401
240	0,928	0,903	0,745	0,875	0,853	0,708	0,836	0,816	0,680	0,806	0,788	0,658
120	1,567	1,530	1,336	1,477	1,443	1,265	1,414	1,383	1,215	1,368	1,340	1,178
60	1,890	1,846	1,633	1,782	1,742	1,545	1,707	1,669	1,484	1,654	1,618	1,440
0	2,215	2,163	1,931	2,089	2,041	1,825	2,001	1,957	1,753	1,940	1,897	1,701
-30	2,212	2,160	1,930	2,086	2,039	1,824	1,999	1,955	1,752	1,937	1,895	1,700
-120	2,203	2,154	1,927	2,078	2,032	1,822	1,992	1,950	1,750	1,931	1,890	1,698
-300	2,193	2,146	1,922	2,068	2,025	1,818	1,982	1,942	1,745	1,922	1,884	1,695

Tabelle C.42: $K_{t,mn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

110°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
30 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +1 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 6,67 \text{ N/mm}^2$											
300	2,186	2,150	1,941	2,064	2,026	1,831	1,988	1,951	1,768	1,924	1,889	1,718
120	2,198	2,159	1,948	2,072	2,035	1,842	1,999	1,963	1,777	1,939	1,905	1,726
30	2,198	2,156	1,943	2,076	2,037	1,839	1,996	1,958	1,766	1,940	1,903	1,718
0	2,239	2,190	1,965	2,115	2,070	1,858	2,030	1,986	1,785	1,972	1,929	1,733
-15	0,399	0,382	0,244	0,380	0,363	0,235	0,366	0,350	0,246	0,358	0,342	0,257
-30	1,817	1,801	1,724	1,722	1,707	1,635	1,654	1,640	1,572	1,604	1,589	1,525
-120	2,114	2,090	1,915	2,000	1,976	1,811	1,920	1,899	1,740	1,868	1,845	1,687
-300	2,162	2,134	1,943	2,056	2,024	1,833	1,968	1,942	1,765	1,907	1,883	1,709
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -3 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 20,00 \text{ N/mm}^2$											
300	2,152	2,120	1,930	2,034	2,009	1,829	1,949	1,924	1,757	1,894	1,867	1,701
120	2,031	2,016	1,875	1,923	1,909	1,775	1,849	1,836	1,707	1,799	1,785	1,657
60	0,858	0,806	0,761	0,860	0,809	0,756	0,858	0,808	0,751	0,853	0,804	0,744
30	1,003	0,978	0,813	0,949	0,924	0,772	0,911	0,889	0,743	0,887	0,865	0,722
0	2,239	2,190	1,966	2,116	2,070	1,858	2,030	1,986	1,785	1,972	1,929	1,733
-30	2,221	2,176	1,957	2,109	2,054	1,850	2,014	1,973	1,778	1,957	1,917	1,725
-120	2,204	2,163	1,952	2,083	2,044	1,847	1,981	1,964	1,774	1,947	1,910	1,726
-300	2,190	2,151	1,942	2,066	2,029	1,836	1,993	1,957	1,770	1,934	1,900	1,720
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +10 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 66,67 \text{ N/mm}^2$											
300	2,206	2,164	1,951	2,083	1,894	1,846	2,003	1,965	1,773	1,947	1,910	1,724
120	2,222	2,177	1,958	2,097	2,055	1,852	2,015	1,975	1,780	1,958	1,918	1,727
30	2,233	2,185	1,963	2,109	2,064	1,855	2,024	1,982	1,782	1,966	1,924	1,731
0	2,239	2,190	1,966	2,115	2,070	1,858	2,030	1,986	1,785	1,972	1,929	1,733
-120	0,763	0,740	0,588	0,722	0,702	0,559	0,694	0,674	0,538	0,676	0,657	0,524
-180	0,621	0,572	0,536	0,640	0,590	0,545	0,650	0,600	0,550	0,654	0,605	0,550
-240	1,309	1,259	1,201	1,274	1,227	1,165	1,243	1,200	1,138	1,218	1,177	1,116
-300	1,809	1,794	1,717	1,715	1,700	1,628	1,647	1,633	1,565	1,597	1,583	1,518
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -20 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 133,33 \text{ N/mm}^2$											
300	0,402	0,385	0,246	0,383	0,366	0,237	0,368	0,353	0,243	0,360	0,345	0,254
240	0,762	0,740	0,587	0,722	0,701	0,559	0,694	0,674	0,537	0,675	0,657	0,523
120	1,496	1,461	1,275	1,414	1,382	1,207	1,358	1,327	1,159	1,319	1,289	1,126
60	1,866	1,825	1,620	1,764	1,725	1,532	1,694	1,656	1,472	1,644	1,608	1,429
0	2,239	2,190	1,966	2,115	2,070	1,858	2,030	1,986	1,785	1,972	1,929	1,733
-30	2,236	2,188	1,964	2,112	2,067	1,856	2,027	1,984	1,783	1,969	1,926	1,732
-120	2,229	2,182	1,962	2,105	2,061	1,854	2,021	1,979	1,782	1,963	1,923	1,727
-300	2,218	2,174	1,956	2,094	2,053	1,849	2,012	1,972	1,778	1,955	1,915	1,726

Tabelle C.43: $K_{t,mn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

130°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
30 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +1 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 6,67 \text{ N/mm}^2$											
300	2,169	2,130	1,926	2,056	2,017	1,825	1,975	1,937	1,750	1,915	1,878	1,695
120	2,159	2,118	1,913	2,046	2,007	1,812	1,965	1,927	1,738	1,907	1,868	1,683
30	2,178	2,134	1,922	2,065	2,022	1,820	1,984	1,492	1,746	1,924	1,882	1,691
0	2,211	2,160	1,935	2,097	2,047	1,833	2,015	1,966	1,759	1,954	1,905	1,703
-15	0,317	0,273	0,258	0,344	0,298	0,273	0,359	0,313	0,281	0,366	0,320	0,284
-30	1,844	1,836	1,765	1,742	1,734	1,670	1,665	1,658	1,599	1,605	1,598	1,544
-120	2,104	2,076	1,896	1,993	1,966	1,795	1,915	1,888	1,722	1,858	1,830	1,667
-300	2,133	2,096	1,899	2,021	1,986	1,799	1,942	1,907	1,725	1,884	1,848	1,670
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -3 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 20,00 \text{ N/mm}^2$											
300	2,126	2,092	1,901	2,014	1,981	1,800	1,935	1,903	1,727	1,877	1,844	1,672
120	2,037	2,019	1,869	1,929	1,911	1,769	1,852	1,835	1,696	1,796	1,778	1,642
60	0,936	0,892	0,865	0,918	0,875	0,842	0,900	0,859	0,822	0,881	0,842	0,803
30	0,879	0,846	0,673	0,835	0,804	0,638	0,805	0,773	0,613	0,784	0,753	0,595
0	2,211	2,160	1,935	2,097	2,047	1,833	2,015	1,966	1,759	1,954	1,905	1,703
-30	2,195	2,147	1,929	2,081	2,035	1,827	1,999	1,954	1,753	1,939	1,894	1,697
-120	2,175	2,131	1,921	2,061	2,019	1,819	1,980	1,939	1,745	1,921	1,880	1,690
-300	2,169	2,127	1,921	2,055	2,015	1,820	1,974	1,935	1,746	1,915	1,876	1,690
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +10 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 66,67 \text{ N/mm}^2$											
300	2,181	2,137	1,925	2,068	2,025	1,823	1,987	1,944	1,749	1,927	1,885	1,693
120	2,193	2,145	1,928	2,079	2,033	1,826	1,997	1,953	1,752	1,937	1,892	1,696
30	2,205	2,155	1,933	2,091	2,043	1,831	2,009	1,962	1,757	1,948	1,901	1,701
0	2,211	2,160	1,935	2,097	2,047	1,833	2,015	1,966	1,759	1,954	1,905	1,703
-120	0,622	0,592	0,427	0,548	0,563	0,406	0,572	0,543	0,390	0,559	0,530	0,380
-180	0,693	0,648	0,624	0,694	0,649	0,617	0,690	0,645	0,609	0,682	0,638	0,599
-240	1,382	1,347	1,319	1,323	1,292	1,261	1,275	1,246	1,216	1,232	1,207	1,177
-300	1,842	1,833	1,763	1,739	1,731	1,667	1,663	1,656	1,597	1,602	1,595	1,542
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -20 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 133,33 \text{ N/mm}^2$											
300	0,316	0,272	0,257	0,343	0,297	0,272	0,358	0,312	0,280	0,365	0,319	0,283
240	0,623	0,593	0,428	0,593	0,564	0,406	0,573	0,544	0,391	0,560	0,531	0,380
120	1,411	1,371	1,179	1,339	1,301	1,117	1,288	1,250	1,072	1,251	1,213	1,039
60	1,810	1,765	1,557	1,717	1,673	1,475	1,651	1,608	1,415	1,602	1,559	1,371
0	2,211	2,160	1,935	2,097	2,047	1,833	2,015	1,966	1,759	1,954	1,905	1,703
-30	2,208	2,157	1,934	2,094	2,045	1,832	2,012	1,964	1,758	1,951	1,903	1,702
-120	2,200	2,151	1,931	2,086	2,039	1,829	2,005	1,958	1,755	1,944	1,898	1,699
-300	2,191	2,144	1,928	2,077	2,032	1,826	1,996	1,951	1,752	1,935	1,891	1,696

Tabelle C.44: $K_{t,mn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

90°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
40 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +1 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 3,75 \text{ N/mm}^2$											
400	2,881	2,882	2,757	2,676	2,665	2,549	2,510	2,513	2,410	2,397	2,391	2,310
160	2,894	2,888	2,758	2,676	2,665	2,557	2,517	2,513	2,424	2,397	2,394	2,318
40	2,921	2,910	2,779	2,703	2,695	2,580	2,543	2,538	2,435	2,429	2,426	2,332
0	3,000	2,976	2,819	2,783	2,762	2,620	2,624	2,606	2,476	2,506	2,490	2,368
-20	1,938	1,855	1,709	1,852	1,778	1,639	1,787	1,719	1,587	1,736	1,674	1,547
-40	2,694	2,709	2,648	2,493	2,510	2,457	2,357	2,367	2,321	2,250	2,267	2,223
-80	2,811	2,818	2,724	2,599	2,608	2,527	2,449	2,459	2,385	2,341	2,351	2,282
-400	2,847	2,861	2,756	2,633	2,655	2,547	2,476	2,492	2,406	2,380	2,389	2,294
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -3 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 11,25 \text{ N/mm}^2$											
400	2,839	2,838	2,742	2,621	2,633	2,542	2,470	2,477	2,398	2,365	2,372	2,293
160	2,766	2,776	2,695	2,557	2,570	2,501	2,409	2,422	2,361	2,302	2,316	2,259
80	2,430	2,438	2,402	2,262	2,272	2,241	2,145	2,155	2,127	2,061	2,072	2,045
40	0,739	0,665	0,557	0,761	0,689	0,579	0,774	0,704	0,592	0,782	0,713	0,600
0	3,000	2,976	2,819	2,783	2,762	2,620	2,624	2,606	2,476	2,506	2,490	2,368
-40	2,955	2,939	2,796	2,736	2,724	2,598	2,577	2,567	2,454	2,461	2,453	2,347
-160	2,910	2,902	2,774	2,694	2,688	2,577	2,538	2,534	2,431	2,419	2,417	2,328
-400	2,896	2,889	2,758	2,676	2,666	2,561	2,517	2,516	2,426	2,398	2,399	2,293
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +10 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 37,50 \text{ N/mm}^2$											
400	2,920	2,910	2,779	2,703	2,695	2,580	2,543	2,538	2,435	2,429	2,426	2,332
160	2,949	2,934	2,793	2,731	2,719	2,595	2,573	2,564	2,451	2,455	2,448	2,344
40	2,983	2,962	2,810	2,764	2,747	2,611	2,606	2,591	2,467	2,487	2,474	2,360
0	3,000	2,976	2,819	2,783	2,762	2,620	2,624	2,606	2,476	2,506	2,490	2,368
-160	1,236	1,154	1,026	1,217	1,140	1,011	1,202	1,127	1,000	1,189	1,117	0,990
-240	2,303	2,302	2,257	2,150	2,151	2,111	2,042	2,044	2,008	1,965	1,968	1,933
-320	2,586	2,601	2,559	2,398	2,415	2,379	2,267	2,283	2,251	2,173	2,189	2,159
-400	2,694	2,708	2,648	2,493	2,510	2,457	2,351	2,367	2,321	2,250	2,267	2,223
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -20 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 75,00 \text{ N/mm}^2$											
400	1,938	1,855	1,709	1,852	1,778	1,639	1,787	1,719	1,587	1,736	1,674	1,547
320	1,236	1,154	1,026	1,217	1,140	1,011	1,202	1,127	1,000	1,189	1,117	0,990
160	1,471	1,481	1,398	1,365	1,374	1,303	1,282	1,293	1,228	1,216	1,227	1,170
80	2,230	2,224	2,107	2,069	2,064	1,959	1,948	1,945	1,849	1,855	1,854	1,766
0	3,000	2,976	2,819	2,783	2,762	2,620	2,624	2,606	2,476	2,506	2,490	2,368
-40	2,990	2,968	2,814	2,773	2,753	2,615	2,614	2,598	2,471	2,496	2,482	2,363
-160	2,969	2,950	2,803	2,750	2,736	2,605	2,592	2,580	2,460	2,474	2,464	1,400
-400	2,942	2,928	2,790	2,723	2,713	2,590	2,567	2,559	2,448	2,448	2,441	2,340

Tabelle C.45: $K_{t,mn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

110°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
40 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +1 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 3,75 \text{ N/mm}^2$											
400	2,871	2,873	2,780	2,653	2,665	2,580	2,530	2,542	2,446	2,421	2,419	2,361
160	2,877	2,883	2,778	2,667	2,676	2,580	2,539	2,541	2,445	2,423	2,427	2,364
40	2,927	2,925	2,813	2,718	2,720	2,622	2,577	2,577	2,483	2,473	2,473	2,389
0	2,983	2,969	2,835	2,781	2,768	2,645	2,637	2,626	2,512	2,535	2,525	2,415
-20	2,167	2,088	1,948	2,054	1,985	1,855	1,957	1,909	1,790	1,886	1,851	1,739
-40	2,748	2,764	2,705	2,555	2,570	2,518	2,422	2,437	2,390	2,329	2,344	2,296
-80	2,840	2,846	2,767	2,639	2,646	2,575	2,503	2,511	2,443	2,410	2,418	2,347
-400	2,875	2,890	2,805	2,680	2,676	2,606	2,532	2,548	2,470	2,445	2,443	2,368
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -3 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 11,25 \text{ N/mm}^2$											
400	2,857	2,867	2,781	2,662	2,667	2,584	2,514	2,522	2,458	2,428	2,431	2,352
160	2,809	2,820	2,748	2,615	2,625	2,558	2,474	2,488	2,431	2,379	2,391	2,335
80	2,569	2,582	2,552	2,395	2,409	2,382	2,274	2,289	2,266	2,190	2,203	2,180
40	0,829	0,744	0,624	0,823	0,757	0,635	0,845	0,766	0,643	0,848	0,771	0,648
0	2,983	2,969	2,835	2,781	2,768	2,645	2,637	2,626	2,512	2,535	2,525	2,415
-40	2,947	2,940	2,818	2,744	2,739	2,630	2,602	2,598	2,496	2,496	2,493	2,398
-160	2,907	2,906	2,796	2,698	2,700	2,605	2,558	2,560	2,469	2,457	2,459	2,375
-400	2,893	2,897	2,789	2,681	2,688	2,592	2,550	2,551	2,456	2,435	2,442	2,374
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +10 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 37,50 \text{ N/mm}^2$											
400	2,917	2,915	2,803	2,709	2,711	2,613	2,568	2,568	2,474	2,464	2,465	2,381
160	2,937	2,931	2,811	2,735	2,731	2,623	2,593	2,589	2,489	2,487	2,485	2,391
40	2,969	2,958	2,829	2,765	2,755	2,638	2,623	2,615	2,505	2,519	2,512	2,408
0	2,983	2,969	2,835	2,781	2,768	2,645	2,637	2,626	2,512	2,535	2,525	2,415
-160	1,425	1,307	1,170	1,363	1,277	1,141	1,336	1,255	1,122	1,315	1,238	1,106
-240	2,462	2,468	2,435	2,300	2,306	2,278	2,187	2,194	2,169	2,107	2,114	2,089
-320	2,684	2,701	2,659	2,498	2,515	2,477	2,368	2,386	2,352	2,279	2,295	2,262
-400	2,758	2,774	2,715	2,564	2,579	2,527	2,430	2,446	2,399	2,338	2,352	2,304
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -20 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 75,00 \text{ N/mm}^2$											
400	2,166	2,088	1,947	2,053	1,985	1,855	1,957	1,909	1,790	1,886	1,851	1,739
320	1,397	1,307	1,169	1,362	1,277	1,140	1,335	1,254	1,121	1,314	1,237	1,105
160	1,214	1,237	1,184	1,133	1,154	1,104	1,072	1,092	1,047	1,024	1,044	1,004
80	2,095	2,099	2,006	1,950	1,955	1,872	1,849	1,855	1,776	1,774	1,779	1,707
0	2,983	2,968	2,835	2,781	2,768	2,645	2,637	2,626	2,512	2,535	2,525	2,415
-40	2,975	2,963	2,832	2,773	2,761	2,641	2,629	2,620	2,509	2,527	2,518	2,411
-160	2,956	2,947	2,821	2,751	2,758	2,632	2,609	2,603	2,498	2,506	2,501	2,401
-400	2,934	2,928	2,810	2,730	2,727	2,621	2,587	2,584	2,486	2,482	2,481	2,389

Tabelle C.46: $K_{t,mn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

130°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
40 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +1 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 3,75 \text{ N/mm}^2$											
400	2,810	2,815	2,721	2,626	2,629	2,543	2,489	2,493	2,413	2,387	2,392	2,313
160	2,827	2,829	2,734	2,641	2,643	2,556	2,504	2,507	2,425	2,401	2,404	2,325
40	2,822	2,822	2,719	2,638	2,638	2,543	2,502	2,503	2,413	2,400	2,401	2,314
0	2,891	2,880	2,757	2,708	2,697	2,581	2,573	2,562	2,451	2,470	2,459	2,352
-20	2,233	2,179	2,085	2,092	2,048	1,964	1,981	1,947	1,872	1,894	1,866	1,233
-40	2,729	2,742	2,679	2,544	2,558	2,502	2,410	2,424	2,372	2,309	2,322	2,273
-80	2,774	2,781	2,700	2,588	2,597	2,523	2,453	2,461	2,392	2,351	2,360	4,640
-400	2,797	2,800	2,710	2,611	2,617	2,535	2,476	2,481	2,404	2,373	2,379	32,363
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -3 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 11,25 \text{ N/mm}^2$											
400	2,787	2,793	2,707	2,602	2,609	2,530	2,467	2,473	2,400	2,364	2,371	2,300
160	2,747	2,757	2,683	2,562	2,574	2,507	2,428	2,439	2,377	2,326	2,337	2,278
80	1,926	2,597	2,567	2,405	2,422	2,397	2,278	2,294	2,271	2,181	2,197	2,176
40	0,925	0,841	0,726	0,911	0,830	0,715	0,898	0,821	0,706	0,886	0,812	0,697
0	2,891	2,880	2,757	2,708	2,697	2,581	2,573	2,562	2,451	2,470	2,459	2,352
-40	2,853	2,848	2,738	2,669	2,665	2,562	2,533	2,529	2,431	2,431	2,427	2,332
-160	2,832	2,832	2,732	2,647	2,648	2,555	2,511	2,512	2,424	2,408	2,409	2,325
-400	2,816	2,819	2,722	2,631	2,634	2,545	2,495	2,498	2,415	2,393	2,395	13,871
N	$K_{t,mn}$ mit $M = +10 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 37,50 \text{ N/mm}^2$											
400	2,834	2,833	2,730	2,649	2,649	2,554	2,513	2,513	2,424	2,410	2,410	2,324
160	2,854	2,850	2,741	2,670	2,666	2,564	2,534	2,531	2,434	2,431	2,428	2,334
40	2,876	2,867	2,749	2,692	2,684	2,573	2,557	2,549	2,443	2,454	2,446	2,344
0	2,891	2,880	2,757	2,708	2,697	2,581	2,573	2,562	2,451	2,470	2,459	2,352
-160	1,498	1,415	1,293	1,435	1,359	1,241	1,386	1,315	1,201	1,344	1,278	1,168
-240	2,495	2,508	2,485	2,327	2,340	2,322	2,204	2,216	2,200	2,109	2,122	1,549
-320	2,665	2,681	2,634	2,484	2,501	2,459	2,352	2,369	2,330	2,253	2,269	1,700
-400	2,717	2,731	2,667	2,533	2,547	2,491	2,400	2,413	2,361	2,299	2,312	1,734
N	$K_{t,mn}$ mit $M = -20 \text{ kNm/m}$ und $\sigma_{0,m} = 75,00 \text{ N/mm}^2$											
400	2,233	2,179	2,085	2,092	2,048	1,964	1,981	1,947	1,872	1,894	1,866	1,798
320	1,499	1,416	1,295	1,437	1,360	1,243	1,387	1,316	1,203	1,345	1,279	1,169
160	1,004	1,026	0,974	0,940	0,960	0,911	0,892	0,911	0,863	0,855	0,873	0,826
80	1,941	1,948	1,863	1,817	1,824	1,743	1,725	1,731	1,654	1,655	1,660	1,586
0	2,891	2,880	2,757	2,708	2,697	2,581	2,573	2,562	2,451	2,470	2,459	2,352
-40	2,883	2,873	2,753	2,699	2,690	2,577	2,564	2,555	2,447	2,461	2,452	2,348
-160	2,868	2,861	2,747	2,683	2,677	2,570	2,548	2,542	2,440	2,445	2,439	2,341
-400	2,848	2,845	2,737	2,663	2,661	2,561	2,528	2,525	2,431	2,425	2,423	4,064

Tabelle C.47: $K_{t,mn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Anhang **D**

Ergänzungen zur Kerbfunktion bei Querkraftbeanspruchung

Die effektiven Kerbspannungen infolge V-N-Interaktion $\sigma_{k,K21,vn}$, die daraus abgeleiteten effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v}(N)$ in den Tabellen D.3 bis D.38 und die Kerbfaktoren $K_{t,vn}$ in den Tabellen D.39 bis D.47, sowie die effektiven Kerbspannungen infolge V-M-Interaktion $\sigma_{k,K21,vm}$, die daraus abgeleiteten effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v}(M)$ und die Kerbfaktoren $K_{t,vm}$ in den Tabellen D.48 bis D.55 dienen als Grundlage für Kapitel 5.4. Dabei werden, falls nicht anders angegeben, folgende Notationen verwendet: M in [kNm/m], V und N in [kN/m], t_{Steg} , a_{oben} und a_{unten} in [mm], α in [°], $\sigma_{0,n}$, $\sigma_{0,m}$, $\sigma_{0,v}$, $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$, $\sigma_{k,K21,vm}$ und $\sigma_{k,K21,v}(M)$ in [N/mm²], $K_{t,vn}$ und $K_{t,vm}$ in [-]. Zur Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v}(N)$ werden die Gleichungen D.1 und D.2 verwendet. Die effektiven Kerbspannungen infolge Normalkraftbeanspruchung $\sigma_{k,K21,n}$ werden aufgrund der Ergebnisse gemäß Kapitel B linear interpoliert.

$$\text{(Min.Werte)} \quad \sigma_{k,K21,v,min}(N) = \sigma_{k,K21,n} - \sigma_{k,K21,vn} \quad (\text{D.1})$$

$$\text{(Max.Werte)} \quad \sigma_{k,K21,v,max}(N) = \sigma_{k,K21,vn} - \sigma_{k,K21,n} \quad (\text{D.2})$$

Zur Ermittlung der dimensionslosen Kerbfaktoren $K_{t,vn}$ und der dazu notwendigen Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ werden die Gleichungen D.3 und D.4 verwendet, wobei für die Bezugsspannung der Wert x gleich x_2 gesetzt wird (siehe Kapitel 5.1).

$$K_{t,vn} = \frac{\max \cdot |\sigma_{k,K21,v}|}{\sigma_{0,v}} \quad (\text{D.3})$$

$$\sigma_{0,v} = \max \left| \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{t_{Steg}^2} \cdot \left[2x \pm (4x^2 + t_{Steg}^2)^{1/2} \right] \right| \quad (\text{D.4})$$

Zur Ermittlung der effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v}(M)$ werden die Gleichungen D.5 und D.6 verwendet. Die effektiven Kerbspannungen infolge Momentenbeanspruchung $\sigma_{k,K21,m}$

werden dem Kapitel C entnommen.

$$(\text{Min. Werte}) \sigma_{k,K21,v,\min}(M) = \sigma_{k,K21,m} - \sigma_{k,K21,vm} \quad (\text{D.5})$$

$$(\text{Max. Werte}) \sigma_{k,K21,v,\max}(M) = \sigma_{k,K21,vm} - \sigma_{k,K21,m} \quad (\text{D.6})$$

Zur Ermittlung der dimensionslosen Kerbfaktoren $K_{t,vm}$ und der dazu notwendigen Bezugsspannung $\sigma_{0,v}$ werden die Gleichungen D.7 und D.4 verwendet, wobei wiederum für die Bezugsspannung x gleich x_2 gesetzt wird (siehe Kapitel 5.1).

$$K_{t,vm} = \frac{\max. |\sigma_{k,K21,v}|}{\sigma_{0,v}} \quad (\text{D.7})$$

Außerdem wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der Wertebereich der unteren Schweißnahtdicke a_{unten} im Laufe der Diplomarbeit von $\{10, 12, 14, 16\}$ auf $\{5, 10, 12, 14, 16\}$ angepasst wurde. Durch die doppelte Normierung, welche in den Kapiteln 5.4.3.2, 5.4.3.3 (bzw. 5.3.2.2) entsprechend thematisiert wurde, mussten ausschließlich die Kerbfaktoren infolge reiner Querkraftbeanspruchung zusätzlich ermittelt werden, da die V-N- und V-M-Interaktion auf der Grundlage einer Umhüllenden basiert. Die effektiven Kerbspannung $\sigma_{k,K21,v}(N = 0, M = 0)$ mit $a_{unten} = 5$ mm, sowie die zugehörigen Kerbfaktoren $K_{t,v}$ werden in den Tabellen D.1 bis D.2 gelistet.

Querkraft $V = 1$ kN/m		a_{unten} a_{oben}	5 8		5 10		5 16	
α	t_{Steg}	$\sigma_{0,v}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
90	20	5,551	-14,479	17,243	-13,793	16,026	-11,160	12,275
90	30	2,468	-9,809	12,363	-9,708	12,056	-8,931	10,713
90	40	1,389	-7,437	9,835	-7,427	9,740	-7,167	9,189
110	20	5,667	-15,967	17,928	-15,302	16,705	-12,595	12,983
110	30	2,519	-10,812	12,671	-10,749	12,403	-10,005	11,148
110	40	1,417	-8,158	9,901	-8,185	9,850	-7,985	9,407
130	20	5,667	-17,025	18,741	-16,414	17,455	-13,792	13,694
130	30	2,712	-11,480	13,071	-11,425	12,810	-10,769	11,586
130	40	1,526	-8,649	10,064	-8,703	10,040	-8,564	9,668

Tabelle D.1: $\sigma_{k,K21,v}$ für $a_{unten} = 5$ mm

Querkraft $V = 1$ kNm/m		a_{unten} a_{oben}	5 8	5 10	5 16	5 8	5 10	5 16
α	t_{Steg}	$\sigma_{0,v}$	$\sigma_{k,K21,v}(N = 0, M = 0)$			$K_{t,v}$		
90	20	5,551	17,243	16,026	12,275	3,106	2,887	2,211
90	30	2,468	12,363	12,056	10,713	5,010	4,886	4,341
90	40	1,389	9,835	9,740	9,189	7,083	7,015	6,618
110	20	5,667	17,928	16,705	12,983	3,164	2,948	2,291
110	30	2,519	12,671	12,403	11,148	5,030	4,924	4,426
110	40	1,417	9,901	9,850	9,407	6,985	6,949	6,637
130	20	5,667	18,741	17,455	13,792	3,307	3,080	2,434
130	30	2,712	13,071	12,810	11,586	4,820	4,724	4,272
130	40	1,526	10,064	10,040	9,668	6,596	6,580	6,336

Tabelle D.2: $\sigma_{k,K21,v}(N = 0, M = 0)$, $K_{t,v}$ für $a_{unten} = 5$ mm

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-86,114	93,937	-82,880	90,614	-73,517	79,775	9,254	14,037	9,029	13,119
80,00	4,00	-40,027	46,028	-38,587	44,140	-34,013	38,028	9,283	14,068	9,047	13,142
20,00	1,00	-17,020	22,111	-16,464	20,929	-14,273	17,158	9,334	14,121	9,079	13,180
0,00	0,00	-9,412	14,183	-9,136	13,222	-7,706	10,220	9,412	14,183	9,136	13,222
-6,67	-0,33	-6,893	11,552	-6,703	10,661	-5,521	7,904	4,230	-8,990	4,120	-8,199
-10,00	-0,50	-5,664	10,266	-5,514	9,409	-4,449	6,769	1,669	-6,423	1,639	-5,716
-20,00	-2,00	-2,092	6,501	-2,029	5,709	-1,287	3,403	-5,898	1,185	-5,721	1,676
-200,00	-10,00	-65,912	67,708	-64,411	64,899	-59,437	58,215	-13,988	-9,152	-13,084	-8,952
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-58,618	51,945	-56,005	51,358	-50,611	49,296	-18,242	-27,955	-17,846	-26,137
40,00	2,00	-13,002	4,184	-11,418	4,058	-6,805	2,575	-2,370	11,796	-3,352	11,441
20,00	2,00	-20,532	11,329	-18,817	11,028	-13,539	8,897	12,846	-3,339	11,432	-3,279
10,00	0,50	-24,435	15,056	-22,620	14,636	-16,980	12,150	20,592	-11,061	18,927	-10,761
0,00	0,00	-28,366	18,823	-26,444	18,272	-20,440	15,412	28,366	18,823	26,444	18,272
-20,00	-1,00	-36,269	26,416	-34,137	25,583	-27,377	21,969	28,279	18,730	26,388	18,198
-80,00	-4,00	-60,136	49,360	-57,301	47,670	-48,225	41,702	28,176	18,616	26,303	18,130
-200,00	-10,00	-108,025	95,405	-103,771	91,929	-89,972	81,194	28,125	18,545	26,276	18,078
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-123,399	150,340	-119,175	143,252	-104,255	120,563	46,539	70,440	45,324	65,757
80,00	4,00	-77,456	102,596	-74,975	96,923	-64,789	78,849	46,712	70,636	45,435	65,925
20,00	1,00	-54,634	78,799	-52,990	73,779	-45,084	58,038	46,948	70,809	45,605	66,030
0,00	0,00	-47,058	70,916	-45,680	66,109	-38,530	51,100	47,058	70,916	45,680	66,109
-20,00	-1,00	-39,524	63,048	-38,403	58,460	-32,006	44,174	31,534	-55,362	30,654	-51,075
-40,00	-6,00	-32,039	55,230	-31,159	50,832	-25,487	37,283	16,059	-39,858	15,660	-36,062
-80,00	-8,00	-17,405	39,846	-16,939	35,779	-12,617	23,613	-14,555	-9,102	-14,059	-6,239
-200,00	-10,00	-11,731	33,475	-13,273	30,737	-19,121	28,161	-68,169	-43,385	-64,222	-43,114
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-276,149	160,192	-254,159	155,793	-186,413	127,436	199,289	80,292	180,308	78,298
160,00	8,00	-291,750	175,116	-269,390	170,279	-200,180	140,460	230,262	111,196	210,309	108,283
80,00	4,00	-323,086	205,419	-299,947	199,264	-227,789	166,553	292,342	173,459	270,407	168,266
40,00	2,00	-338,825	220,212	-315,238	213,822	-241,632	179,599	323,453	204,232	300,468	198,323
0,00	0,00	-354,578	235,290	-330,543	228,399	-255,501	192,651	354,578	235,290	330,543	228,399
-20,00	-1,00	-362,455	242,857	-338,214	235,703	-262,438	199,206	354,465	235,171	330,465	228,318
-80,00	-4,00	-386,092	265,575	-361,226	257,636	-283,250	218,868	354,132	234,831	330,228	228,096
-200,00	-10,00	-433,516	311,186	-407,407	301,506	-324,873	258,192	353,616	234,326	329,912	227,655

 Tabelle D.3: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-82,400	91,010	-79,328	87,831	-70,503	77,419	8,594	13,712	8,418	12,804
80,00	4,00	-38,139	44,632	-36,800	42,815	-32,540	36,923	8,617	13,713	8,436	12,804
20,00	1,00	-16,079	21,484	-15,587	20,337	-13,581	16,683	8,698	13,754	8,496	12,834
0,00	0,00	-8,775	13,807	-8,549	12,872	-7,280	9,951	8,775	13,807	8,549	12,872
-6,67	-0,33	-6,360	11,251	-6,218	10,384	-5,178	7,704	3,783	-8,791	3,717	-8,020
-10,00	-0,50	-5,183	10,006	-5,079	9,167	-4,150	6,600	1,318	-6,316	1,328	-5,622
-20,00	-2,00	-1,783	6,326	-1,755	5,562	-1,124	3,319	-5,947	1,055	-5,748	1,529
-200,00	-10,00	-63,590	65,242	-62,222	62,509	-57,569	56,064	-13,708	-8,564	-12,805	-8,401
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-56,798	50,001	-54,179	49,480	-48,861	47,647	-17,008	-27,297	-16,731	-25,547
40,00	2,00	-12,651	3,567	-11,124	3,510	-6,638	2,249	-2,110	11,893	-3,058	11,495
20,00	2,00	-20,011	10,367	-18,335	10,158	-13,201	8,299	12,630	-2,637	11,244	-2,655
10,00	0,50	-23,793	13,937	-22,030	13,616	-16,544	11,419	20,103	-10,072	18,485	-9,865
0,00	0,00	-27,613	17,550	-25,745	17,099	-19,902	14,560	27,613	17,550	25,745	17,099
-20,00	-1,00	-35,269	24,825	-33,198	24,125	-26,629	20,855	27,539	17,444	25,695	17,034
-80,00	-4,00	-58,379	46,842	-55,645	45,298	-46,852	39,787	27,460	17,320	25,634	16,934
-200,00	-10,00	-104,723	91,025	-100,635	87,771	-87,344	77,729	27,425	17,219	25,608	16,861
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-117,106	145,947	-113,246	139,113	-99,467	117,130	43,300	68,649	42,336	64,086
80,00	4,00	-73,062	99,722	-70,887	94,209	-61,496	76,671	43,540	68,803	42,523	64,198
20,00	1,00	-51,124	76,682	-49,756	71,792	-42,693	56,481	43,743	68,952	42,665	64,289
0,00	0,00	-43,874	69,033	-42,746	64,362	-36,400	49,754	43,874	69,033	42,746	64,362
-20,00	-1,00	-36,641	61,386	-35,780	56,933	-30,111	43,032	28,911	-54,005	28,277	-49,842
-40,00	-6,00	-29,470	53,797	-28,837	49,516	-23,858	36,344	14,010	-39,036	13,832	-35,334
-80,00	-8,00	-15,480	38,829	-15,226	34,904	-11,515	23,055	-15,439	-9,307	-14,785	-6,540
-200,00	-10,00	-10,625	33,280	-12,271	30,483	-18,235	27,667	-66,673	-40,526	-62,756	-40,427
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-268,984	147,350	-247,578	144,183	-181,721	119,288	195,178	70,052	176,668	69,156
160,00	8,00	-284,122	161,662	-262,380	158,027	-195,093	131,776	225,077	99,824	205,652	98,005
80,00	4,00	-314,564	190,415	-292,093	185,864	-221,862	156,822	285,042	159,496	263,729	155,853
40,00	2,00	-329,863	204,887	-306,950	199,791	-235,316	169,410	315,102	189,427	292,768	184,786
0,00	0,00	-345,162	219,371	-321,808	213,731	-248,770	181,997	345,162	219,371	321,808	213,731
-20,00	-1,00	-352,811	226,612	-329,236	220,741	-255,497	188,291	345,081	219,231	321,733	213,650
-80,00	-4,00	-375,760	248,338	-351,523	241,771	-275,679	207,172	344,841	218,816	321,512	213,407
-200,00	-10,00	-421,665	292,075	-396,284	283,943	-316,041	244,941	344,367	218,269	321,257	213,033

 Tabelle D.4: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-79,935	88,692	-76,990	85,632	-68,527	75,542	8,245	13,496	8,093	12,601
80,00	4,00	-36,942	43,593	-35,667	41,823	-31,603	36,073	8,266	13,515	8,108	12,611
20,00	1,00	-15,482	21,047	-15,027	19,919	-13,145	16,339	8,313	13,527	8,137	12,616
0,00	0,00	-8,387	13,562	-8,196	12,642	-7,014	9,766	8,387	13,562	8,196	12,642
-6,67	-0,33	-6,041	11,073	-5,927	10,213	-4,972	7,571	3,534	-8,683	3,493	-7,916
-10,00	-0,50	-4,898	9,852	-4,819	9,027	-3,968	6,492	1,138	-6,268	1,167	-5,582
-20,00	-2,00	-1,605	6,243	-1,596	5,489	-1,029	3,278	-5,915	0,926	-5,707	1,401
-200,00	-10,00	-61,757	63,532	-60,472	60,855	-56,059	54,595	-13,439	-8,158	-12,559	-8,042
$\sigma_{k,K21,vn}$											
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-55,443	48,393	-52,887	47,987	-47,669	46,345	-16,247	-26,803	-16,010	-25,044
40,00	2,00	-12,485	3,210	-10,978	3,192	-6,555	2,058	-1,853	11,829	-2,801	11,414
20,00	2,00	-19,704	9,797	-18,053	9,638	-12,984	7,937	12,535	-2,277	11,163	-2,335
10,00	0,50	-23,406	13,267	-21,654	12,998	-19,254	10,978	19,822	9,507	18,209	-9,346
0,00	0,00	-27,125	16,773	-25,283	16,392	-19,531	14,028	27,125	16,773	25,283	16,392
-20,00	-1,00	-34,594	23,856	-32,552	23,214	-26,100	20,149	27,074	16,687	25,249	16,324
-80,00	-4,00	-57,119	45,238	-54,441	43,794	-45,834	38,594	27,041	16,562	25,229	16,235
-200,00	-10,00	-102,219	88,212	-98,250	85,107	-85,303	75,513	27,023	16,522	25,219	16,210
$\sigma_{k,K21,v(N)}$											
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-113,096	142,797	-109,485	136,103	-96,484	114,586	41,406	67,601	40,588	63,072
80,00	4,00	-70,296	97,735	-68,294	92,309	-59,585	75,118	41,620	67,657	40,735	63,097
20,00	1,00	-49,005	75,281	-47,797	70,465	-41,481	55,393	41,836	67,761	40,907	63,162
0,00	0,00	-41,933	67,812	-40,980	63,208	-35,071	48,828	41,933	67,812	40,980	63,208
-20,00	-1,00	-34,913	60,365	-34,187	55,950	-28,968	42,270	27,393	-53,196	26,884	-49,060
-40,00	-6,00	-27,943	52,961	-27,449	48,731	-22,874	35,730	12,904	-38,623	12,843	-34,952
-80,00	-8,00	-14,359	38,317	-14,228	34,423	-10,862	22,730	-15,719	-9,641	-14,984	-6,864
-200,00	-10,00	-9,548	32,792	-11,301	30,047	-17,440	27,207	-65,648	-38,898	-61,730	-38,850
$\sigma_{k,K21,v(N)}$											
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-264,806	139,712	-243,654	137,244	-178,651	114,371	193,116	64,516	174,757	64,213
160,00	8,00	-279,613	153,620	-258,045	150,673	-191,731	126,558	222,261	93,463	202,927	92,248
80,00	4,00	-309,231	181,544	-287,008	177,701	-217,891	150,934	280,555	151,466	259,449	148,489
40,00	2,00	-324,122	195,587	-301,523	191,268	-231,008	163,131	309,784	180,548	287,744	176,662
0,00	0,00	-339,060	209,663	-316,038	204,901	-244,139	175,355	339,060	209,663	316,038	204,901
-20,00	-1,00	-346,529	216,702	-323,295	211,718	-250,704	181,468	339,009	209,533	315,992	204,828
-80,00	-4,00	-368,937	237,936	-345,067	232,168	-270,400	199,808	338,859	209,260	315,855	204,609
-200,00	-10,00	-413,752	280,471	-388,681	273,087	-309,807	236,534	338,556	208,781	315,650	204,190

 Tabelle D.5: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v(N)}$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-78,046	86,754	-75,203	83,788	-67,034	73,971	7,978	13,313	7,850	12,423
80,00	4,00	-36,040	42,705	-34,815	40,975	-30,894	35,349	8,013	13,329	7,874	12,429
20,00	1,00	-15,073	20,710	-14,648	19,594	-12,842	16,054	8,066	13,366	7,913	12,458
0,00	0,00	-8,140	13,388	-7,962	12,472	-6,834	9,625	8,140	13,388	7,962	12,472
-6,67	-0,33	-5,841	10,952	-5,742	10,098	-4,835	7,474	3,393	-8,616	3,363	-7,853
-10,00	-0,50	-4,724	9,759	-4,659	8,931	-3,854	6,417	1,052	-6,256	1,091	-5,563
-20,00	-2,00	-1,504	6,210	-1,505	5,460	-0,974	3,260	-5,840	0,797	-5,632	1,275
-200,00	-10,00	-60,191	62,133	-59,005	59,546	-54,795	53,475	-13,250	-7,935	-12,360	-7,807
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-54,250	46,941	-51,748	46,645	-46,712	45,232	-15,818	-26,500	-15,605	-24,720
40,00	2,00	-12,421	3,009	-10,921	3,009	-6,521	1,948	-1,593	11,679	-2,550	11,264
20,00	2,00	-19,518	9,448	-17,863	9,318	-12,835	7,709	12,511	-2,104	11,128	-2,182
10,00	0,50	-23,141	12,842	-21,398	12,609	-16,037	10,681	19,638	-9,170	18,030	-9,041
0,00	0,00	-26,777	16,279	-24,944	15,924	-19,249	13,668	26,777	16,279	24,944	15,924
-20,00	-1,00	-34,088	23,189	-32,061	22,590	-25,678	19,672	26,744	16,182	24,925	15,855
-80,00	-4,00	-56,083	44,113	-53,442	42,733	-44,966	37,713	26,707	16,086	24,896	15,792
-200,00	-10,00	-100,078	86,073	-96,212	83,086	-83,572	73,826	26,637	16,005	24,847	15,733
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-110,281	140,208	-106,832	133,604	-94,282	112,416	40,213	66,767	39,479	62,239
80,00	4,00	-68,397	96,217	-66,525	90,842	-58,196	73,840	40,370	66,841	39,584	62,296
20,00	1,00	-47,593	74,250	-46,466	69,467	-40,165	54,552	40,586	66,906	39,731	62,331
0,00	0,00	-40,698	66,942	-39,811	62,360	-34,170	48,123	40,698	66,942	39,811	62,360
-20,00	-1,00	-33,813	59,670	-33,179	55,263	-28,193	41,696	26,469	-52,663	26,043	-48,528
-40,00	-6,00	-27,002	52,397	-26,570	48,192	-22,240	35,284	12,314	-38,383	12,297	-34,721
-80,00	-8,00	-13,711	38,043	-13,635	34,154	-10,469	22,547	-15,665	-10,016	-14,911	-7,213
-200,00	-10,00	-8,514	32,088	-10,375	29,448	-16,704	26,710	-64,927	-37,980	-60,990	-37,905
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-261,985	135,011	-240,959	132,847	-176,420	111,198	191,917	61,570	173,606	61,482
160,00	8,00	-276,530	148,561	-255,102	146,005	-189,244	123,091	220,476	89,808	201,220	88,913
80,00	4,00	-305,619	175,927	-283,386	172,524	-214,897	146,923	277,592	146,551	256,445	143,978
40,00	2,00	-320,164	189,709	-297,585	185,783	-227,755	158,875	306,150	175,021	284,114	171,510
0,00	0,00	-334,709	203,491	-311,800	199,055	-240,614	170,848	334,709	203,491	311,800	199,055
-20,00	-1,00	-342,004	210,383	-318,907	205,700	-247,043	176,844	334,660	203,376	311,771	198,965
-80,00	-4,00	-363,936	231,067	-340,229	225,672	-266,331	194,831	334,560	203,040	311,683	198,731
-200,00	-10,00	-407,801	272,564	-382,940	265,661	-304,907	230,872	334,360	202,496	311,575	198,308

 Tabelle D.6: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-103,413	99,557	-100,060	96,643	-90,109	86,797	10,675	14,551	10,483	13,604
80,00	4,00	-47,871	48,584	-46,383	46,848	-41,500	41,134	10,776	14,582	10,552	13,632
20,00	1,00	-20,099	23,177	-19,545	22,006	-17,196	18,324	10,825	14,676	10,587	13,702
0,00	0,00	-10,943	14,759	-10,668	13,771	-9,105	10,744	10,943	14,759	10,668	13,771
-6,67	-0,33	-7,915	11,973	-7,719	11,035	-6,433	8,228	5,081	-8,882	4,951	-8,049
-10,00	-0,50	-6,420	10,596	-6,270	9,683	-5,097	6,971	2,170	-5,959	2,118	-5,204
-20,00	-2,00	-2,147	6,642	-2,069	5,756	-1,226	3,316	-6,354	2,632	-6,235	3,202
-200,00	-10,00	-70,423	82,065	-69,385	79,115	-65,418	72,041	-14,583	-10,673	-13,654	-10,462
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-71,478	55,958	-68,691	55,814	-63,049	54,764	-21,260	-29,048	-20,886	-27,225
40,00	2,00	-13,284	4,294	-11,511	4,138	-6,632	2,451	-5,264	12,707	-6,404	12,470
20,00	2,00	-21,192	12,841	-19,365	12,540	-13,942	10,195	11,918	-4,340	10,407	-4,236
10,00	0,50	-25,325	17,323	-23,436	16,913	-17,712	14,203	20,688	-13,073	18,957	-12,761
0,00	0,00	-29,518	21,885	-27,542	21,335	-21,488	18,210	29,518	21,885	27,542	21,335
-20,00	-1,00	-37,919	31,033	-35,768	30,180	-29,055	26,290	29,418	21,759	27,464	21,222
-80,00	-4,00	-63,266	58,713	-60,559	56,983	-51,841	50,595	29,264	21,618	27,343	21,152
-200,00	-10,00	-114,158	114,255	-110,293	110,658	-97,488	99,203	29,152	21,517	27,254	21,081
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-146,782	158,163	-142,455	151,397	-126,485	129,601	54,044	73,157	52,878	68,358
80,00	4,00	-91,306	107,450	-88,779	101,788	-77,877	84,027	54,211	73,448	52,948	68,572
20,00	1,00	-63,862	82,196	-62,183	77,071	-53,572	61,288	54,588	73,695	53,225	68,767
0,00	0,00	-54,714	73,795	-53,339	68,857	-45,526	53,722	54,714	73,795	53,339	68,857
-20,00	-1,00	-45,566	65,401	-44,493	60,643	-37,510	46,166	37,065	-56,127	36,189	-51,685
-40,00	-6,00	-36,585	57,110	-35,687	52,454	-29,494	38,625	19,584	-38,562	19,079	-34,539
-80,00	-8,00	-18,957	40,848	-18,481	36,402	-13,630	23,688	-15,045	-3,753	-14,735	-0,571
-200,00	-10,00	-14,048	41,765	-16,127	38,795	-23,024	36,350	-70,958	-50,973	-66,912	-50,782
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-285,549	182,924	-262,269	178,435	-193,127	147,473	192,811	97,918	172,692	95,396
160,00	8,00	-302,068	200,852	-278,587	195,928	-208,206	163,502	227,878	132,847	206,925	129,497
80,00	4,00	-335,369	236,978	-311,429	231,312	-238,373	195,567	298,274	202,976	275,598	198,096
40,00	2,00	-352,167	255,271	-327,852	248,999	-253,473	211,595	333,619	238,270	309,937	232,391
0,00	0,00	-368,970	273,566	-344,281	266,689	-268,605	227,626	368,970	273,566	344,281	266,689
-20,00	-1,00	-377,372	282,715	-352,495	275,535	-276,172	235,642	368,871	273,441	344,191	266,577
-80,00	-4,00	-402,581	310,161	-377,140	302,072	-298,873	259,760	368,579	273,066	343,924	266,241
-200,00	-10,00	-452,933	365,051	-426,500	355,145	-344,272	308,370	367,927	272,313	343,461	265,568

 Tabelle D.7: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-98,784	95,733	-95,609	92,974	-86,260	83,597	9,948	14,127	9,783	13,201
80,00	4,00	-45,505	46,802	-44,136	45,138	-39,620	39,655	9,971	14,160	9,806	13,229
20,00	1,00	-18,980	22,370	-18,488	21,246	-16,337	17,695	10,096	14,209	9,905	13,269
0,00	0,00	-10,195	14,289	-9,971	13,321	-8,592	10,387	10,195	14,289	9,971	13,321
-6,67	-0,33	-7,294	11,619	-7,165	10,703	-6,024	7,964	4,574	-8,658	4,506	-7,842
-10,00	-0,50	-5,874	10,287	-5,769	9,399	-4,751	6,759	1,794	-5,845	1,780	-5,108
-20,00	-2,00	-1,820	6,453	-1,780	5,596	-1,058	3,225	-6,341	2,431	-6,197	2,987
-200,00	-10,00	-67,465	78,851	-66,543	75,977	-62,888	69,207	-14,141	-9,985	-13,230	-9,849
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-69,012	53,372	-66,243	53,371	-60,694	52,575	-19,824	-28,234	-19,583	-26,402
40,00	2,00	-12,906	3,641	-11,193	3,561	-6,450	2,116	-4,861	12,680	-5,972	12,394
20,00	2,00	-20,573	11,748	-18,798	11,538	-13,519	9,502	11,689	-3,587	10,215	-3,561
10,00	0,50	-24,569	16,038	-22,711	15,733	-17,135	13,321	20,127	-11,958	18,420	-11,744
0,00	0,00	-28,577	20,391	-26,642	19,943	-20,774	17,183	28,577	20,391	26,642	19,943
-20,00	-1,00	-36,640	29,120	-34,550	28,433	-28,075	24,929	28,479	20,236	26,573	19,850
-80,00	-4,00	-61,024	55,638	-58,414	54,064	-50,020	48,167	28,382	20,104	26,505	19,734
-200,00	-10,00	-109,914	108,769	-106,220	105,428	-93,956	94,786	28,308	19,933	26,447	19,602
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-139,092	152,557	-135,159	146,033	-120,416	125,047	50,256	70,951	49,333	66,260
80,00	4,00	-86,059	103,744	-83,899	98,267	-73,941	81,159	50,525	71,102	49,569	66,358
20,00	1,00	-59,683	79,478	-58,281	74,498	-50,704	59,217	50,799	71,317	49,698	66,521
0,00	0,00	-50,977	71,443	-49,857	66,605	-42,958	51,937	50,977	71,443	49,857	66,605
-20,00	-1,00	-42,271	63,421	-41,438	58,743	-35,216	44,658	34,110	-54,537	33,461	-50,160
-40,00	-6,00	-33,625	55,428	-33,018	50,905	-27,573	37,412	17,304	-37,661	17,063	-33,740
-80,00	-8,00	-16,850	39,697	-16,592	35,396	-12,415	23,030	-15,792	-4,163	-15,317	-1,066
-200,00	-10,00	-12,642	41,286	-14,806	38,314	-21,814	35,537	-68,964	-47,550	-64,967	-47,512
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-277,142	168,126	-254,528	165,093	-187,061	137,867	188,306	86,520	168,702	85,320
160,00	8,00	-293,123	185,234	-270,167	181,929	-201,519	153,141	222,054	119,949	201,506	118,111
80,00	4,00	-325,095	220,061	-301,576	215,608	-230,568	183,808	289,561	187,419	267,246	183,699
40,00	2,00	-341,138	237,470	-317,296	232,443	-245,122	199,297	323,371	221,149	300,131	216,488
0,00	0,00	-357,209	254,883	-333,021	249,281	-259,679	214,788	357,209	254,883	333,021	249,281
-20,00	-1,00	-365,245	263,589	-340,883	257,700	-266,958	222,534	357,084	254,705	332,906	249,117
-80,00	-4,00	-389,355	289,710	-364,570	282,960	-288,803	245,773	356,713	254,176	332,661	248,630
-200,00	-10,00	-437,766	341,980	-412,082	334,060	-332,651	292,248	356,160	253,144	332,309	248,234

 Tabelle D.8: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-95,336	92,763	-92,324	90,120	-83,438	81,097	9,490	13,810
80,00	4,00	-43,870	45,437	-42,579	43,823	-38,299	38,502	9,532	13,856
20,00	1,00	-18,193	21,809	-17,741	20,699	-15,730	17,224	9,608	13,914
0,00	0,00	-9,694	13,968	-9,505	13,015	-8,244	10,140	9,694	13,968
-6,67	-0,33	-6,905	11,383	-6,800	10,475	-5,751	7,785	4,273	-8,521
-10,00	-0,50	-5,524	10,100	-5,451	9,214	-4,520	6,614	1,576	-5,808
-20,00	-2,00	-1,625	6,352	-1,605	5,509	-0,955	3,174	-6,270	2,233
-200,00	-10,00	-65,049	76,339	-64,251	73,577	-60,894	67,062	-13,904	-9,507
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-66,997	51,252	-64,313	51,328	-58,896	50,792	-18,849	-27,701
40,00	2,00	-12,704	3,251	-11,017	3,210	-6,349	1,909	-4,465	12,540
20,00	2,00	-20,200	11,049	-18,428	10,902	-13,227	9,040	11,615	-3,154
10,00	0,50	-24,053	15,205	-22,215	14,949	-16,742	12,748	19,761	-11,257
0,00	0,00	-27,936	19,389	-26,030	19,010	-20,280	16,487	27,936	19,389
-20,00	-1,00	-35,762	27,868	-33,710	27,246	-27,356	23,964	27,867	19,283
-80,00	-4,00	-59,360	53,430	-56,811	51,995	-48,634	46,506	27,779	19,092
-200,00	-10,00	-106,631	104,895	-103,062	101,739	-91,198	91,644	27,678	19,049
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-133,573	148,399	-129,987	142,026	-116,263	121,584	47,727	69,446
80,00	4,00	-82,446	101,190	-80,469	95,807	-71,127	79,030	48,108	69,609
20,00	1,00	-56,894	77,639	-55,761	72,742	-48,695	57,776	48,309	69,744
0,00	0,00	-48,473	69,842	-47,526	65,076	-41,218	50,701	48,473	69,842
-20,00	-1,00	-40,104	62,064	-39,397	57,445	-33,741	43,625	32,209	-53,479
-40,00	-6,00	-31,736	54,341	-31,302	49,852	-26,276	36,581	15,945	-37,172
-80,00	-8,00	-15,552	39,076	-15,417	34,806	-11,647	22,635	-16,029	-4,738
-200,00	-10,00	-11,304	40,481	-13,577	37,579	-20,747	34,762	-67,649	-45,365
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-271,704	158,682	-249,259	156,511	-182,904	131,382	185,858	79,729
160,00	8,00	-287,148	175,416	-264,381	172,699	-196,956	146,268	218,471	112,254
80,00	4,00	-318,044	208,890	-294,856	205,082	-225,200	176,180	283,706	177,309
40,00	2,00	-333,613	225,623	-310,114	221,269	-239,348	191,132	316,444	209,832
0,00	0,00	-349,204	242,359	-325,377	237,624	-253,499	206,086	349,204	242,359
-20,00	-1,00	-357,001	250,727	-333,015	245,860	-260,574	213,564	349,106	242,142
-80,00	-4,00	-380,392	275,954	-356,024	270,569	-281,803	235,997	348,811	241,616
-200,00	-10,00	-427,388	327,058	-402,155	319,985	-324,258	280,863	348,435	241,212

 Tabelle D.9: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-92,471	90,310	-89,599	87,766	-81,108	79,028	9,156	13,626	9,035	12,701
80,00	4,00	-42,528	44,328	-41,301	42,753	-37,210	37,567	9,202	13,654	9,075	12,727
20,00	1,00	-17,587	21,367	-17,167	20,269	-15,275	16,842	9,256	13,699	9,111	12,763
0,00	0,00	-9,342	13,741	-9,184	12,796	-7,980	9,946	9,342	13,741	9,184	12,796
-6,67	-0,33	-6,639	11,220	-6,544	10,317	-5,562	7,655	4,083	-8,443	4,042	-7,632
-10,00	-0,50	-5,292	9,973	-5,240	9,086	-4,355	6,510	1,458	-5,807	1,487	-5,058
-20,00	-2,00	-1,512	6,307	-1,501	5,470	-0,892	3,151	-6,156	2,025	-6,006	2,586
-200,00	-10,00	-62,964	74,173	-62,276	71,507	-59,174	65,242	-13,720	-9,142	-12,789	-9,057
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-65,109	49,409	-62,546	49,600	-57,360	49,248	-18,206	-27,275	-18,018	-25,465
40,00	2,00	-12,613	3,024	-10,939	3,001	-6,302	1,784	-4,050	12,313	-5,174	12,012
20,00	2,00	-19,945	10,583	-18,173	10,479	-13,021	8,710	11,614	-2,915	10,117	-2,973
10,00	0,50	-23,698	14,625	-21,867	14,392	-16,455	12,333	19,532	-10,791	17,839	-10,639
0,00	0,00	-27,481	18,684	-25,592	18,367	-19,882	15,959	27,481	18,684	25,592	18,367
-20,00	-1,00	-35,098	26,929	-33,054	26,344	-26,789	23,237	27,430	18,598	25,548	18,288
-80,00	-4,00	-58,024	51,784	-55,509	50,423	-47,494	45,173	27,350	18,458	25,483	18,197
-200,00	-10,00	-103,982	101,691	-100,510	98,691	-88,955	89,042	27,298	18,376	25,445	18,127
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-129,460	145,057	-126,056	138,771	-112,930	118,734	46,145	68,373	45,492	63,706
80,00	4,00	-79,689	99,191	-77,826	93,862	-69,061	77,316	46,363	68,517	45,600	63,836
20,00	1,00	-54,955	76,321	-53,895	71,440	-47,151	56,627	46,624	68,653	45,839	63,934
0,00	0,00	-46,711	68,704	-45,919	63,981	-39,898	49,732	46,711	68,704	45,919	63,981
-20,00	-1,00	-38,585	61,132	-37,942	56,521	-32,645	42,856	30,917	-52,801	30,436	-48,465
-40,00	-6,00	-30,500	53,596	-30,111	49,122	-25,391	35,982	15,163	-36,933	15,098	-33,009
-80,00	-8,00	-14,756	38,723	-14,670	34,490	-11,139	22,381	-15,918	-5,397	-15,356	-2,264
-200,00	-10,00	-10,050	39,424	-12,424	36,646	-19,783	33,968	-66,634	-43,891	-62,641	-43,918
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-267,982	152,499	-245,610	150,555	-179,910	126,958	184,667	75,815	165,046	75,490
160,00	8,00	-283,011	168,667	-260,395	166,203	-193,657	141,462	216,359	107,320	195,944	106,151
80,00	4,00	-313,207	201,009	-290,067	197,686	-221,156	170,478	279,881	170,335	257,841	167,660
40,00	2,00	-328,307	217,176	-304,981	213,636	-234,901	184,982	311,644	203,839	288,868	198,623
0,00	0,00	-343,515	233,552	-319,899	229,590	-248,654	199,488	343,515	233,552	319,899	229,590
-20,00	-1,00	-351,133	241,797	-327,359	237,567	-255,550	206,742	343,465	233,466	319,853	229,511
-80,00	-4,00	-373,986	266,532	-349,739	261,499	-276,241	228,504	343,312	233,206	319,713	229,273
-200,00	-10,00	-419,690	316,001	-394,497	309,361	-317,620	272,192	343,006	232,686	319,432	228,797

 Tabelle D.10: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 130^\circ$	$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		
	σ, n	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
$V = +1 \text{ kN/m}$													
N													
200,00	10,00	-118,330	102,047	-115,210	99,651	-105,588	91,098	12,041	15,415	11,900	14,383	10,472	11,317
80,00	4,00	-54,601	50,089	-53,255	48,501	-48,527	43,230	12,085	15,436	11,931	14,394	10,481	11,318
20,00	1,00	-22,824	24,162	-22,339	22,963	-20,022	19,312	12,195	15,499	12,008	14,436	10,510	11,334
0,00	0,00	-12,336	15,577	-12,109	14,492	-10,554	11,356	12,336	15,577	12,109	14,492	10,554	11,356
-6,67	-0,33	-8,897	12,745	-8,740	11,689	-7,418	8,714	6,009	-9,202	5,898	-8,245	4,759	-5,543
-10,00	-0,50	-7,208	11,347	-7,079	10,301	-5,865	7,401	2,876	-6,033	2,816	-5,136	1,876	-2,645
-20,00	-2,00	-2,463	7,348	-2,364	6,294	-1,424	3,587	-6,200	3,281	-6,163	4,037	-6,554	5,925
-200,00	-10,00	-71,279	94,360	-70,937	91,488	-68,492	84,677	-15,353	-11,929	-14,331	-11,822	-11,289	-10,439
$V = -2 \text{ kN/m}$													
N													
200,00	10,00	-82,574	56,017	-79,763	56,663	-74,275	57,212	-23,715	-30,615	-23,547	-28,605	-20,841	-22,569
40,00	2,00	-14,695	4,926	-12,587	4,726	-7,173	2,847	-6,563	12,400	-8,075	12,328	-11,850	13,109
20,00	2,00	-22,696	14,417	-20,605	14,161	-14,804	11,731	12,067	-5,754	10,274	-5,634	5,292	-3,753
10,00	0,50	-26,904	19,507	-24,778	19,160	-18,749	16,403	21,590	-15,175	19,613	-14,897	13,993	-12,414
0,00	0,00	-31,154	24,673	-28,984	24,217	-22,712	21,108	31,154	24,673	28,984	24,217	22,712	21,108
-20,00	-1,00	-39,719	35,122	-37,441	34,419	-30,662	30,564	31,056	24,493	28,914	24,088	22,684	21,052
-80,00	-4,00	-65,463	66,685	-62,820	65,152	-54,469	58,945	30,810	24,169	28,713	23,828	22,557	20,899
-200,00	-10,00	-117,489	130,432	-114,047	127,151	-102,414	116,072	30,857	24,143	28,779	23,841	22,633	20,956
$V = +5 \text{ kN/m}$													
N													
200,00	10,00	-166,971	163,964	-163,134	157,339	-147,588	136,405	60,682	77,332	59,824	72,071	52,472	56,624
80,00	4,00	-103,572	112,196	-101,426	106,324	-90,630	88,595	61,056	77,543	60,102	72,217	52,584	56,683
20,00	1,00	-72,097	86,434	-70,722	80,902	-62,218	64,723	61,468	77,771	60,391	72,375	52,706	56,745
0,00	0,00	-61,682	77,886	-60,543	72,460	-52,771	56,781	61,682	77,886	60,543	72,460	52,771	56,781
-20,00	-1,00	-51,337	69,378	-50,417	64,043	-43,356	48,852	42,674	-58,749	41,890	-53,712	35,378	-39,340
-40,00	-6,00	-41,101	60,930	-40,377	55,671	-33,985	40,948	23,775	-39,672	23,323	-35,009	18,029	-21,925
-80,00	-8,00	-21,330	44,435	-20,844	39,237	-15,613	25,335	-13,323	-1,919	-13,263	2,087	-16,299	12,711
-200,00	-10,00	-12,142	49,919	-15,049	46,439	-23,700	43,604	-74,490	-56,370	-70,219	-56,871	-56,081	-51,512
$V = -25 \text{ kN/m}$													
N													
200,00	10,00	-304,649	205,505	-278,358	201,886	-204,739	169,926	198,360	118,873	175,048	116,618	109,623	90,145
160,00	8,00	-321,496	225,888	-295,057	221,904	-220,528	188,618	236,465	156,582	212,409	153,690	144,435	124,793
80,00	4,00	-355,380	267,008	-328,619	262,197	-252,187	226,183	312,864	232,355	287,295	228,090	214,141	194,271
40,00	2,00	-372,381	287,664	-345,437	282,432	-268,033	245,005	351,123	270,338	324,775	265,378	249,010	229,049
0,00	0,00	-389,432	308,414	-362,303	302,719	-283,905	263,858	-389,432	308,414	362,303	302,719	283,905	263,858
-20,00	-1,00	-397,966	318,810	-370,742	312,878	-291,848	273,293	389,303	308,181	362,215	302,547	283,870	263,781
-80,00	-4,00	-423,612	350,051	-396,054	343,413	-315,669	301,638	388,959	307,535	361,947	302,089	283,757	263,592
-200,00	-10,00	-475,019	412,808	-446,829	404,672	-363,375	358,386	388,387	306,519	361,561	301,362	283,594	263,270

 Tabelle D.11: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-113,060	97,458	-110,152	95,191	-101,170	87,065	11,286	14,917	11,199	13,897
80,00	4,00	-52,036	47,953	-50,806	46,426	-46,431	41,371	11,326	14,937	11,225	13,908
20,00	1,00	-21,609	23,246	-21,194	22,075	-19,088	18,535	11,432	14,992	11,299	13,946
0,00	0,00	-11,571	15,059	-11,397	13,993	-10,007	10,939	11,571	15,059	11,399	13,993
-6,67	-0,33	-8,281	12,355	-8,173	11,317	-6,999	8,415	5,530	-8,963	5,463	-8,019
-10,00	-0,50	-6,667	11,018	-6,585	9,991	-5,510	7,160	2,540	-5,929	2,520	-5,043
-20,00	-2,00	-2,166	7,168	-2,100	6,142	-1,276	3,502	-6,088	3,009	-6,029	3,753
-200,00	-10,00	-67,682	90,592	-67,444	87,835	-65,284	81,355	-14,859	-11,182	-13,850	-11,118
$\sigma_{k,K21,vn}$											
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-79,550	52,902	-76,812	53,642	-71,490	54,415	-22,224	-29,639	-22,141	-27,652
40,00	2,00	-14,336	4,331	-12,283	4,200	-7,003	2,551	-6,019	12,177	-7,508	12,059
20,00	2,00	-22,039	13,336	-19,985	13,172	-14,322	11,023	11,862	-5,082	10,090	-5,043
10,00	0,50	-26,061	18,200	-23,971	17,953	-18,092	15,501	20,972	-14,073	19,023	-13,888
0,00	0,00	-30,118	23,142	-27,986	22,794	-21,877	20,014	30,118	23,142	27,986	22,794
-20,00	-1,00	-38,288	33,143	-36,056	32,565	-29,467	29,082	30,034	22,966	27,927	22,670
-80,00	-4,00	-62,824	63,361	-60,258	62,002	-52,196	56,307	29,808	22,651	27,740	22,421
-200,00	-10,00	-112,406	124,400	-109,105	121,383	-97,973	111,106	29,865	22,626	27,811	22,430
$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-158,646	157,355	-155,245	150,923	-140,985	130,715	56,872	74,814	56,292	69,629
80,00	4,00	-97,961	108,018	-96,132	102,273	-86,338	85,069	57,251	75,002	56,551	69,755
20,00	1,00	-67,823	83,450	-66,731	78,023	-59,090	62,277	57,646	75,196	56,836	69,894
0,00	0,00	-57,856	75,296	-56,985	69,966	-50,035	54,694	57,856	75,296	56,985	69,966
-20,00	-1,00	-47,959	67,176	-47,294	61,933	-41,003	47,120	39,705	-56,999	39,165	-52,038
-40,00	-6,00	-38,170	59,104	-37,685	53,937	-32,019	39,568	21,662	-38,749	21,426	-34,146
-80,00	-8,00	-19,325	43,294	-19,040	38,202	-14,435	24,633	-13,691	-2,584	-13,478	1,379
-200,00	-10,00	-10,405	48,847	-13,390	45,510	-22,108	42,426	-72,136	-52,927	-67,904	-53,443
$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-295,519	190,849	-269,685	188,426	-197,841	160,049	193,745	108,308	170,732	107,132
160,00	8,00	-311,614	210,339	-285,645	207,576	-212,923	178,022	230,195	144,306	206,483	142,541
80,00	4,00	-343,990	249,647	-317,686	246,141	-243,173	214,030	303,280	216,631	278,105	213,623
40,00	2,00	-360,208	269,425	-333,738	265,498	-258,314	232,084	339,853	252,917	313,947	249,239
0,00	0,00	-376,483	289,281	-349,831	284,929	-273,470	250,175	376,483	289,281	349,831	284,929
-20,00	-1,00	-384,629	299,221	-357,883	294,663	-281,051	259,228	376,375	289,044	349,754	284,768
-80,00	-4,00	-409,087	329,118	-382,044	323,891	-303,799	286,378	376,071	288,408	349,526	284,310
-200,00	-10,00	-458,127	389,194	-430,500	382,559	-349,352	340,830	375,586	287,420	349,206	283,606

 Tabelle D.12: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 14 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-108,596	93,786	-105,879	91,613	-97,448	83,812	10,751	14,565
80,00	4,00	-49,927	46,268	-48,790	44,780	-44,695	39,878	10,789	14,580
20,00	1,00	-20,675	22,550	-20,301	21,394	-18,342	17,926	10,891	14,628
0,00	0,00	-11,021	14,687	-10,877	13,629	-9,590	10,621	11,021	14,687
-6,67	-0,33	-7,868	12,087	-7,775	11,055	-6,692	8,194	5,227	-8,826
-10,00	-0,50	-6,307	10,800	-6,247	9,779	-5,258	6,987	2,346	-5,908
-20,00	-2,00	-1,992	7,068	-1,944	6,056	-1,187	3,454	-5,930	2,717
-200,00	-10,00	-64,712	87,186	-64,468	84,577	-62,652	78,457	-14,509	-10,659
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-76,656	50,275	-74,053	51,114	-69,005	52,096	-21,189	-28,946
40,00	2,00	-14,135	3,983	-12,112	3,888	-6,908	2,373	-5,434	11,861
20,00	2,00	-21,602	12,615	-19,561	12,497	-13,976	10,517	11,818	-4,693
10,00	0,50	-25,473	17,290	-23,397	17,096	-17,603	14,832	20,581	-13,329
0,00	0,00	-29,374	22,042	-27,257	21,753	-21,243	19,180	29,374	22,042
-20,00	-1,00	-37,223	31,662	-35,011	31,153	-28,543	27,920	29,301	21,878
-80,00	-4,00	-60,778	60,719	-58,258	59,474	-50,395	54,159	29,090	21,581
-200,00	-10,00	-108,368	119,403	-105,165	116,602	-94,399	106,971	29,147	21,558
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-152,031	152,234	-148,914	145,916	-135,602	126,205	54,186	73,013
80,00	4,00	-93,670	104,866	-92,048	99,186	-82,945	82,314	54,532	73,178
20,00	1,00	-64,692	81,274	-63,760	75,886	-56,681	60,402	54,908	73,352
0,00	0,00	-55,106	73,435	-54,383	68,144	-47,951	53,107	55,106	73,435
-20,00	-1,00	-45,588	65,629	-45,059	60,418	-39,250	45,825	37,666	-55,845
-40,00	-6,00	-36,180	57,865	-35,817	52,728	-30,592	38,561	20,336	-38,296
-80,00	-8,00	-18,078	42,607	-17,894	37,561	-13,659	24,175	-13,610	-3,469
-200,00	-10,00	-8,787	47,281	-11,861	44,010	-20,702	41,141	-70,434	-50,564
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-289,328	180,900	-263,640	179,087	-192,803	152,963	191,483	101,679
160,00	8,00	-304,810	199,630	-278,990	197,496	-207,314	170,234	226,534	136,253
80,00	4,00	-335,946	237,434	-309,806	234,595	-236,405	204,946	296,808	205,746
40,00	2,00	-351,543	256,450	-325,251	253,232	-250,961	222,339	331,974	240,606
0,00	0,00	-367,180	275,534	-340,723	271,920	-265,539	239,758	367,180	275,534
-20,00	-1,00	-375,016	285,098	-348,459	281,285	-272,832	248,484	367,094	275,314
-80,00	-4,00	-398,527	313,856	-371,677	309,399	-294,713	274,672	366,839	274,718
-200,00	-10,00	-445,628	371,618	-418,221	365,856	-338,527	327,119	366,407	273,773

 Tabelle D.13: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 20 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-104,548	90,697	-102,008	88,599	-94,069	81,054	10,350	14,295	10,290	13,269
80,00	4,00	-48,061	44,869	-46,998	43,410	-43,137	38,626	10,382	14,308	10,311	13,278
20,00	1,00	-19,893	21,992	-19,548	20,840	-17,696	17,422	10,473	14,352	10,376	13,307
0,00	0,00	-10,596	14,404	-10,465	13,345	-9,247	10,367	10,596	14,404	10,465	13,345
-6,67	-0,33	-7,548	11,892	-7,475	10,859	-6,448	8,021	5,001	-8,752	4,964	-7,802
-10,00	-0,50	-6,053	10,647	-6,003	9,626	-5,063	6,854	2,233	-5,937	2,237	-5,040
-20,00	-2,00	-1,895	7,019	-1,854	6,012	-1,136	3,430	-5,745	2,401	-5,679	3,160
-200,00	-10,00	-62,161	83,946	-62,103	81,499	-60,398	75,751	-14,241	-10,252	-13,227	-10,219
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-73,807	47,987	-71,357	48,915	-66,642	50,093	-20,391	-28,415	-20,361	-26,415
40,00	2,00	-14,036	3,790	-12,023	3,708	-6,859	2,272	-4,804	11,490	-6,321	11,358
20,00	2,00	-21,297	12,107	-19,254	12,007	-13,711	10,128	11,877	-4,467	10,082	-4,474
10,00	0,50	-25,039	16,613	-22,962	16,440	-17,216	14,295	20,329	-12,793	18,376	-12,674
0,00	0,00	-28,807	21,193	-26,689	20,930	-20,733	18,493	28,807	21,193	26,689	20,930
-20,00	-1,00	-36,382	30,457	-34,176	29,991	-27,784	26,931	28,742	21,037	26,643	20,819
-80,00	-4,00	-59,106	58,439	-56,609	57,281	-48,888	52,262	28,545	20,760	26,477	20,594
-200,00	-10,00	-105,012	114,938	-101,881	112,323	-91,393	103,246	28,610	20,740	26,551	20,605
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-146,321	148,049	-143,423	141,786	-130,854	122,432	52,123	71,647	51,705	66,456
80,00	4,00	-90,126	102,353	-88,622	96,690	-80,015	80,047	52,447	71,792	51,935	66,558
20,00	1,00	-62,214	79,581	-61,366	74,200	-54,658	58,878	52,794	71,941	52,194	66,667
0,00	0,00	-52,982	72,018	-52,326	66,724	-46,234	51,834	52,982	72,018	52,326	66,724
-20,00	-1,00	-43,812	64,476	-43,338	59,266	-37,832	44,795	36,172	-55,056	35,805	-50,094
-40,00	-6,00	-34,744	56,973	-34,426	51,833	-29,472	37,775	19,464	-38,133	19,360	-33,489
-80,00	-8,00	-17,295	42,193	-17,146	37,153	-13,125	23,862	-13,266	-4,514	-12,986	-0,466
-200,00	-10,00	-7,302	45,436	-10,456	42,381	-19,438	39,762	-69,100	-48,762	-64,874	-49,337
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
200,00	10,00	-284,866	173,722	-259,167	172,129	-188,877	147,361	190,668	97,320	167,449	96,799
160,00	8,00	-299,840	191,777	-274,001	189,895	-202,902	164,034	224,482	130,655	200,627	129,631
80,00	4,00	-329,919	228,201	-303,782	225,660	-231,013	197,547	292,240	197,640	267,095	195,528
40,00	2,00	-344,995	246,513	-318,682	243,616	-245,079	214,336	326,155	231,233	300,338	228,550
0,00	0,00	-360,093	264,910	-333,623	261,632	-259,170	231,170	360,093	264,910	333,623	261,632
-20,00	-1,00	-367,649	274,124	-341,098	270,652	-266,216	239,587	360,009	264,704	333,565	261,480
-80,00	-4,00	-390,331	301,822	-363,518	297,776	-287,343	264,853	359,770	264,143	333,386	261,089
-200,00	-10,00	-435,802	357,476	-408,459	352,162	-329,660	315,516	359,400	263,278	333,129	260,444

 Tabelle D.14: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-111,413	124,423	-107,745	121,978	-99,104	114,776	5,746	8,920	5,789	8,798
120,00	4,00	-48,024	55,180	-46,572	54,102	-42,950	50,687	5,757	8,979	5,790	8,830
30,00	1,00	-16,358	20,607	-16,014	20,202	-14,895	18,675	5,791	9,057	5,818	8,884
0,00	0,00	-5,884	9,218	-5,892	9,005	-5,574	8,055	5,884	9,218	5,892	9,005
-10,00	-0,33	-2,506	5,621	-2,603	5,430	-2,516	4,600	-1,344	-2,099	-1,170	-2,031
-15,00	-0,50	-0,967	4,071	-1,075	3,836	-1,053	2,997	-4,808	1,212	-4,584	1,262
-30,00	-2,00	-3,064	5,220	-2,917	4,741	-2,943	3,999	-8,486	5,347	-8,401	5,455
-300,00	-10,00	-106,585	99,970	-104,434	96,202	-98,860	88,080	-8,918	-5,697	-8,746	-5,754
$\sigma_{k,K21,vn}$											
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-94,305	97,685	-90,474	95,688	-82,569	90,969	-11,362	-17,818	-11,482	-17,492
60,00	2,00	-10,440	6,128	-9,481	5,834	-7,998	5,886	-10,693	16,973	-10,910	16,802
30,00	1,00	-8,142	1,935	-7,672	2,150	-5,994	2,107	-2,425	9,615	-2,524	9,168
15,00	0,50	-12,976	6,665	-12,597	6,828	-10,900	6,542	7,693	-0,890	7,499	-1,169
0,00	0,00	-18,436	11,769	-18,011	11,785	-16,111	11,148	18,436	11,769	18,011	11,785
-30,00	-1,00	-29,744	22,203	-29,142	21,874	-26,693	20,449	18,194	11,636	17,824	11,678
-120,00	-4,00	-64,212	53,798	-62,955	52,378	-58,667	48,482	18,011	11,531	17,683	11,596
-300,00	-10,00	-133,434	117,178	-130,829	113,535	-122,738	104,617	17,931	11,511	17,649	11,579
$\sigma_{k,K21,v(N)}$											
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-134,494	160,529	-130,945	157,386	-121,204	146,667	28,827	45,026	28,989	44,206
120,00	4,00	-71,262	91,542	-69,906	89,732	-65,132	82,715	28,995	45,341	29,124	44,460
30,00	1,00	-39,811	57,329	-39,513	56,116	-37,157	50,827	29,244	45,779	29,317	44,798
0,00	0,00	-29,421	46,089	-29,461	45,026	-27,868	40,277	29,421	46,089	29,461	45,026
-30,00	-1,00	-19,195	35,105	-19,520	34,151	-18,639	29,825	7,645	-24,538	8,202	-23,955
-60,00	-6,00	-9,323	24,804	-9,863	23,798	-9,582	19,688	-13,778	-3,671	-12,773	-3,407
-120,00	-8,00	-5,663	17,848	-5,052	15,637	-5,136	11,745	-40,538	24,419	-40,220	25,145
-300,00	-10,00	-71,409	77,520	-69,738	73,518	-67,368	66,233	-44,094	-28,147	-43,442	-28,438
$\sigma_{k,K21,v(N)}$											
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-124,018	46,617	-118,990	49,315	-98,441	47,912	18,351	-68,886	17,034	-63,865
240,00	8,00	-143,926	65,917	-139,165	68,279	-118,364	65,905	59,392	-26,485	57,600	-22,265
120,00	4,00	-186,341	106,104	-181,514	107,443	-159,510	102,390	144,074	59,903	140,732	62,171
60,00	2,00	-208,277	126,504	-203,235	127,285	-180,345	120,853	187,144	103,403	182,844	104,649
0,00	0,00	-230,446	147,105	-225,130	147,307	-201,386	139,341	230,446	147,105	225,130	147,307
-30,00	-1,00	-241,579	157,484	-236,138	157,337	-211,929	148,613	230,029	146,917	224,820	147,141
-120,00	-4,00	-275,315	188,635	-269,448	187,487	-243,584	176,481	229,114	146,368	224,176	146,705
-300,00	-10,00	-343,339	251,340	-336,303	248,122	-307,073	232,317	227,836	145,673	223,123	146,166

 Tabelle D.15: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v(N)}$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 12 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-104,375	117,999	-100,803	115,703	-92,569	108,963	5,087	8,453	5,164	8,318
120,00	4,00	-44,834	52,296	-43,438	51,290	-40,032	48,110	5,119	8,478	5,182	8,336
30,00	1,00	-15,104	19,493	-14,790	19,117	-13,782	17,696	5,175	8,538	5,226	8,379
0,00	0,00	-5,284	8,694	-5,309	8,500	-5,066	7,615	5,284	8,694	5,309	8,500
-10,00	-0,33	-2,137	5,292	-2,245	5,113	-2,214	4,338	-1,515	-1,925	-1,335	-1,925
-15,00	-0,50	-0,749	3,860	-0,849	3,629	-0,866	2,828	-4,728	1,104	-4,520	1,153
-30,00	-2,00	-2,925	5,186	-2,788	4,697	-2,816	3,913	-8,030	4,743	-7,951	4,867
-300,00	-10,00	-101,104	94,202	-99,094	90,501	-93,924	82,577	-8,442	-5,086	-8,291	-5,138
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-89,122	92,713	-85,364	90,824	-77,623	86,434	-10,166	-16,833	-10,275	-16,561
60,00	2,00	-10,372	5,850	-9,395	5,575	-7,826	5,632	-9,486	16,059	-9,733	15,902
30,00	2,00	-7,719	1,499	-7,258	1,699	-5,657	1,733	-2,210	9,456	-2,306	9,040
15,00	0,50	-12,216	5,805	-11,867	5,995	-10,283	5,833	7,252	0,328	7,085	0,626
0,00	0,00	-17,389	10,569	-17,000	10,618	-15,230	10,133	17,389	10,569	17,000	10,618
-30,00	-1,00	-28,119	20,346	-27,562	20,067	-25,286	18,831	17,164	10,417	16,824	10,503
-120,00	-4,00	-60,833	50,008	-59,661	48,668	-55,652	45,064	17,015	10,293	16,707	10,412
-300,00	-10,00	-126,490	109,510	-124,041	105,998	-116,505	97,566	16,944	10,222	16,656	10,359
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-125,020	152,080	-121,669	149,150	-112,658	139,130	25,732	42,534	26,030	41,765
120,00	4,00	-65,644	86,586	-64,425	84,908	-60,171	78,372	25,929	42,768	26,169	41,954
30,00	1,00	-36,148	54,112	-35,957	53,007	-34,007	48,113	26,219	43,157	26,393	42,269
0,00	0,00	-26,422	43,472	-26,545	42,499	-25,332	38,073	26,422	43,472	26,545	42,499
-30,00	-1,00	-16,864	33,065	-17,260	32,184	-16,717	28,162	5,909	-23,136	6,522	-22,620
-60,00	-6,00	-7,738	23,374	-8,316	22,422	-8,294	18,555	-14,171	-3,516	-13,161	-3,294
-120,00	-8,00	-5,350	18,061	-4,776	15,826	-4,903	11,840	-38,468	21,654	-38,178	22,430
-300,00	-10,00	-67,947	74,229	-66,354	70,161	-64,100	62,792	-41,599	-25,059	-41,031	-25,478
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-116,869	38,691	-112,108	41,580	-92,777	41,469	17,581	-70,855	16,469	-65,805
240,00	8,00	-135,510	56,440	-131,050	59,086	-111,643	58,140	56,080	-31,197	54,539	-26,822
120,00	4,00	-175,546	93,728	-171,069	95,493	-150,675	92,161	135,831	49,910	132,813	52,539
60,00	2,00	-196,249	112,798	-191,707	114,053	-170,440	109,364	176,391	90,889	172,579	92,576
0,00	0,00	-217,358	132,108	-212,494	132,727	-190,366	126,658	217,358	132,108	212,494	132,727
-30,00	-1,00	-227,930	141,780	-222,900	142,099	-200,392	135,323	216,975	131,851	212,162	132,535
-120,00	-4,00	-259,823	170,964	-254,435	170,346	-230,523	161,320	216,005	131,249	211,481	132,090
-300,00	-10,00	-324,509	229,716	-318,025	227,100	-290,800	213,596	214,963	130,428	210,640	131,461

 Tabelle D.16: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 14 \text{ mm}$		$a_{oben} = 14 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-99,976	113,398	-96,480	111,220	-88,492	104,843	4,724	8,093	4,801	7,976
120,00	4,00	-42,837	50,249	-41,475	49,295	-38,193	46,285	4,736	8,127	4,803	7,997
30,00	1,00	-14,300	18,724	-14,005	18,369	-13,070	17,022	4,775	8,194	4,837	8,045
0,00	0,00	-4,887	8,329	-4,926	8,150	-4,733	7,312	4,887	8,329	4,926	8,150
-10,00	-0,33	-1,889	5,060	-2,005	4,890	-2,012	4,154	-1,621	-1,985	-1,436	-1,834
-15,00	-0,50	-0,594	3,700	-0,699	3,474	-0,740	2,705	-4,671	0,913	-4,463	1,110
-30,00	-2,00	-2,805	5,178	-2,675	4,682	-2,712	3,871	-7,726	4,047	-7,649	4,486
-300,00	-10,00	-97,244	90,549	-95,310	86,902	-90,388	79,171	-8,061	-1,703	-7,934	-4,777
$\sigma_{k,K21,vn}$											
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-85,885	89,183	-82,135	87,397	-74,517	83,203	-9,367	-16,122	-9,544	-15,847
60,00	2,00	-10,355	5,609	-9,363	5,351	-7,741	5,424	-8,695	15,452	-8,973	15,298
30,00	2,00	-7,400	1,189	-6,948	1,398	-5,411	1,480	-2,125	9,342	-2,220	8,926
15,00	0,50	-11,685	5,232	-11,356	5,437	-9,862	5,363	6,922	0,033	6,772	-0,275
0,00	0,00	-16,659	9,775	-16,301	9,852	-14,625	9,467	16,659	9,775	16,301	9,852
-30,00	-1,00	-26,983	19,140	-26,461	18,894	-24,310	17,787	16,453	9,915	16,137	9,726
-120,00	-4,00	-58,438	47,586	-57,330	46,295	-53,539	42,877	16,316	10,685	16,032	9,623
-300,00	-10,00	-121,544	104,719	-119,223	101,285	-112,090	93,153	16,239	12,467	15,979	9,606
$\sigma_{k,K21,v}$											
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-118,964	146,093	-115,736	143,323	-107,192	133,846	23,712	40,788	24,057	40,079
120,00	4,00	-62,034	83,152	-60,907	81,568	-56,996	75,376	23,933	41,030	24,235	40,270
30,00	1,00	-33,745	51,898	-33,633	50,856	-31,966	46,219	24,220	41,368	24,465	40,532
0,00	0,00	-24,437	41,647	-24,629	40,752	-23,666	36,562	24,437	41,647	24,629	40,752
-30,00	-1,00	-15,306	31,634	-15,759	30,819	-15,444	27,002	4,776	-22,409	5,435	-21,651
-60,00	-6,00	-6,676	22,349	-7,275	21,435	-7,428	17,577	-14,385	-3,899	-13,374	-3,099
-120,00	-8,00	-5,034	18,195	-4,501	15,947	-4,678	11,920	-37,088	18,706	-36,797	20,725
-300,00	-10,00	-65,396	72,221	-63,893	68,163	-61,754	60,692	-39,909	-20,031	-39,351	-23,516
$\sigma_{k,K21,v}$											
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-111,743	33,380	-107,175	36,377	-88,783	37,139	16,491	-71,925	15,496	-66,867
240,00	8,00	-129,540	50,075	-125,355	52,922	-106,925	52,943	53,338	-34,169	52,012	-29,673
120,00	4,00	-168,052	85,516	-163,914	87,559	-144,518	85,394	129,951	43,394	127,242	46,261
60,00	2,00	-188,008	103,768	-183,660	105,295	-163,665	101,844	168,958	82,707	165,324	84,646
0,00	0,00	-208,233	122,183	-203,762	123,145	-182,812	118,332	208,233	122,183	203,762	123,145
-30,00	-1,00	-218,483	131,446	-213,842	132,122	-192,429	126,630	207,953	122,221	203,518	122,954
-120,00	-4,00	-249,239	159,380	-244,088	159,111	-221,427	151,525	207,117	122,479	202,700	122,439
-300,00	-10,00	-311,342	215,685	-305,233	213,455	-279,532	201,470	206,037	123,433	201,989	121,776

 Tabelle D.17: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-97,028	110,008	-93,592	107,926	-85,796	101,805	4,438	7,891	4,546	7,746
120,00	4,00	-41,501	48,739	-40,169	47,818	-36,994	44,932	4,465	7,892	4,551	7,746
30,00	1,00	-13,763	18,156	-13,483	17,816	-12,599	16,525	4,504	7,944	4,578	7,798
0,00	0,00	-4,619	8,073	-4,667	7,899	-4,511	7,096	4,619	8,073	4,667	7,899
-10,00	-0,33	-1,719	4,892	-1,839	4,731	-1,873	4,026	-1,685	-1,806	-1,500	-1,763
-15,00	-0,50	-0,495	3,578	-0,597	3,357	-0,653	2,615	-4,611	1,052	-4,412	1,095
-30,00	-2,00	-2,694	5,170	-2,574	4,672	-2,624	3,845	-7,518	4,089	-7,444	4,233
-300,00	-10,00	-94,285	88,187	-92,437	84,550	-87,804	76,909	-7,832	-4,403	-7,743	-4,496
$\sigma_{k,K21,vn}$											
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-83,830	86,490	-80,084	84,773	-72,485	80,803	-8,760	-15,627	-8,962	-15,407
60,00	2,00	-10,340	5,387	-9,344	5,149	-7,690	5,249	-8,178	15,036	-8,465	14,887
30,00	2,00	-7,156	0,990	-6,714	1,193	-5,231	1,306	-2,103	9,222	-2,191	8,825
15,00	0,50	-11,306	4,838	-10,998	5,054	-9,559	5,044	6,677	0,268	6,546	-0,045
0,00	0,00	-16,146	9,239	-15,798	9,334	-14,191	9,023	16,146	9,239	15,798	9,334
-30,00	-1,00	-26,176	18,337	-25,675	18,114	-23,600	17,089	15,964	9,078	15,657	9,209
-120,00	-4,00	-56,656	46,007	-55,604	44,750	-51,973	41,460	15,809	8,971	15,532	9,132
-300,00	-10,00	-117,901	101,511	-115,673	98,145	-108,818	90,254	15,784	8,921	15,493	9,099
$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-115,017	141,640	-111,874	139,008	-103,649	129,933	22,427	39,523	22,828	38,828
120,00	4,00	-59,610	80,622	-58,550	79,107	-54,884	73,166	22,574	39,775	22,932	39,035
30,00	1,00	-32,136	50,313	-32,069	49,311	-30,606	44,871	22,877	40,101	23,164	39,293
0,00	0,00	-23,097	40,365	-23,334	39,494	-22,556	35,478	23,097	40,365	23,334	39,494
-30,00	-1,00	-14,241	30,635	-14,734	29,842	-14,579	26,197	4,029	-21,376	4,716	-20,937
-60,00	-6,00	-5,943	21,596	-6,559	20,723	-6,831	17,189	-14,480	-3,078	-13,477	-2,914
-120,00	-8,00	-4,707	18,240	-4,216	15,992	-4,455	11,962	-36,140	18,796	-35,856	19,626
-300,00	-10,00	-63,368	70,936	-61,966	66,854	-59,964	59,374	-38,749	-21,654	-38,214	-22,192
$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-107,979	29,718	-103,615	32,794	-85,945	34,155	15,389	-72,399	14,569	-67,386
240,00	8,00	-125,291	45,691	-121,287	48,702	-103,632	49,398	51,219	-36,003	50,050	-31,442
120,00	4,00	-162,700	79,913	-158,745	82,201	-140,187	80,832	125,664	39,066	123,127	42,129
60,00	2,00	-182,175	97,600	-178,075	99,351	-158,755	96,759	163,657	77,177	160,266	79,315
0,00	0,00	-201,825	115,483	-197,470	116,669	-177,389	112,780	201,825	115,483	197,470	116,669
-30,00	-1,00	-211,684	124,469	-202,274	125,358	-186,721	120,798	201,472	115,210	192,256	116,453
-120,00	-4,00	-241,595	151,607	-236,687	151,583	-214,941	144,954	200,748	114,571	196,615	115,965
-300,00	-10,00	-301,962	206,307	-296,143	204,371	-271,409	193,415	199,845	113,717	195,963	115,325

 Tabelle D.18: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-135,811	133,262	-131,813	131,220	-122,447	125,075	6,790	9,362	6,946	9,234
120,00	4,00	-58,473	58,952	-56,904	58,034	-52,984	55,056	6,904	9,444	6,997	9,291
30,00	1,00	-19,807	21,825	-19,449	21,471	-18,251	20,075	6,905	9,435	6,962	9,272
0,00	0,00	-6,985	9,592	-7,020	9,395	-6,703	8,471	6,985	9,395	7,020	9,395
-10,00	-0,33	-2,845	5,712	-2,975	5,521	-2,904	4,683	-1,302	-1,398	-1,108	-1,345
-15,00	-0,50	-0,978	4,065	-1,109	3,810	-1,097	2,930	-5,243	2,406	-5,016	2,454
-30,00	-2,00	-3,439	6,419	-3,325	5,874	-3,462	5,067	-9,003	6,523	-8,925	6,653
-300,00	-10,00	-114,595	122,280	-112,795	118,039	-108,321	109,098	-9,305	-6,741	-9,191	-6,828
$V = -2 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-115,543	105,345	-111,243	103,672	-102,437	99,945	-13,478	-18,555	-13,624	-18,314
60,00	2,00	-12,265	6,151	-11,166	5,925	-9,532	6,214	-13,539	18,629	-13,807	18,472
30,00	2,00	-8,130	1,956	-7,621	2,217	-5,861	2,194	-4,772	10,434	-4,866	9,982
15,00	0,50	-13,284	7,713	-12,921	7,937	-11,227	7,686	6,838	-1,525	6,683	-1,844
0,00	0,00	-19,183	13,970	-18,790	14,041	-16,942	13,407	19,183	13,970	18,790	14,041
-30,00	-1,00	-31,343	26,725	-30,807	26,415	-28,511	24,926	18,901	13,783	18,557	13,888
-120,00	-4,00	-68,362	65,391	-67,276	63,869	-63,439	59,658	18,854	13,822	18,533	13,962
-300,00	-10,00	-142,674	142,724	-140,463	138,778	-133,452	129,121	18,774	13,703	18,477	13,911
$V = +5 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-163,478	170,906	-159,672	168,189	-149,144	158,599	34,457	47,006	34,805	46,203
120,00	4,00	-86,146	96,794	-84,763	95,199	-79,680	88,729	34,577	47,286	34,856	46,456
30,00	1,00	-47,665	60,053	-47,453	58,947	-44,991	53,900	34,763	47,663	34,966	46,748
0,00	0,00	-34,925	47,958	-35,101	46,975	-33,517	42,355	34,925	47,958	35,101	46,975
-30,00	-1,00	-22,371	36,106	-22,864	35,188	-22,046	30,900	9,929	-23,164	10,614	-22,661
-60,00	-6,00	-10,313	25,004	-11,008	23,973	-10,818	19,784	-14,441	0,781	-13,364	0,980
-120,00	-8,00	-6,448	20,996	-5,941	18,505	-6,493	14,562	-43,060	30,573	-42,802	31,402
-300,00	-10,00	-77,722	95,380	-76,444	90,851	-75,076	82,789	-46,178	-33,641	-45,542	-34,016
$V = -25 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-125,020	51,563	-119,862	55,039	-98,920	54,089	-4,001	-72,337	-5,005	-66,947
240,00	8,00	-146,487	75,116	-141,685	78,308	-120,785	76,357	43,270	-24,004	41,791	-19,281
120,00	4,00	-192,203	124,317	-187,540	126,445	-165,928	121,694	140,634	74,809	137,633	77,702
60,00	2,00	-215,747	149,303	-211,113	150,802	-188,780	144,640	189,943	124,523	186,140	126,405
0,00	0,00	-239,791	174,624	-234,877	175,506	-221,776	167,588	239,791	174,624	234,877	175,506
-30,00	-1,00	-251,823	187,365	-246,758	187,858	-223,321	179,061	239,381	174,423	234,508	175,331
-120,00	-4,00	-288,082	225,585	-282,711	224,912	-257,953	213,480	238,574	174,016	233,968	175,005
-300,00	-10,00	-361,188	302,027	-354,856	299,051	-327,393	282,631	237,288	173,006	232,870	174,184

 Tabelle D.19: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 12 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-128,045	126,064	-124,062	124,153	-114,909	118,425	6,132	8,854	6,210	8,700
120,00	4,00	-54,901	55,743	-53,354	54,886	-49,622	52,119	6,136	8,859	6,213	8,705
30,00	1,00	-18,421	20,633	-18,093	20,305	-17,004	19,004	6,230	8,912	6,308	8,760
0,00	0,00	-6,336	9,060	-6,389	8,875	-6,145	8,006	6,336	9,060	6,389	8,875
-10,00	-0,33	-2,458	5,405	-2,598	5,219	-2,586	4,426	-1,449	-1,341	-1,250	-1,291
-15,00	-0,50	-0,759	3,894	-0,886	3,637	-0,913	2,784	-5,102	2,202	-4,887	2,256
-30,00	-2,00	-3,252	6,370	-3,151	5,815	-3,285	4,950	-8,469	5,821	-8,394	5,970
-300,00	-10,00	-108,372	115,771	-106,738	111,634	-102,620	102,846	-8,838	-6,142	-8,715	-6,218
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-109,635	99,567	-105,420	98,074	-96,816	94,718	-12,278	-17,643	-12,432	-17,379
60,00	2,00	-12,205	5,817	-11,093	5,605	-9,337	5,897	-12,178	17,625	-12,477	17,486
30,00	2,00	-7,788	1,518	-7,274	1,772	-5,568	1,826	-4,403	10,203	-4,511	9,773
15,00	0,50	-12,561	6,798	-12,208	7,048	-10,616	6,926	6,465	-0,938	6,315	-1,275
0,00	0,00	-18,119	12,673	-17,750	12,778	-16,013	12,291	18,119	12,673	17,750	12,778
-30,00	-1,00	-29,613	24,708	-29,116	24,444	-26,982	23,137	17,892	12,517	17,571	12,659
-120,00	-4,00	-64,619	61,109	-63,616	59,671	-60,058	55,754	17,735	12,344	17,435	12,530
-300,00	-10,00	-134,926	134,183	-132,860	130,277	-126,331	120,992	17,716	12,270	17,407	12,425
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-152,772	161,547	-149,178	159,041	-139,385	150,146	30,859	44,337	31,326	43,588
120,00	4,00	-79,969	91,511	-78,723	90,030	-74,150	83,994	31,204	44,627	31,582	43,849
30,00	1,00	-43,643	56,698	-43,529	55,672	-41,533	50,973	31,452	44,977	31,744	44,127
0,00	0,00	-31,682	45,298	-31,944	44,374	-30,727	40,031	31,682	45,298	31,944	44,374
-30,00	-1,00	-19,882	34,103	-20,450	33,247	-19,982	29,211	8,161	-21,912	8,905	-21,462
-60,00	-6,00	-8,673	23,718	-9,407	22,723	-9,476	18,703	-14,769	0,665	-13,684	0,847
-120,00	-8,00	-6,049	21,335	-5,587	18,794	-6,156	14,629	-40,835	27,430	-40,594	28,347
-300,00	-10,00	-73,575	91,596	-72,332	86,984	-71,087	78,722	-43,635	-30,317	-43,121	-30,868
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-118,590	43,364	-113,614	47,032	-93,514	47,378	-3,323	-73,846	-4,238	-68,421
240,00	8,00	-138,522	65,144	-133,973	68,594	-114,115	68,140	40,992	-28,624	39,691	-23,768
120,00	4,00	-181,576	111,089	-177,264	113,594	-156,836	110,654	132,811	64,205	130,123	67,413
60,00	2,00	-203,875	134,529	-199,448	136,552	-178,428	132,143	179,492	111,087	175,878	113,461
0,00	0,00	-226,490	158,410	-221,870	159,722	-200,155	153,634	226,490	158,410	221,870	159,722
-30,00	-1,00	-237,836	170,371	-233,081	171,307	-211,039	164,379	226,115	158,180	221,536	159,522
-120,00	-4,00	-272,032	206,251	-266,970	206,060	-243,907	196,792	225,148	157,486	220,789	158,919
-300,00	-10,00	-341,257	278,509	-335,394	276,189	-309,716	262,026	224,047	156,596	219,941	158,337

 Tabelle D.20: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-122,865	120,806	-118,989	119,044	-110,145	113,722	5,735	8,524
120,00	4,00	-52,589	53,445	-51,092	52,652	-47,472	50,073	5,737	8,532
30,00	1,00	-17,481	19,794	-17,175	19,483	-16,162	18,248	5,768	8,566
0,00	0,00	-5,896	8,692	-5,960	8,517	-5,766	7,690	5,896	8,517
-10,00	-0,33	-2,192	5,194	-2,339	5,016	-2,367	4,253	-1,551	-1,290
-15,00	-0,50	-0,614	3,770	-0,736	3,512	-0,785	2,681	-5,000	2,087
-30,00	-2,00	-3,094	6,337	-3,001	5,780	-3,147	4,876	-8,134	5,376
-300,00	-10,00	-103,829	111,388	-102,294	107,336	-98,492	98,767	-8,453	-5,742
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-105,742	95,392	-101,510	93,997	-93,078	90,883	-11,388	-16,890
60,00	2,00	-12,195	5,525	-11,046	5,339	-9,237	5,646	-11,231	16,931
30,00	2,00	-7,539	1,228	-7,025	1,471	-5,363	1,571	-4,174	10,000
15,00	0,50	-12,061	6,171	-11,730	6,441	-10,195	6,407	6,205	-0,557
0,00	0,00	-17,385	11,792	-17,034	11,919	-15,380	11,533	17,385	11,792
-30,00	-1,00	-28,430	23,343	-27,957	23,112	-25,912	21,929	17,202	11,630
-120,00	-4,00	-62,015	58,327	-61,078	56,918	-57,716	53,161	17,102	11,475
-300,00	-10,00	-129,342	128,603	-127,430	124,819	-121,362	115,835	17,060	11,473
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-145,818	155,037	-142,295	152,695	-132,902	144,283	28,688	42,755
120,00	4,00	-75,788	87,779	-74,638	86,379	-70,416	80,645	28,936	42,866
30,00	1,00	-40,929	54,421	-40,923	53,451	-39,228	48,972	29,216	43,193
0,00	0,00	-29,478	43,462	-29,798	42,583	-28,832	38,449	29,478	43,462
-30,00	-1,00	-18,183	32,769	-18,800	31,927	-18,578	28,045	6,955	-21,056
-60,00	-6,00	-7,545	22,837	-8,304	21,855	-8,551	17,974	-14,911	0,589
-120,00	-8,00	-5,657	21,542	-5,235	18,985	-5,850	14,691	-39,256	25,310
-300,00	-10,00	-70,477	89,096	-69,353	84,487	-68,221	76,109	-41,805	-28,034
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-114,185	37,723	-109,271	41,520	-89,867	42,755	-2,945	-74,559
240,00	8,00	-133,139	58,301	-128,731	61,928	-109,665	62,509	39,435	-31,525
120,00	4,00	-174,360	102,056	-170,197	104,809	-150,549	103,141	127,508	57,143
60,00	2,00	-195,744	124,543	-191,419	126,870	-171,360	123,636	172,318	102,087
0,00	0,00	-217,313	147,393	-212,917	148,989	-192,245	144,160	217,313	147,393
-30,00	-1,00	-228,199	158,817	-223,761	160,048	-202,704	154,556	216,971	147,104
-120,00	-4,00	-261,127	193,097	-256,294	193,374	-234,319	185,744	216,214	146,245
-300,00	-10,00	-327,616	262,743	-322,056	260,804	-297,550	248,121	215,334	145,613

 Tabelle D.21: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-119,128	116,827	-115,354	115,157	-106,771	110,127	5,412	8,249
120,00	4,00	-50,931	51,688	-49,478	50,948	-45,980	48,503	5,445	8,257
30,00	1,00	-16,832	19,184	-16,540	18,888	-15,585	17,700	5,460	8,326
0,00	0,00	-5,587	8,440	-5,658	8,267	-5,511	7,467	5,587	8,440
-10,00	-0,33	-2,007	5,052	-2,158	4,875	-2,214	4,131	-1,612	-1,210
-15,00	-0,50	-0,518	3,679	-0,634	3,423	-0,697	2,609	-4,911	2,007
-30,00	-2,00	-2,949	6,307	-2,868	5,743	-3,029	4,829	-7,909	5,065
-300,00	-10,00	-100,381	108,401	-98,935	104,313	-95,353	95,684	-8,197	-5,315
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-103,089	92,226	-98,896	90,907	-90,411	87,989	-10,627	-16,352
60,00	2,00	-12,156	5,248	-11,011	5,089	-9,161	5,429	-10,587	16,468
30,00	2,00	-7,358	1,036	-6,847	1,268	-5,218	1,394	-4,014	9,822
15,00	0,50	-11,728	5,735	-11,395	6,018	-9,897	6,050	-0,306	-0,665
0,00	0,00	-16,880	11,175	-16,534	11,317	-14,934	11,022	16,880	11,175
-30,00	-1,00	-27,559	22,379	-27,107	22,172	-25,144	21,077	16,701	11,007
-120,00	-4,00	-60,020	56,396	-59,134	55,038	-55,923	51,433	16,589	10,910
-300,00	-10,00	-125,086	124,594	-123,278	120,914	-117,547	112,224	16,508	10,878
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-140,990	150,049	-137,595	147,836	-128,583	139,807	27,274	41,471
120,00	4,00	-72,818	85,113	-71,742	83,770	-67,793	78,245	27,332	41,682
30,00	1,00	-39,081	52,826	-39,119	51,870	-37,609	47,496	27,709	41,968
0,00	0,00	-27,936	42,198	-28,292	41,335	-27,554	37,335	27,936	42,198
-30,00	-1,00	-17,001	31,832	-17,647	31,014	-17,597	27,232	6,143	-20,460
-60,00	-6,00	-6,776	22,232	-7,538	21,246	-7,904	17,463	-14,940	0,511
-120,00	-8,00	-5,251	21,602	-4,885	19,052	-5,557	14,715	-38,180	23,884
-300,00	-10,00	-67,971	87,291	-66,953	82,706	-66,046	74,342	-40,607	-26,425
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-111,156	33,879	-106,229	37,689	-87,313	39,520	-2,560	-74,699
240,00	8,00	-129,466	53,544	-125,087	57,292	-106,524	58,578	38,493	-33,318
120,00	4,00	-169,382	95,753	-165,223	98,756	-146,201	97,877	123,896	52,322
60,00	2,00	-189,988	117,618	-185,871	120,108	-166,359	117,672	167,245	95,902
0,00	0,00	-210,993	139,682	-206,675	141,460	-186,674	137,771	210,993	139,682
-30,00	-1,00	-221,512	150,714	-217,183	152,147	-196,831	147,826	210,654	139,342
-120,00	-4,00	-253,461	184,159	-248,808	184,722	-227,301	177,991	210,030	138,673
-300,00	-10,00	-317,577	251,628	-312,233	249,962	-288,651	238,320	208,999	137,912

 Tabelle D.22: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-153,726	135,996	-149,577	134,698	-140,132	130,438	7,689	9,962	7,819	9,800
120,00	4,00	-66,083	60,346	-64,492	59,729	-60,608	57,503	7,668	9,932	7,789	9,770
30,00	1,00	-22,314	22,573	-21,996	22,284	-20,864	21,054	7,710	9,970	7,820	9,794
0,00	0,00	-7,850	10,108	-7,927	9,899	-7,665	8,951	7,850	10,108	7,927	9,899
-10,00	-0,33	-3,214	6,150	-3,379	5,919	-3,340	4,993	-0,987	-1,282	-0,784	-1,194
-15,00	-0,50	-1,174	4,486	-1,318	4,169	-1,308	3,157	-5,128	2,816	-4,927	2,919
-30,00	-2,00	-3,133	7,431	-3,102	6,796	-3,448	5,855	-9,470	7,173	-9,388	7,380
-300,00	-10,00	-116,262	138,507	-115,273	134,100	-112,714	125,001	-9,772	-7,530	-9,625	-7,658
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-130,949	106,445	-126,398	105,602	-117,445	103,874	-15,088	-19,589	-15,360	-19,296
60,00	2,00	-14,863	6,265	-13,593	6,205	-11,711	6,897	-14,344	18,942	-14,759	18,775
30,00	2,00	-8,972	2,348	-8,339	2,637	-6,315	2,616	-5,632	10,255	-5,837	9,853
15,00	0,50	-14,206	8,680	-13,773	8,981	-11,936	8,813	6,904	-2,378	6,685	-2,736
0,00	0,00	-20,215	15,700	-19,797	15,854	-17,902	15,329	20,215	15,700	19,797	15,854
-30,00	-1,00	-32,617	30,101	-32,135	29,875	-29,981	28,504	20,014	15,497	19,645	15,699
-120,00	-4,00	-70,299	73,776	-69,510	72,299	-66,395	68,212	19,885	15,361	19,551	15,596
-300,00	-10,00	-145,902	161,378	-144,444	157,344	-139,315	147,722	19,868	15,341	19,546	15,586
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-184,440	175,748	-180,749	173,775	-170,530	165,989	38,403	49,714	38,991	48,877
120,00	4,00	-97,030	100,321	-95,852	98,977	-91,088	93,137	38,615	49,907	39,149	49,018
30,00	1,00	-53,582	62,865	-53,601	61,775	-51,471	56,806	38,978	50,262	39,425	49,285
0,00	0,00	-39,251	50,537	-39,635	49,493	-38,323	44,755	39,251	50,537	39,635	49,493
-30,00	-1,00	-25,152	38,456	-25,845	37,398	-25,266	32,799	12,549	-23,852	13,355	-23,222
-60,00	-6,00	-11,748	27,145	-12,586	25,880	-12,511	21,154	-13,459	2,062	-12,394	2,472
-120,00	-8,00	-4,873	24,688	-4,643	21,729	-5,914	17,010	-45,541	33,727	-45,316	34,974
-300,00	-10,00	-77,318	108,637	-76,840	103,591	-77,470	94,929	-48,716	-37,400	-48,058	-38,167
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-135,721	58,741	-129,398	62,926	-105,769	62,554	-10,316	-67,293	-12,360	-61,972
240,00	8,00	-157,496	87,798	-151,796	88,874	-128,699	87,731	40,666	-13,029	38,390	-11,044
120,00	4,00	-204,190	139,697	-198,959	142,901	-175,884	139,333	145,775	89,283	142,256	92,942
60,00	2,00	-228,303	167,847	-223,111	170,427	-199,781	165,418	199,096	142,640	194,759	145,447
0,00	0,00	-252,684	196,252	-247,463	198,174	-223,773	191,611	252,684	196,252	247,463	198,174
-30,00	-1,00	-264,942	210,520	-259,699	212,088	-235,802	204,731	252,339	195,916	247,209	197,912
-120,00	-4,00	-301,935	253,520	-296,548	254,004	-271,961	244,184	251,521	195,105	246,589	197,301
-300,00	-10,00	-376,505	340,089	-370,692	338,235	-344,498	323,288	250,471	194,052	245,794	196,477

 Tabelle D.23: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$ $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$ $a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$ $a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$ $a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$ $a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$ $a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$ $a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
$V = +1 \text{ kN/m}$													
N		$\sigma_{0,n}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
300,00	10,00	-146,243	128,201	-142,156	127,045	-132,968	123,174	7,024	9,433	7,175	9,283	7,082	8,463
120,00	4,00	-62,692	56,914	-61,145	56,358	-57,409	54,311	7,004	9,407	7,153	9,253	7,055	8,427
30,00	1,00	-20,975	21,320	-20,684	21,052	-19,650	19,900	7,053	9,443	7,186	9,276	7,061	8,429
0,00	0,00	-7,209	9,579	-7,304	9,378	-7,118	8,476	7,209	9,579	7,304	9,378	7,118	8,476
-10,00	-0,33	-2,831	5,866	-3,006	5,637	-3,026	4,744	-1,128	-1,225	-0,919	-1,138	-0,798	-0,548
-15,00	-0,50	-0,963	4,343	-1,104	4,020	-1,131	3,028	-4,975	2,618	-4,784	2,729	-4,605	3,266
-30,00	-2,00	-2,912	7,421	-2,892	6,769	-3,237	5,760	-8,965	6,501	-8,884	6,729	-8,234	6,829
-300,00	-10,00	-109,512	132,357	-108,650	127,953	-106,397	118,940	-9,256	-6,862	-9,112	-7,028	-8,314	-6,946
$V = -2 \text{ kN/m}$													
N		$\sigma_{0,n}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
300,00	10,00	-125,469	100,218	-120,910	99,494	-111,941	98,027	-13,750	-18,550	-14,071	-18,268	-13,945	-16,684
60,00	2,00	-14,843	5,824	-13,538	5,784	-11,520	6,475	-13,001	17,930	-13,458	17,768	-13,657	16,467
30,00	2,00	-8,686	1,926	-8,041	2,209	-6,057	2,263	-5,236	9,951	-5,457	9,567	-6,532	9,208
15,00	0,50	-13,512	7,774	-13,088	8,103	-11,324	8,066	6,551	-1,836	6,339	-2,215	5,030	-2,330
0,00	0,00	-19,158	14,417	-18,756	14,236	-16,951	14,236	19,158	14,117	18,756	14,608	16,951	14,236
-30,00	-1,00	-30,836	28,115	-30,382	27,935	-28,352	26,740	18,959	14,413	18,606	14,437	16,881	14,151
-120,00	-4,00	-66,340	69,731	-65,617	68,313	-62,730	64,456	18,833	14,043	18,512	14,321	16,846	14,102
-300,00	-10,00	-137,585	153,230	-136,274	149,282	-131,576	140,002	18,817	14,011	18,512	14,301	16,865	14,116
$V = +5 \text{ kN/m}$													
N		$\sigma_{0,n}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
300,00	10,00	-174,327	165,850	-170,783	164,043	-161,140	156,825	35,108	47,082	35,802	46,281	35,254	42,114
120,00	4,00	-91,022	94,781	-89,970	93,525	-85,682	88,046	35,334	47,274	35,978	46,420	35,328	42,162
30,00	1,00	-49,659	59,500	-49,788	58,460	-48,061	53,751	35,737	47,623	36,290	46,684	35,472	42,280
0,00	0,00	-36,043	47,895	-36,521	46,890	-35,590	42,378	36,043	47,895	36,521	46,890	35,590	42,378
-30,00	-1,00	-22,689	36,539	-23,459	35,507	-23,222	31,099	10,812	-22,617	11,683	-22,009	11,751	-18,510
-60,00	-6,00	-10,141	25,981	-11,010	24,719	-11,198	20,140	-13,613	1,863	-12,542	2,277	-11,744	5,037
-120,00	-8,00	-4,422	25,165	-4,235	22,149	-5,499	17,176	-43,085	30,523	-42,870	31,843	-40,385	33,178
-300,00	-10,00	-72,643	105,174	-72,269	100,042	-73,041	91,113	-46,125	-34,045	-45,493	-34,939	-41,670	-34,773
$V = -25 \text{ kN/m}$													
N		$\sigma_{0,n}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
300,00	10,00	-129,901	50,702	-123,595	55,047	-100,700	55,986	-9,318	-68,066	-11,386	-62,715	-25,186	-58,725
240,00	8,00	-150,125	74,921	-144,501	79,280	-122,245	79,652	38,750	-20,093	36,516	-14,930	21,536	-12,117
120,00	4,00	-193,879	126,615	-188,789	130,229	-166,707	128,413	138,191	79,108	134,797	83,124	116,353	82,529
60,00	2,00	-216,539	153,267	-211,517	156,303	-189,245	153,123	188,695	129,513	184,541	132,751	164,068	130,181
0,00	0,00	-239,472	180,213	-234,448	182,602	-211,890	177,946	239,472	180,213	234,448	182,602	211,890	177,946
-30,00	-1,00	-251,012	193,751	-245,970	195,820	-223,233	190,398	239,135	179,829	234,194	182,322	211,762	177,809
-120,00	-4,00	-285,840	234,622	-280,687	235,621	-257,361	227,804	238,333	178,934	233,582	181,629	211,477	177,450
-300,00	-10,00	-356,063	316,967	-350,561	315,705	-325,824	302,913	237,295	177,748	232,799	180,724	211,113	177,027

 Tabelle D.24: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-140,856	122,291	-136,838	121,249	-127,882	117,687	6,544	9,062
120,00	4,00	-60,256	54,323	-58,749	53,816	-55,136	51,910	6,531	9,031
30,00	1,00	-20,017	20,390	-19,747	20,137	-18,787	19,041	6,586	9,067
0,00	0,00	-6,751	9,198	-6,861	9,001	-6,729	8,129	6,751	9,198
-10,00	-0,33	-2,561	5,663	-2,742	5,437	-2,803	4,567	-1,213	-1,186
-15,00	-0,50	-0,821	4,235	-0,957	3,911	-1,008	2,936	-4,840	2,481
-30,00	-2,00	-2,717	7,397	-2,709	6,738	-3,063	5,691	-8,606	6,034
-300,00	-10,00	-104,342	127,911	-103,595	123,556	-101,602	114,636	-8,887	-6,401
$\sigma_{k,K21,vn}$									
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-121,500	95,419	-116,962	94,806	-108,049	93,578	-12,812	-17,810
60,00	2,00	-14,794	5,434	-13,477	5,418	-11,382	6,126	-12,068	17,212
30,00	2,00	-8,470	1,641	-7,823	1,915	-5,873	2,016	-4,961	9,682
15,00	0,50	-13,019	7,131	-12,601	7,479	-10,885	7,533	6,303	-1,470
0,00	0,00	-18,396	13,502	-18,003	13,722	-16,257	13,458	18,396	13,502
-30,00	-1,00	-29,527	26,693	-29,091	26,549	-27,146	25,487	18,204	13,262
-120,00	-4,00	-63,374	66,825	-62,704	65,468	-59,983	61,795	18,082	13,100
-300,00	-10,00	-131,296	147,372	-130,103	143,519	-125,745	134,520	18,067	13,060
$\sigma_{k,K21,v(N)}$									
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-167,064	158,436	-163,669	156,759	-154,488	149,958	32,752	45,207
120,00	4,00	-86,726	90,682	-85,774	89,488	-81,841	84,261	33,001	45,390
30,00	1,00	-46,862	57,050	-47,065	56,042	-45,640	51,505	33,431	45,727
0,00	0,00	-33,755	45,990	-34,304	45,007	-33,646	40,643	33,755	45,990
-30,00	-1,00	-20,938	35,172	-21,762	34,155	-21,766	29,874	9,615	-21,741
-60,00	-6,00	-9,015	25,148	-9,899	23,895	-10,265	19,421	-13,631	1,714
-120,00	-8,00	-3,971	25,392	-3,831	22,365	-5,115	17,273	-41,321	28,333
-300,00	-10,00	-68,944	102,622	-68,677	97,477	-69,617	88,410	-44,285	-31,690
$\sigma_{k,K21,v(N)}$									
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-125,740	45,075	-119,472	49,494	-97,105	51,324	-8,572	-68,154
240,00	8,00	-144,893	67,945	-139,324	72,476	-117,639	73,897	37,443	-22,638
120,00	4,00	-186,512	117,309	-181,500	121,206	-160,074	120,628	132,787	72,017
60,00	2,00	-208,098	142,882	-203,168	146,244	-181,596	144,366	177,141	123,775
0,00	0,00	-229,949	168,773	-225,032	171,519	-203,213	168,228	229,949	168,773
-30,00	-1,00	-240,943	181,801	-236,023	184,222	-214,048	180,190	229,620	168,370
-120,00	-4,00	-274,133	221,133	-269,130	222,523	-246,645	216,174	228,841	167,408
-300,00	-10,00	-341,073	300,465	-335,776	299,626	-312,031	288,417	227,844	166,153
$\sigma_{k,K21,v(N)}$									
$V = +14 \text{ mm}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-13,171	-17,538	-13,171	-17,538	-13,146	-15,996	33,536	44,415
120,00	4,00	-12,550	17,051	-12,550	17,051	-12,857	15,789	33,721	44,550
30,00	1,00	-5,190	9,319	-5,190	9,319	-6,247	8,941	34,052	44,808
0,00	0,00	6,094	-1,862	6,094	-1,862	4,825	-2,054	34,304	45,007
-30,00	-1,00	18,003	13,722	18,003	13,722	16,257	13,458	10,528	-21,142
-60,00	-6,00	17,857	13,536	17,857	13,536	16,189	13,368	-12,570	2,132
-120,00	-8,00	17,766	13,415	17,766	13,415	16,153	13,317	-41,107	29,688
-300,00	-10,00	17,759	13,386	17,759	13,386	16,171	13,325	-43,667	-32,656
$\sigma_{k,K21,v(N)}$									
$V = +16 \text{ mm}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-10,661	-62,850	-10,661	-62,850	-24,090	-58,250	35,218	-17,399
240,00	8,00	129,447	76,268	129,447	76,268	111,596	76,798	177,141	123,775
120,00	4,00	177,141	123,775	177,141	123,775	157,357	122,451	225,032	171,519
60,00	2,00	224,792	171,209	224,792	171,209	203,213	168,228	224,192	170,470
0,00	0,00	224,192	170,470	224,192	170,470	202,815	167,696	224,432	169,493
-30,00	-1,00	202,815	167,696	202,815	167,696	180,071	168,071	202,815	167,696
-120,00	-4,00	202,815	167,696	202,815	167,696	180,071	168,071	202,815	167,696
-300,00	-10,00	202,815	167,696	202,815	167,696	180,071	168,071	202,815	167,696

 Tabelle D.25: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v(N)}$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-136,627	117,542	-132,708	116,612	-123,980	113,319	6,199	8,776	6,373	8,630
120,00	4,00	-58,360	52,259	-56,890	51,795	-53,399	50,006	6,189	8,753	6,356	8,602
30,00	1,00	-19,286	19,664	-19,034	19,421	-18,135	18,367	6,243	8,787	6,401	8,623
0,00	0,00	-6,412	8,913	-6,531	8,718	-6,439	7,864	6,412	8,913	6,531	8,718
-10,00	-0,33	-2,366	5,517	-2,551	5,292	-2,640	4,436	-1,260	1,169	-1,048	-1,081
-15,00	-0,50	-0,724	4,151	-0,856	3,830	-0,921	2,871	-4,714	2,370	-4,543	2,487
-30,00	-2,00	-2,536	7,343	-2,541	6,688	-2,909	5,626	-8,341	5,700	-8,257	5,946
-300,00	-10,00	-100,151	124,372	-99,512	120,091	-97,754	111,333	-8,615	-6,056	-8,470	-6,244
$\sigma_{k,K21,vn}$											
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-118,303	91,504	-113,834	90,997	-105,034	89,987	-12,125	-17,262	-12,501	-16,985
60,00	2,00	-14,687	5,073	-13,376	5,083	-11,252	5,819	-11,399	16,680	-11,891	16,513
30,00	2,00	-8,302	1,448	-7,660	1,712	-5,741	1,842	-4,741	9,429	-4,974	9,086
15,00	0,50	-12,659	6,664	-12,243	7,023	-10,558	7,141	6,138	-1,226	5,926	-1,624
0,00	0,00	-17,025	12,823	-17,436	13,023	-15,728	12,877	17,825	12,823	17,436	13,062
-30,00	-1,00	-28,518	25,619	-28,094	25,504	-26,209	24,542	17,641	12,576	17,296	12,871
-120,00	-4,00	-61,031	64,584	-60,402	63,279	-57,815	59,767	17,525	12,413	17,209	12,745
-300,00	-10,00	-126,275	142,804	-125,190	139,053	-121,116	130,324	17,509	12,376	17,208	12,718
$\sigma_{k,K21,v(N)}$											
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-161,461	152,577	-158,199	151,005	-149,418	144,539	31,033	43,811	31,864	43,023
120,00	4,00	-83,452	87,493	-82,585	86,344	-78,938	81,304	31,281	43,987	32,051	43,151
30,00	1,00	-44,761	55,187	-45,028	54,196	-43,822	49,776	31,718	44,310	32,395	43,398
0,00	0,00	-32,058	44,563	-32,656	43,590	-32,193	39,321	32,058	44,563	32,656	43,590
-30,00	-1,00	-19,660	34,170	-20,516	33,158	-20,689	28,956	8,783	-21,127	9,718	-20,525
-60,00	-6,00	-8,218	24,542	-9,105	23,298	-9,589	18,899	-13,535	1,544	-12,491	1,969
-120,00	-8,00	-3,520	25,397	-3,426	22,394	-4,746	17,277	-39,986	26,774	-39,767	28,140
-300,00	-10,00	-65,837	100,470	-65,688	95,356	-66,810	86,287	-42,929	-29,958	-42,294	-30,979
$\sigma_{k,K21,v(N)}$											
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
300,00	10,00	-122,710	41,088	-116,489	45,525	-94,495	47,942	-7,718	-67,678	-9,846	-62,457
240,00	8,00	-141,095	62,920	-135,561	67,545	-114,247	69,677	36,753	-24,093	34,493	-18,841
120,00	4,00	-181,080	110,486	-176,102	114,560	-155,083	114,863	128,909	66,980	125,568	71,367
60,00	2,00	-201,820	135,215	-196,925	138,796	-175,793	137,849	175,734	113,462	171,658	117,200
0,00	0,00	-222,813	160,291	-217,946	163,278	-196,604	160,964	222,813	160,291	217,946	163,278
-30,00	-1,00	-233,374	172,918	-228,503	175,584	-207,034	172,564	222,497	159,875	217,705	162,951
-120,00	-4,00	-265,263	211,051	-260,334	212,703	-238,400	207,453	221,757	158,880	217,141	162,169
-300,00	-10,00	-329,565	288,002	-324,396	287,504	-301,346	277,520	220,799	157,574	216,414	161,169

 Tabelle D.26: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v(N)}$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 90^\circ$	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.
		$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = +1 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$			
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
400,00	10,00	-143,699	164,729	-138,689	161,519	-128,063	153,991	4,223	6,730	4,266	6,712	4,234	6,397
160,00	4,00	-60,048	69,960	-58,071	68,669	-53,798	65,492	4,258	6,760	4,302	6,746	4,266	6,454
40,00	1,00	-18,244	22,622	-17,782	22,284	-16,676	21,266	4,296	6,822	4,340	6,803	4,293	6,507
0,00	0,00	-4,396	7,030	-4,424	6,976	-4,344	6,615	4,396	7,030	4,424	6,976	4,344	6,615
-13,33	-0,33	-0,264	2,690	-0,344	2,562	-0,449	2,155	-5,003	1,959	-4,816	1,919	-4,471	1,973
-20,00	-0,50	-1,794	3,168	-1,602	2,833	-1,343	2,200	-6,106	3,806	-6,138	3,888	-6,037	3,991
-40,00	-2,00	-9,222	9,771	-8,886	9,202	-8,371	8,146	-6,578	4,177	-6,595	4,240	-6,388	4,237
-400,00	-10,00	-151,238	135,176	-148,040	130,063	-141,043	119,506	-6,761	-4,300	-6,767	-4,360	-6,551	-4,323
		$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = -2 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$			
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
400,00	10,00	-130,933	144,529	-125,765	141,330	-115,237	134,588	-8,543	-13,470	-8,658	-13,477	-8,592	-13,006
80,00	2,00	-19,541	18,443	-18,403	17,772	-16,291	16,742	-8,354	13,157	-8,482	13,189	-8,475	12,777
40,00	2,00	-6,337	3,588	-5,665	3,203	-4,399	2,685	-7,611	12,212	-7,777	12,278	-7,984	12,074
20,00	0,50	-7,014	2,236	-6,897	2,457	-6,258	2,688	0,040	5,664	0,176	5,283	0,067	4,692
0,00	0,00	-14,061	8,793	-13,953	8,847	-13,231	8,689	14,061	8,793	13,953	8,847	13,231	8,689
-40,00	-1,00	-29,539	22,588	-29,167	22,163	-27,827	20,996	13,739	8,640	13,686	8,721	13,068	8,613
-160,00	-4,00	-76,774	64,342	-75,466	62,412	-72,002	58,093	13,574	8,552	13,543	8,643	12,964	8,561
-400,00	-10,00	-171,506	147,976	-168,284	143,014	-160,482	132,351	13,507	8,500	13,477	8,591	12,888	8,522
		$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = +5 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$			
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
400,00	10,00	-160,854	191,932	-156,029	188,664	-145,231	180,003	21,378	33,933	21,606	33,857	21,402	32,409
160,00	4,00	-77,308	97,383	-75,500	96,000	-71,019	91,614	21,518	34,183	21,731	34,077	21,487	32,576
40,00	1,00	-35,702	50,468	-35,373	49,966	-33,994	47,497	21,754	34,668	21,931	34,485	21,611	32,738
0,00	0,00	-21,981	35,150	-22,118	34,881	-21,721	33,076	21,981	35,150	22,118	34,881	21,721	33,076
-40,00	-1,00	-8,679	20,702	-9,191	20,490	-9,636	18,961	-7,121	-6,754	-6,290	-7,048	-5,123	-6,578
-80,00	-6,00	-3,458	12,446	-2,784	11,290	-1,823	8,565	-28,142	15,449	-28,177	15,595	-27,696	16,201
-160,00	-8,00	-30,682	35,129	-29,292	32,765	-27,332	28,472	-32,518	20,661	-32,631	21,004	-31,706	21,060
-400,00	-10,00	-124,578	118,294	-121,359	112,952	-115,318	102,473	-33,421	-21,182	-33,448	-21,471	-32,276	-21,356
		$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = -25 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$			
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
400,00	10,00	-62,230	17,292	-56,449	13,919	-42,826	9,117	-77,246	-140,707	-77,974	-140,888	-81,003	-138,477
320,00	8,00	-69,737	9,317	-66,945	11,614	-57,293	14,480	-41,844	-117,082	-40,593	-112,232	-41,770	-103,595
160,00	4,00	-117,177	56,296	-116,212	58,572	-108,548	60,088	61,387	-6,904	62,443	-3,351	59,016	1,050
80,00	2,00	-145,927	82,842	-144,882	84,378	-136,713	84,230	118,032	51,242	117,997	53,417	111,947	54,711
0,00	0,00	-175,752	109,906	-174,402	110,589	-165,379	108,603	175,752	109,906	174,402	110,589	165,379	108,603
-40,00	-1,00	-190,898	123,548	-189,350	123,779	-179,819	120,841	175,098	109,600	173,869	110,337	165,060	108,458
-160,00	-4,00	-236,888	164,730	-234,633	163,562	-223,410	157,667	173,688	108,940	172,710	109,793	164,362	108,135
-400,00	-10,00	-330,128	247,667	-326,220	243,592	-311,152	231,591	172,129	108,191	171,413	109,169	163,558	107,762

 Tabelle D.27: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 12 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$
$V = +1 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,v}(N)$															
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-132,970	154,115	-128,147	151,096	-118,008	144,089	3,705	6,206	3,774	6,158	3,787	5,931	3,774	6,158	3,787	5,931
160,00	4,00	-55,457	65,408	-53,560	64,199	-49,502	61,251	3,751	6,244	3,811	6,224	3,814	5,988	3,811	6,224	3,814	5,988
40,00	1,00	-16,724	21,100	-16,287	20,788	-15,260	19,855	3,798	6,309	3,850	6,294	3,838	6,039	3,850	6,294	3,838	6,039
0,00	0,00	-3,906	6,519	-3,939	6,473	-3,891	6,148	3,906	6,519	3,939	6,473	3,891	6,148	3,939	6,473	3,891	6,148
-13,33	-0,33	-0,234	2,573	-0,245	2,436	-0,342	2,030	-4,696	1,736	-4,586	1,710	-4,263	1,777	-4,586	1,710	-4,263	1,777
-20,00	-0,50	-1,732	3,138	-1,547	2,806	-1,296	2,170	-5,663	3,325	-5,700	3,413	-5,612	3,541	-5,700	3,413	-5,612	3,541
-40,00	-2,00	-8,709	9,249	-8,388	8,690	-7,890	7,645	-6,082	3,678	-6,106	3,747	-5,926	3,777	-6,106	3,747	-5,926	3,777
-400,00	-10,00	-141,642	125,446	-138,623	120,500	-132,073	110,366	-6,267	-3,819	-6,315	-3,873	-6,085	-3,855	-6,315	-3,873	-6,085	-3,855
$V = -2 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,v}(N)$															
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-121,702	135,440	-116,701	132,413	-106,550	126,083	-7,563	-12,469	-7,672	-12,525	-7,671	-12,075	-7,672	-12,525	-7,671	-12,075
80,00	2,00	-18,498	17,418	-17,380	16,775	-15,291	15,779	-7,355	12,164	-7,495	12,213	-7,553	11,853	-7,495	12,213	-7,553	11,853
40,00	2,00	-6,277	3,465	-5,613	3,095	-4,340	2,592	-6,650	11,326	-6,824	11,399	-7,082	11,224	-6,824	11,399	-7,082	11,224
20,00	0,50	-6,545	1,813	-6,423	2,025	-5,814	2,278	0,082	5,582	0,204	5,222	0,103	4,630	0,204	5,222	0,103	4,630
0,00	0,00	-13,039	7,813	-12,946	7,879	-12,297	7,782	13,039	7,813	12,946	7,879	12,297	7,782	12,946	7,879	12,297	7,782
-40,00	-1,00	-27,503	20,573	-27,167	20,181	-25,948	19,124	12,712	7,647	12,673	7,744	12,132	7,702	12,673	7,744	12,132	7,702
-160,00	-4,00	-71,710	59,255	-70,492	57,410	-67,293	53,341	12,546	7,549	12,517	7,661	12,030	7,653	12,517	7,661	12,030	7,653
-400,00	-10,00	-160,380	136,752	-157,359	131,981	-150,112	121,838	12,471	7,487	12,421	7,608	11,954	7,617	12,421	7,608	11,954	7,617
$V = +5 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,v}(N)$															
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-148,137	179,274	-143,525	176,228	-133,351	168,231	18,872	31,365	19,152	31,290	19,130	30,073	19,152	31,290	19,130	30,073
160,00	4,00	-70,734	90,781	-69,033	89,512	-64,898	85,503	19,028	31,617	19,284	31,537	19,210	30,240	19,284	31,537	19,210	30,240
40,00	1,00	-32,212	46,895	-31,934	46,451	-30,759	44,315	19,286	32,104	19,497	31,957	19,337	30,499	19,497	31,957	19,337	30,499
0,00	0,00	-19,531	32,595	-19,696	32,364	-19,453	30,740	19,531	32,595	19,696	32,364	19,453	30,740	19,696	32,364	19,453	30,740
-40,00	-1,00	-7,316	19,226	-7,824	19,015	-8,354	17,593	-7,475	-6,300	-6,670	-6,578	-5,462	-6,171	-6,670	-6,578	-5,462	-6,171
-80,00	-6,00	-3,352	12,302	-2,694	11,113	-1,760	8,377	-26,230	13,551	-26,294	13,762	-25,872	14,467	-26,294	13,762	-25,872	14,467
-160,00	-8,00	-29,099	33,541	-27,763	31,214	-25,852	26,931	-30,065	18,165	-30,212	18,535	-29,411	18,757	-30,212	18,535	-29,411	18,757
-400,00	-10,00	-117,002	110,561	-113,937	105,365	-108,208	95,169	-30,907	-18,704	-31,001	-19,008	-29,950	-19,052	-31,001	-19,008	-29,950	-19,052
$V = -25 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,v}(N)$															
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-61,507	16,761	-55,564	13,471	-41,886	8,800	-67,758	-131,148	-68,809	-131,467	-72,335	-129,358	-68,809	-131,467	-72,335	-129,358
320,00	8,00	-66,315	6,608	-63,310	8,576	-53,738	11,363	-37,097	-111,719	-36,188	-107,374	-37,639	-99,163	-36,188	-107,374	-37,639	-99,163
160,00	4,00	-108,637	48,342	-107,744	50,644	-100,715	52,672	56,931	-10,822	57,995	-7,331	55,027	-2,591	57,995	-7,331	55,027	-2,591
80,00	2,00	-135,231	72,708	-134,327	74,336	-126,945	74,842	109,378	43,126	109,452	45,348	104,101	47,210	109,452	45,348	104,101	47,210
0,00	0,00	-162,976	97,654	-161,821	98,479	-153,702	97,265	162,976	97,654	161,821	98,479	153,702	97,265	161,821	98,479	153,702	97,265
-40,00	-1,00	-177,095	110,248	-175,765	110,648	-167,193	108,532	162,304	97,322	161,271	98,211	153,377	97,110	161,271	98,211	153,377	97,110
-160,00	-4,00	-220,033	148,306	-218,055	147,372	-207,935	142,457	160,869	96,600	160,080	97,623	152,672	96,769	160,080	97,623	152,672	96,769
-400,00	-10,00	-307,210	225,061	-303,688	221,333	-290,024	210,596	159,301	95,796	158,750	96,960	151,866	96,375	158,750	96,960	151,866	96,375

 Tabelle D.28: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.
		$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = +1 \text{ kN/m}$		$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
400,00	10,00	-125,989	146,507	-121,272	143,630	-111,412	136,997	3,394	5,829	3,472	5,823	3,459	5,610
160,00	4,00	-52,460	62,144	-50,608	60,995	-46,677	58,213	3,422	5,873	3,488	5,872	3,496	5,658
40,00	1,00	-14,719	20,008	-15,298	19,715	-14,321	18,843	2,460	5,940	3,518	5,934	3,526	5,704
0,00	0,00	-3,571	6,147	-3,609	6,107	-3,582	5,809	3,571	6,147	3,609	6,107	3,582	5,809
-13,33	0,00	-0,220	2,488	-0,181	2,343	-0,269	1,936	-4,469	1,599	-4,413	1,584	-4,111	1,662
-20,00	-0,50	-1,681	3,132	-1,502	2,801	-1,259	2,160	-5,353	2,998	-5,388	3,089	-5,310	3,238
-40,00	-2,00	-8,338	8,928	-8,028	8,374	-7,544	7,330	-5,730	3,332	-5,753	3,406	-5,595	3,465
-400,00	-10,00	-134,763	119,145	-131,875	114,301	-125,652	104,395	-5,915	-3,450	-5,932	-3,499	-5,735	-3,558
		$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = -2 \text{ kN/m}$		$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
400,00	10,00	-115,744	128,922	-110,831	126,025	-100,896	119,997	-6,851	-11,756	-6,969	-11,782	-7,057	-11,390
80,00	2,00	-17,856	16,676	-16,748	16,055	-14,660	15,088	-6,663	11,460	-6,812	11,506	-6,931	11,189
40,00	2,00	-6,263	3,362	-5,601	3,004	-4,320	2,517	-5,997	10,706	-6,179	10,777	-6,475	10,622
20,00	0,50	-6,194	1,519	-6,068	1,724	-5,483	1,993	0,064	5,515	0,178	5,166	0,085	4,576
0,00	0,00	-12,295	7,143	-12,214	7,218	-11,619	7,165	12,295	7,143	12,214	7,218	11,619	7,165
-40,00	-1,00	-26,039	19,230	-25,727	18,858	-24,597	17,875	11,971	6,971	11,946	7,078	11,458	7,080
-160,00	-4,00	-68,078	55,915	-66,926	54,123	-63,917	50,204	11,807	6,877	11,803	7,003	11,362	7,023
-400,00	-10,00	-152,406	129,427	-149,532	124,769	-142,685	114,932	11,728	6,832	11,725	6,969	11,298	6,979
		$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = +5 \text{ kN/m}$		$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
400,00	10,00	-139,786	170,194	-135,307	167,313	-125,509	159,792	17,191	29,516	17,507	29,506	17,556	28,405
160,00	4,00	-66,375	86,040	-64,741	84,853	-60,831	81,114	17,337	29,769	17,621	29,730	17,650	28,559
40,00	1,00	-29,858	44,314	-29,614	43,913	-28,581	41,948	17,599	30,246	17,834	30,132	17,786	28,809
0,00	0,00	-17,856	30,735	-18,044	30,534	-17,911	29,046	17,856	30,735	18,044	30,534	17,911	29,046
-40,00	-1,00	-6,367	18,126	-6,873	17,920	-7,465	16,584	-7,701	-5,867	-6,908	-6,140	-5,674	-5,789
-80,00	-6,00	-3,246	12,222	-2,604	11,004	-1,696	8,252	-24,890	12,297	-24,957	12,556	-24,581	13,339
-160,00	-8,00	-27,938	32,600	-26,647	30,286	-24,784	25,984	-28,333	16,438	-28,476	16,834	-27,771	17,197
-400,00	-10,00	-111,561	105,634	-108,615	100,510	-103,121	90,445	-29,117	-16,961	-29,192	-17,290	-28,266	-17,508
		$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = -25 \text{ kN/m}$		$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
400,00	10,00	-61,111	16,228	-55,020	13,020	-41,260	8,482	-61,484	-124,450	-62,780	-124,787	-66,693	-122,905
320,00	8,00	-63,785	4,883	-60,602	6,564	-51,070	9,216	-34,291	-107,659	-33,638	-103,682	-35,292	-95,894
160,00	4,00	-102,316	42,820	-101,499	45,149	-94,965	47,555	53,278	-13,451	54,379	-9,974	51,784	-5,000
80,00	2,00	-127,395	65,731	-126,608	67,433	-119,825	68,415	102,876	37,595	103,048	39,872	98,234	42,138
0,00	0,00	-153,675	89,281	-152,669	90,218	-145,229	89,555	153,675	89,281	152,669	90,218	145,229	89,555
-40,00	-1,00	-167,072	101,189	-165,903	101,714	-158,048	100,181	153,004	88,930	152,122	89,934	144,909	89,386
-160,00	-4,00	-207,847	137,213	-206,073	136,442	-196,769	132,204	151,576	88,175	150,950	89,322	144,214	89,023
-400,00	-10,00	-290,712	209,939	-287,469	206,442	-274,823	196,554	150,034	87,344	149,662	88,642	143,436	88,601

 Tabelle D.29: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	
$V = +1 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400,00	10,00	-121,338	140,847	-116,681	138,085	-106,996	131,746	3,116	5,525	3,216	5,513
160,00	4,00	-50,454	59,719	-48,631	58,617	-44,779	55,963	3,165	5,590	3,245	5,588
40,00	1,00	-15,038	19,197	-14,627	18,919	-13,683	18,093	3,216	5,665	3,281	5,662
0,00	0,00	-3,336	5,869	-3,377	5,834	-3,367	5,557	3,336	5,869	3,377	5,834
-13,33	-0,33	-0,205	2,421	-0,143	2,269	-0,219	1,862	-4,306	1,520	-4,276	1,513
-20,00	-0,50	-1,635	3,135	-1,462	2,804	-1,226	2,159	-5,131	2,776	-5,167	2,869
-40,00	-2,00	-8,056	8,728	-7,755	8,176	-7,286	7,129	-5,476	3,094	-5,502	3,171
-400,00	-10,00	-129,637	114,978	-126,858	110,185	-120,896	100,411	-5,685	-3,244	-5,714	-3,280
$V = -2 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400,00	10,00	-111,817	124,061	-106,954	121,272	-97,130	115,486	-6,405	-11,261	-6,511	-11,300
80,00	2,00	-17,456	16,111	-16,351	15,509	-14,257	14,571	-6,188	10,953	-6,342	11,005
40,00	2,00	-6,269	3,270	-5,607	2,923	-4,319	2,452	-5,553	10,262	-5,740	10,334
20,00	0,50	-5,922	1,308	-5,795	1,508	-5,230	1,787	0,011	5,458	0,122	5,121
0,00	0,00	-11,739	6,672	-11,668	6,754	-11,114	6,734	11,739	6,672	11,668	6,754
-40,00	-1,00	-24,953	18,311	-24,660	17,952	-23,597	17,021	11,421	6,489	11,403	6,606
-160,00	-4,00	-65,382	53,672	-64,281	51,911	-61,420	48,088	11,253	6,383	11,252	6,525
-400,00	-10,00	-146,477	124,534	-143,721	119,943	-137,186	110,296	11,155	6,312	11,149	6,478
$V = +5 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400,00	10,00	-134,179	163,453	-129,776	160,701	-120,219	153,548	15,957	28,131	16,311	28,129
160,00	4,00	-63,414	82,523	-61,823	81,399	-58,064	77,865	16,125	28,394	16,437	28,370
40,00	1,00	-28,227	42,397	-28,010	42,029	-27,079	40,191	16,405	28,865	16,664	28,772
0,00	0,00	-16,679	29,345	-16,884	29,168	-16,834	27,784	16,679	29,345	16,884	29,168
-40,00	-1,00	-5,685	17,283	-6,190	17,085	-6,829	15,819	-7,847	-5,461	-7,067	-5,739
-80,00	-6,00	-3,134	12,166	-2,509	10,923	-1,630	8,157	-23,930	11,478	-24,005	11,770
-160,00	-8,00	-27,038	32,038	-25,789	29,727	-23,977	25,396	-27,091	15,251	-27,240	15,659
-400,00	-10,00	-107,484	102,430	-104,640	97,344	-99,344	87,337	-27,838	-15,792	-27,932	-16,121
$V = -25 \text{ kN/m}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.		Min.	
400,00	10,00	-60,830	15,669	-54,617	12,544	-40,783	8,149	-57,392	-119,653	-58,848	-120,028
320,00	8,00	-61,797	3,908	-58,477	5,196	-48,982	7,690	-32,781	-104,350	-32,295	-100,862
160,00	4,00	-97,528	38,866	-96,765	41,223	-90,634	43,919	50,239	-15,263	51,379	-11,806
80,00	2,00	-121,505	60,782	-120,816	62,551	-114,501	63,897	97,861	33,718	98,123	36,037
0,00	0,00	-146,725	83,395	-145,839	84,421	-138,919	84,172	146,725	83,395	145,839	84,421
-40,00	-1,00	-159,593	94,842	-158,555	95,466	-151,245	94,372	146,061	83,020	145,298	84,120
-160,00	-4,00	-198,789	129,509	-197,169	128,861	-188,485	125,117	144,660	82,220	144,140	83,475
-400,00	-10,00	-278,471	199,560	-275,443	196,226	-263,562	186,934	143,149	81,338	142,871	82,761

 Tabelle D.30: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 110^\circ$	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$	
	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$
$V = +1 \text{ kN/m}$										
$\sigma_{k,K21,vn}$										
N	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	-176,897	177,044	-171,172	174,092	-159,072	167,482	5,146	6,936	5,200	6,956
160,00	-73,872	75,031	-71,615	73,848	-66,754	71,072	5,172	6,988	5,226	6,994
40,00	-22,360	24,062	-21,836	23,764	-20,610	22,876	5,185	7,051	5,239	7,050
0,00	-5,290	7,212	-5,335	7,185	-5,276	6,888	5,290	7,212	5,335	7,185
-13,33	-0,204	2,551	-0,291	2,414	-0,422	2,008	5,466	3,174	-5,280	3,118
-20,00	-1,995	3,750	-1,806	3,367	-1,578	2,676	-6,510	4,838	-6,551	4,932
-40,00	-10,157	12,067	-9,829	11,412	-9,367	10,188	-6,854	5,108	-6,885	5,185
-400,00	-163,109	166,520	-160,081	160,686	-153,885	148,657	-6,999	-5,231	-7,055	-5,286
$\sigma_{k,K21,v}$										
N	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	-161,331	156,163	-155,443	153,138	-143,449	147,115	-10,420	-13,945	-10,529	-13,998
80,00	-24,135	20,314	-22,824	19,658	-20,375	18,733	-10,215	13,708	-10,370	13,769
40,00	-7,499	3,990	-6,735	3,612	-5,352	3,155	-9,676	13,021	-9,862	13,102
20,00	-6,741	2,445	-6,665	2,727	-6,111	3,064	-1,847	6,060	-1,634	5,630
0,00	-14,425	10,579	-14,371	10,670	-13,776	10,553	14,425	10,579	14,371	10,670
-40,00	-31,183	27,603	-30,877	27,145	-29,724	25,883	14,172	10,428	14,163	10,548
-160,00	-82,082	79,061	-80,916	76,858	-77,871	71,961	14,039	10,361	14,062	10,469
-400,00	-184,067	182,086	-181,102	176,415	-174,281	164,280	13,959	10,335	13,966	10,443
$V = +5 \text{ kN/m}$										
$\sigma_{k,K21,vn}$										
N	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	-197,652	205,205	-192,144	202,290	-179,903	194,676	25,901	35,097	26,172	35,154
160,00	-94,627	103,342	-92,621	102,147	-87,711	98,345	25,927	35,299	26,232	35,293
40,00	-43,420	52,665	-43,111	52,301	-41,703	50,298	26,245	35,654	26,514	35,587
0,00	-26,448	36,062	-26,676	35,927	-26,382	34,440	26,448	36,062	26,676	35,927
-40,00	-9,951	20,297	-10,623	20,206	-11,308	18,929	-7,060	-3,122	-6,091	-3,609
-80,00	-3,525	12,872	-2,840	11,469	-1,942	8,465	-30,497	21,478	-30,587	21,725
-160,00	-34,012	43,324	-32,679	40,579	-30,917	35,699	-34,031	25,376	-34,175	25,810
-400,00	-135,446	145,774	-132,330	139,714	-126,906	127,826	-34,662	-25,977	-34,806	-26,258
$\sigma_{k,K21,v}$										
N	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	-64,361	17,627	-57,345	14,201	-42,324	9,710	-107,390	-152,481	-108,627	-152,935
320,00	-65,873	8,019	-63,055	10,710	-53,689	14,480	-71,528	-128,067	-69,723	-122,999
160,00	-116,436	65,765	-116,080	68,781	-109,852	71,457	47,736	-2,278	49,691	1,927
80,00	-147,928	98,709	-147,502	100,877	-140,727	101,620	113,578	64,687	114,308	67,450
0,00	-180,310	132,239	-179,634	133,379	-172,199	131,912	180,310	132,239	179,634	133,379
-40,00	-196,812	149,039	-195,937	149,644	-188,004	147,172	179,801	131,864	179,223	133,047
-160,00	-246,621	200,039	-245,051	199,053	-235,583	193,179	178,578	131,339	178,197	132,664
-400,00	-347,573	302,395	-344,420	298,062	-331,490	285,195	177,465	130,644	177,284	132,090
$V = -25 \text{ kN/m}$										
$\sigma_{k,K21,vn}$										
N	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	-64,361	17,627	-57,345	14,201	-42,324	9,710	-107,390	-152,481	-108,627	-152,935
320,00	-65,873	8,019	-63,055	10,710	-53,689	14,480	-71,528	-128,067	-69,723	-122,999
160,00	-116,436	65,765	-116,080	68,781	-109,852	71,457	47,736	-2,278	49,691	1,927
80,00	-147,928	98,709	-147,502	100,877	-140,727	101,620	113,578	64,687	114,308	67,450
0,00	-180,310	132,239	-179,634	133,379	-172,199	131,912	180,310	132,239	179,634	133,379
-40,00	-196,812	149,039	-195,937	149,644	-188,004	147,172	179,801	131,864	179,223	133,047
-160,00	-246,621	200,039	-245,051	199,053	-235,583	193,179	178,578	131,339	178,197	132,664
-400,00	-347,573	302,395	-344,420	298,062	-331,490	285,195	177,465	130,644	177,284	132,090
$\sigma_{k,K21,v}$										
N	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	-64,361	17,627	-57,345	14,201	-42,324	9,710	-107,390	-152,481	-108,627	-152,935
320,00	-65,873	8,019	-63,055	10,710	-53,689	14,480	-71,528	-128,067	-69,723	-122,999
160,00	-116,436	65,765	-116,080	68,781	-109,852	71,457	47,736	-2,278	49,691	1,927
80,00	-147,928	98,709	-147,502	100,877	-140,727	101,620	113,578	64,687	114,308	67,450
0,00	-180,310	132,239	-179,634	133,379	-172,199	131,912	180,310	132,239	179,634	133,379
-40,00	-196,812	149,039	-195,937	149,644	-188,004	147,172	179,801	131,864	179,223	133,047
-160,00	-246,621	200,039	-245,051	199,053	-235,583	193,179	178,578	131,339	178,197	132,664
-400,00	-347,573	302,395	-344,420	298,062	-331,490	285,195	177,465	130,644	177,284	132,090

 Tabelle D.31: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{oben} = 16 \text{ mm}$			
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	Min.	Max.
$V = +1 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-165,075	165,839	-159,583	163,025	-148,024	156,884	4,656	6,423	4,715	6,428	4,708	6,262
160,00	4,00	-68,847	70,224	-66,685	69,138	-62,057	66,540	4,679	6,458	4,738	6,499	4,731	6,291
40,00	1,00	-20,733	22,477	-20,237	22,208	-19,074	21,396	4,691	6,535	4,750	6,548	4,742	6,334
0,00	0,00	-4,774	6,721	-4,824	6,697	-4,797	6,423	4,774	6,697	4,824	6,697	4,797	6,423
-13,33	-0,33	-0,185	2,486	-0,212	2,322	-0,329	1,914	-5,129	2,861	-5,008	2,830	-4,692	2,863
-20,00	-0,50	-1,911	3,718	-1,731	3,338	-1,513	2,636	-6,060	4,303	-6,099	4,405	-6,018	4,530
-40,00	-2,00	-9,559	11,467	-9,257	10,826	-8,818	9,625	-6,383	4,575	-6,403	4,661	-6,244	4,707
-400,00	-10,00	-152,895	155,685	-150,081	150,075	-144,263	138,533	-6,521	-4,734	-6,516	-4,793	-6,359	-4,783
$V = -2 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-151,008	146,422	-145,321	143,615	-133,787	137,952	-9,411	-12,994	-9,547	-12,982	-9,529	-12,670
80,00	2,00	-22,934	19,118	-21,653	18,513	-19,250	17,635	-9,150	12,765	-9,321	12,806	-9,413	12,489
40,00	2,00	-7,436	3,822	-6,676	3,462	-5,272	3,025	-8,606	12,120	-8,811	12,198	-9,060	12,037
20,00	0,50	-6,342	2,030	-6,253	2,304	-5,708	2,655	-1,679	5,941	-1,490	5,526	-1,458	4,876
0,00	0,00	-13,441	9,548	-13,394	9,648	-12,845	9,593	13,441	9,548	13,394	9,648	12,845	9,593
-40,00	-1,00	-29,111	25,428	-28,835	24,995	-27,785	23,837	13,169	9,386	13,175	9,508	12,723	9,503
-160,00	-4,00	-76,780	73,543	-75,687	71,439	-72,869	66,803	13,014	9,375	13,048	9,492	12,620	9,477
-400,00	-10,00	-172,311	169,771	-169,571	164,337	-163,195	152,769	12,895	9,352	12,974	9,469	12,573	9,453
$V = +5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-183,856	191,950	-178,598	189,218	-167,006	182,172	23,437	32,534	23,730	32,621	23,690	31,550
160,00	4,00	-87,628	96,521	-85,701	95,433	-81,039	91,971	23,460	32,755	23,754	32,794	23,713	31,722
40,00	1,00	-39,709	49,137	-39,445	48,817	-38,227	46,995	23,667	33,195	23,958	33,157	23,895	31,933
0,00	0,00	-23,870	33,604	-24,120	33,485	-23,984	32,113	23,870	33,604	24,120	33,485	23,984	32,113
-40,00	-1,00	-8,576	18,969	-9,233	18,867	-9,996	17,656	-7,366	-2,927	-6,427	-3,380	-5,066	-3,324
-80,00	-6,00	-3,410	12,970	-2,751	11,531	-1,883	8,476	-28,473	19,114	-28,568	19,443	-28,241	20,187
-160,00	-8,00	-32,110	41,517	-30,829	38,831	-29,172	33,884	-31,656	22,651	-31,810	23,116	-31,077	23,442
-400,00	-10,00	-127,118	137,357	-124,217	131,298	-119,185	119,550	-32,298	-23,062	-32,380	-23,570	-31,437	-23,766
$V = -25 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-64,848	17,050	-57,654	13,757	-42,379	9,414	-95,571	-142,366	-97,214	-142,840	-100,937	-141,208
320,00	8,00	-63,648	5,843	-60,482	8,094	-50,847	11,628	-64,687	-121,690	-63,412	-117,184	-63,806	-108,870
160,00	4,00	-108,573	57,637	-108,270	60,644	-102,335	63,775	44,405	-6,129	46,323	-1,995	45,009	3,526
80,00	2,00	-137,703	88,166	-137,373	90,407	-131,242	91,744	105,619	56,283	106,399	59,088	102,579	61,620
0,00	0,00	-168,018	119,349	-167,424	120,598	-160,565	119,918	168,018	119,349	167,424	120,598	160,565	119,918
-40,00	-1,00	-183,332	135,011	-182,567	135,799	-175,363	134,162	167,390	118,969	166,907	120,312	160,301	119,830
-160,00	-4,00	-230,044	182,653	-228,674	181,869	-220,070	176,893	166,278	118,485	166,035	119,922	159,821	119,567
-400,00	-10,00	-324,397	278,001	-321,573	274,010	-309,806	262,356	164,981	117,582	164,976	119,142	159,184	119,040

 Tabelle D.32: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 8 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$ $a_{oben} = 16 \text{ mm}$		
	N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
$V = +1 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vn}$													
400,00	10,00	-157,187	157,823	-151,768	155,273	-140,570	149,479	4,191	6,098	4,362	6,154	4,393	5,937
160,00	4,00	-65,455	66,853	-63,359	65,830	-58,886	63,381	4,257	6,163	4,397	6,182	4,415	5,964
40,00	1,00	-19,632	21,370	-18,154	21,119	-18,044	20,362	4,332	6,198	3,413	6,207	4,426	6,008
0,00	0,00	-4,415	6,371	-4,470	6,352	-4,468	6,100	4,415	6,371	4,470	6,352	4,468	6,100
-13,33	-0,33	-0,175	2,443	-0,162	2,278	-0,265	1,848	-4,883	2,657	-4,809	2,636	-4,520	2,691
-20,00	-0,50	-1,841	3,713	-1,669	3,334	-1,459	2,618	-5,745	3,937	-5,787	3,937	-5,718	4,191
-40,00	-2,00	-9,126	11,107	-8,837	10,463	-8,424	9,256	-6,047	4,193	-6,075	4,278	-5,930	4,362
-400,00	-10,00	-145,552	148,734	-142,897	143,072	-137,515	131,711	-6,173	-4,262	-6,222	-4,334	-6,027	-4,466
$V = -2 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vn}$													
400,00	10,00	-144,507	139,460	-138,779	136,773	-127,282	131,533	-8,489	-12,265	-8,627	-12,346	-8,895	-12,009
80,00	2,00	-22,213	18,252	-20,925	17,675	-18,511	16,847	-8,386	12,093	-8,556	12,149	-8,724	11,861
40,00	2,00	-7,426	3,682	-6,667	3,338	-5,237	2,917	-7,874	11,491	-8,074	11,574	-8,381	11,437
20,00	0,50	-6,059	1,738	-5,928	2,002	-5,423	2,365	-1,591	5,848	-1,442	5,454	-1,386	4,812
0,00	0,00	-12,741	8,831	-12,704	8,941	-12,200	8,936	12,741	8,831	12,704	8,941	12,200	8,936
-40,00	-1,00	-27,643	23,988	-27,385	23,572	-26,408	22,473	12,471	8,688	12,473	8,831	12,054	8,855
-160,00	-4,00	-73,060	69,812	-72,030	67,777	-69,375	63,315	12,370	8,614	12,382	8,815	11,958	8,844
-400,00	-10,00	-164,030	161,467	-161,473	156,187	-155,461	145,000	12,305	8,471	12,354	8,781	11,919	8,823
$V = +5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vn}$													
400,00	10,00	-174,529	182,649	-169,442	180,075	-158,288	173,436	21,533	30,924	22,036	30,956	22,111	29,894
160,00	4,00	-82,882	91,747	-81,033	90,740	-76,604	87,484	21,684	31,057	22,071	31,092	22,133	30,067
40,00	1,00	-37,157	46,636	-36,925	46,348	-35,840	44,654	21,857	31,464	22,184	31,436	22,222	30,300
0,00	0,00	-22,077	31,853	-22,352	31,760	-22,340	30,500	22,077	31,853	22,352	31,760	22,340	30,500
-40,00	-1,00	-7,600	18,029	-8,252	17,911	-9,720	16,752	-7,573	-2,729	-6,660	-3,170	-4,634	-3,134
-80,00	-6,00	-3,287	13,075	-2,656	11,607	-1,823	8,508	-27,058	17,524	-27,168	17,874	-26,885	18,727
-160,00	-8,00	-30,731	40,400	-29,511	37,725	-27,898	32,759	-29,959	20,798	-30,137	21,237	-29,519	21,712
-400,00	-10,00	-121,217	131,827	-118,507	125,899	-113,641	114,156	-30,508	-21,169	-30,612	-21,507	-29,901	-22,021
$V = -25 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vn}$													
400,00	10,00	-65,375	16,435	-58,034	13,277	-42,541	9,116	-87,621	-135,290	-89,372	-135,842	-93,636	-134,426
320,00	8,00	-62,145	4,450	-58,694	6,349	-48,839	9,640	-60,252	-116,930	-59,231	-112,946	-60,103	-105,194
160,00	4,00	-103,066	51,900	-102,743	54,911	-97,051	58,390	41,868	-8,790	43,781	-4,737	42,580	0,973
80,00	2,00	-130,600	80,808	-130,304	83,104	-124,477	84,870	100,001	50,463	100,823	53,280	97,242	56,162
0,00	0,00	-159,266	110,387	-158,799	111,759	-152,502	111,700	159,266	110,387	158,799	111,759	152,502	111,700
-40,00	-1,00	-173,957	125,400	-173,305	126,316	-166,566	125,200	158,785	110,100	158,393	111,575	152,212	111,582
-160,00	-4,00	-218,278	170,688	-217,050	170,049	-209,063	165,699	157,588	109,490	157,402	111,087	151,646	111,228
-400,00	-10,00	-307,932	261,665	-305,354	257,816	-294,422	246,879	156,207	108,669	156,235	110,410	150,880	110,702

 Tabelle D.33: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 110^\circ$	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$	
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
		$\sigma_{k,K21,v} (N)$									
$V = +1 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-152,034	151,936	-146,625	149,440	-135,362	143,921	3,973	5,857	4,042	5,855
160,00	4,00	-63,217	64,316	-61,096	63,331	-56,669	61,041	3,993	5,884	4,063	5,897
40,00	1,00	-18,856	20,560	-18,393	20,323	-17,323	19,602	4,050	5,952	4,135	5,965
0,00	0,00	-4,163	6,122	-4,222	6,103	-4,235	5,862	4,163	6,122	4,222	6,103
-13,33	-0,33	-0,164	2,410	-0,145	2,237	-0,220	1,799	-4,705	2,525	-4,641	2,516
-20,00	-0,50	-1,776	3,714	-1,612	3,335	-1,414	2,614	-5,528	3,689	-5,567	3,794
-40,00	-2,00	-8,799	10,862	-8,520	10,226	-8,121	9,006	-5,809	3,944	-5,839	4,032
-400,00	-10,00	-140,133	144,020	-137,640	138,473	-132,425	127,071	-5,946	-4,041	-5,945	-4,110
		$\sigma_{k,K21,v} (N)$									
$V = -2 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-140,014	134,231	-134,397	131,740	-122,955	126,691	-8,047	-11,848	-8,186	-11,845
80,00	2,00	-21,723	17,597	-20,452	17,040	-18,012	16,242	-7,889	11,619	-8,065	11,677
40,00	2,00	-7,427	3,553	-6,670	3,224	-5,228	2,828	-7,379	11,055	-7,588	11,135
20,00	0,50	-5,852	1,527	-5,744	1,783	-5,213	2,153	-1,551	5,777	-1,385	5,396
0,00	0,00	-12,244	8,325	-12,207	8,445	-11,723	8,470	12,244	8,325	12,207	8,445
-40,00	-1,00	-26,571	22,975	-26,336	22,576	-25,413	21,531	11,963	8,169	11,978	8,318
-160,00	-4,00	-70,248	67,224	-69,287	65,206	-66,830	60,876	11,816	8,000	11,853	8,173
-400,00	-10,00	-157,838	156,040	-155,357	150,701	-149,709	139,568	11,759	7,979	11,772	8,118
		$\sigma_{k,K21,v} (N)$									
$V = +5 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-168,060	175,618	-163,014	173,218	-152,191	167,074	19,999	29,539	20,431	29,633
160,00	4,00	-79,542	88,248	-77,755	87,292	-73,499	84,195	20,318	29,816	20,722	29,858
40,00	1,00	-35,344	44,788	-35,138	44,523	-34,154	42,923	20,538	30,180	20,880	30,165
0,00	0,00	-20,813	30,610	-21,112	30,517	-21,174	29,308	20,813	30,610	21,112	30,517
-40,00	-1,00	-6,895	17,349	-7,543	17,227	-8,403	16,083	-7,713	-2,543	-6,816	-2,969
-80,00	-6,00	-3,156	13,154	-2,547	11,666	-1,756	8,537	-26,060	16,458	-26,170	16,851
-160,00	-8,00	-29,630	39,687	-28,471	37,019	-26,937	32,039	-28,802	19,537	-28,963	20,014
-400,00	-10,00	-116,632	127,994	-114,082	122,170	-109,586	110,608	-29,447	-20,067	-29,503	-20,413
		$\sigma_{k,K21,v} (N)$									
$V = -25 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-65,771	15,782	-58,329	12,735	-42,686	8,778	-82,290	-130,297	-84,254	-130,850
320,00	8,00	-61,036	3,557	-57,372	5,172	-47,357	8,212	-57,413	-113,306	-56,694	-109,696
160,00	4,00	-99,071	47,755	-98,658	50,775	-93,239	54,525	39,847	-10,677	41,625	-6,659
80,00	2,00	-125,419	75,543	-125,114	77,886	-119,640	79,961	95,807	46,327	96,597	49,169
0,00	0,00	-153,050	104,604	-152,586	105,560	-146,541	105,872	153,050	104,604	152,586	105,560
-40,00	-1,00	-167,061	118,594	-166,467	119,585	-160,116	118,846	152,453	103,788	152,109	105,327
-160,00	-4,00	-209,631	162,185	-208,491	161,658	-200,938	157,767	151,199	102,961	151,057	104,625
-400,00	-10,00	-296,020	250,340	-293,615	246,676	-283,279	236,344	149,941	102,279	150,030	104,093
		$\sigma_{k,K21,v} (N)$									
$V = -25 \text{ kN/m}$		$\sigma_{k,K21,vn}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$		$\sigma_{k,K21,v}$	
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-88,534	-129,424	-88,534	-129,424	-88,534	-129,424	-88,534	-129,424	-88,534	-129,424
320,00	8,00	-57,619	-102,350	-57,619	-102,350	-57,619	-102,350	-57,619	-102,350	-57,619	-102,350
160,00	4,00	40,751	-0,756	40,751	-0,756	40,751	-0,756	40,751	-0,756	40,751	-0,756
80,00	2,00	93,396	52,321	93,396	52,321	93,396	52,321	93,396	52,321	93,396	52,321
0,00	0,00	146,541	105,872	146,541	105,872	146,541	105,872	146,541	105,872	146,541	105,872
-40,00	-1,00	146,296	105,274	146,296	105,274	146,296	105,274	146,296	105,274	146,296	105,274
-160,00	-4,00	145,657	105,729	145,657	105,729	145,657	105,729	145,657	105,729	145,657	105,729
-400,00	-10,00	145,077	105,124	145,077	105,124	145,077	105,124	145,077	105,124	145,077	105,124

 Tabelle D.34: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

$\alpha = 130^\circ$	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$				
	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$			
$V = +1 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vn}$													
N	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.			
400,00	10,00	-197,791	179,243	-191,695	177,137	-179,176	172,681	5,832	7,308	5,924	7,331	5,958	7,125
160,00	4,00	-82,617	76,088	-80,230	75,254	-75,244	73,343	5,833	7,314	5,922	7,332	5,957	7,121
40,00	1,00	-25,052	24,540	-24,520	24,337	-23,286	23,692	5,856	7,347	5,943	7,356	5,964	7,136
0,00	0,00	-5,960	7,483	-6,028	7,469	-6,014	7,199	5,960	7,483	6,028	7,469	6,014	7,199
-13,33	-0,33	-0,297	2,700	-0,864	2,548	-0,560	2,103	-5,434	3,699	-4,796	3,644	-4,959	3,671
-20,00	-0,50	-1,718	4,162	-1,565	3,735	-1,434	2,957	-6,879	5,436	-6,925	5,554	-6,844	5,704
-40,00	-2,00	-10,003	13,466	-9,760	12,745	-9,503	11,425	-7,191	5,730	-7,221	5,832	-7,053	5,897
-400,00	-10,00	-164,654	186,160	-162,512	179,876	-158,460	167,288	-7,281	-5,799	-7,294	-5,895	-7,096	-5,930
$V = -2 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.			
400,00	10,00	-180,358	157,380	-173,987	155,218	-161,354	151,363	-11,601	-14,555	-11,784	-14,588	-11,864	-14,193
80,00	2,00	-26,933	20,006	-25,489	19,520	-22,850	19,005	-11,459	14,381	-11,665	14,441	-11,794	14,106
40,00	2,00	-8,325	3,437	-7,470	3,131	-5,913	2,868	-10,871	13,757	-11,107	13,850	-11,409	13,688
20,00	0,50	-7,088	2,855	-7,010	3,188	-6,432	3,603	-2,510	5,742	-2,279	5,302	-2,229	4,675
0,00	0,00	-14,967	11,920	-14,938	12,029	-14,399	12,029	14,967	11,920	14,938	12,057	14,399	12,029
-40,00	-1,00	-31,944	30,953	-31,741	30,500	-30,854	29,275	14,751	11,757	14,760	11,923	14,298	11,953
-160,00	-4,00	-83,425	88,464	-82,602	86,166	-80,475	81,205	14,651	11,680	14,680	11,858	14,253	11,918
-400,00	-10,00	-186,557	203,623	-184,467	197,612	-179,798	185,131	14,622	11,664	14,661	11,841	14,242	11,913
$V = +5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.			
400,00	10,00	-221,160	208,562	-215,416	206,506	-203,011	201,188	29,201	36,627	29,645	36,700	29,793	35,632
160,00	4,00	-106,097	105,547	-104,047	104,738	-99,129	101,923	29,313	36,773	29,739	36,816	29,842	35,701
40,00	1,00	-48,747	54,278	-48,516	54,055	-47,279	52,402	29,351	37,085	29,939	37,074	29,957	35,846
0,00	0,00	-29,798	37,416	-30,141	37,344	-30,073	35,997	29,798	37,416	30,141	37,344	30,073	35,997
-40,00	-1,00	-11,394	21,292	-12,196	21,209	-13,105	19,909	-5,800	-2,096	-4,785	-2,632	-3,451	-2,587
-80,00	-6,00	-2,191	13,987	-2,430	12,402	-1,106	9,012	-32,196	24,405	-31,531	24,752	-32,005	25,632
-160,00	-8,00	-33,051	48,328	-32,023	45,319	-31,088	39,911	-35,723	28,456	-35,899	28,989	-35,134	29,376
-400,00	-10,00	-135,671	163,061	-133,431	156,391	-130,126	143,597	-36,264	-28,898	-36,375	-29,380	-35,430	-29,621
$V = -25 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.			
400,00	10,00	-69,935	10,954	-62,012	12,151	-45,059	5,529	-122,024	-160,981	-123,759	-157,655	-128,159	-160,027
320,00	8,00	-69,574	10,798	-66,471	23,488	-56,322	18,420	-83,993	-126,750	-82,146	-112,357	-82,252	-114,025
160,00	4,00	-121,838	74,823	-121,605	78,497	-115,323	82,263	45,054	6,049	47,297	10,575	46,036	16,041
80,00	2,00	-153,992	111,559	-153,800	114,333	-147,457	116,165	115,600	77,172	116,646	80,372	112,813	83,054
0,00	0,00	-187,085	148,995	-186,725	150,709	-179,991	150,368	187,085	148,995	186,725	150,709	179,991	150,368
-40,00	-1,00	-203,814	167,838	-203,329	169,005	-196,335	167,535	186,621	148,642	186,348	150,428	179,779	150,213
-160,00	-4,00	-254,429	224,711	-253,840	224,145	-245,560	219,156	185,655	147,927	185,918	149,837	179,338	149,869
-400,00	-10,00	-356,563	339,121	-354,525	334,972	-344,415	322,718	184,628	147,162	184,719	149,201	178,859	149,500

 Tabelle D.35: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$		$a_{unten} = 12 \text{ mm}$	
	t_{Steg}	a_{oben}	a_{oben}	a_{oben}	a_{oben}	a_{oben}	a_{oben}	a_{oben}	a_{oben}	a_{oben}	a_{oben}	a_{oben}
	$\sigma_{k,K21,vn}$											
$V = +1 \text{ kN/m}$	N		$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
400,00	10,00	10,00	-186,724	167,447	-180,729	165,549	-168,439	161,539	5,299	6,826	5,410	6,843
160,00	4,00	4,00	-77,879	71,079	-75,535	70,326	-70,656	68,610	5,309	6,831	5,407	6,844
40,00	1,00	1,00	-23,478	22,923	-22,962	22,743	-21,780	22,159	5,336	6,861	5,430	6,872
0,00	0,00	0,00	-5,453	7,001	-5,526	6,988	-5,540	6,736	5,453	7,001	5,526	6,988
-13,33	-0,33	-0,33	-0,237	2,676	-0,326	2,502	-0,472	2,032	-5,117	3,372	-4,964	3,342
-20,00	-0,50	-0,50	-1,621	4,173	-1,478	3,744	-1,356	2,942	-6,410	4,898	-6,457	5,022
-40,00	-2,00	-2,00	-9,356	12,943	-9,132	12,223	-8,900	10,887	-6,706	5,200	-6,739	5,309
-400,00	-10,00	-10,00	-153,827	176,151	-151,889	169,945	-148,251	157,516	-6,794	-5,274	-6,817	-5,374
	$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = -2 \text{ kN/m}$	N		$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
400,00	10,00	10,00	-170,878	147,038	-164,578	145,078	-152,067	141,618	-10,547	-13,583	-10,741	-13,628
80,00	2,00	2,00	-25,886	18,712	-24,445	18,265	-21,774	17,800	-10,399	13,412	-10,619	13,476
40,00	2,00	2,00	-8,346	3,241	-7,487	2,956	-5,884	2,712	-9,797	12,821	-10,045	12,915
20,00	0,50	0,50	-6,744	2,449	-6,645	2,769	-6,060	3,200	-2,327	5,582	-2,121	5,166
0,00	0,00	0,00	-14,003	10,907	-13,977	11,053	-13,473	11,080	14,003	10,907	13,977	11,053
-40,00	-1,00	-1,00	-29,842	28,865	-29,665	28,432	-28,858	27,288	13,780	10,723	13,794	10,900
-160,00	-4,00	-4,00	-77,930	83,208	-77,192	80,959	-75,275	76,135	13,682	10,638	13,710	10,831
-400,00	-10,00	-10,00	-174,278	192,036	-172,392	186,134	-168,197	173,905	13,657	10,611	13,686	10,815
	$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = +5 \text{ kN/m}$	N		$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
400,00	10,00	10,00	-208,019	194,823	-202,398	192,979	-190,338	188,186	26,594	34,202	27,079	34,273
160,00	4,00	4,00	-99,289	98,595	-97,310	97,881	-92,624	95,328	26,719	34,347	27,182	34,399
40,00	1,00	1,00	-45,130	50,728	-44,935	50,534	-43,865	49,015	26,988	34,666	27,403	34,663
0,00	0,00	0,00	-27,268	35,008	-27,632	34,942	-27,700	33,683	27,268	35,008	27,632	34,942
-40,00	-1,00	-1,00	-10,033	20,084	-10,822	19,969	-11,808	18,688	-6,029	-1,942	-5,049	-2,437
-80,00	-6,00	-6,00	-2,092	14,322	-1,606	12,689	-1,067	9,197	-30,032	21,963	-30,135	22,375
-160,00	-8,00	-8,00	-30,938	46,779	-29,990	43,768	-29,140	38,259	-33,310	25,791	-33,492	26,360
-400,00	-10,00	-10,00	-126,788	155,149	-124,743	148,536	-121,776	135,771	-33,833	-26,276	-33,963	-26,783
	$\sigma_{k,K21,v}(N)$											
$V = -25 \text{ kN/m}$	N		$\sigma_{0,n}$		Min.		Max.		Min.		Max.	
400,00	10,00	10,00	-71,612	10,462	-63,443	8,029	-45,986	5,337	-109,813	-150,159	-111,876	-150,677
320,00	8,00	8,00	-68,309	8,668	-64,698	11,430	-54,024	15,701	-76,831	-119,829	-75,557	-115,535
160,00	4,00	4,00	-11,4,523	66,757	-114,189	70,432	-108,097	74,662	41,953	2,509	44,061	6,950
80,00	2,00	2,00	-144,275	101,153	-144,058	103,987	-138,044	106,409	107,990	69,029	108,994	72,246
0,00	0,00	0,00	-175,044	136,344	-174,711	138,164	-168,417	138,504	175,044	136,344	174,711	138,164
-40,00	-1,00	-1,00	-190,623	154,092	-190,190	155,382	-183,685	154,615	174,561	135,950	174,319	137,850
-160,00	-4,00	-4,00	-237,812	207,705	-236,988	207,305	-229,695	203,116	173,564	135,135	173,506	137,177
-400,00	-10,00	-10,00	-333,133	315,680	-331,345	311,777	-322,133	300,484	172,512	134,255	172,639	136,458

 Tabelle D.36: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 12 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$	$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$		$a_{unten} = 14 \text{ mm}$				
	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 14 \text{ mm}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	$a_{oben} = 14 \text{ mm}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$			
$V = +1 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vn}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Max.			
400,00	10,00	-178,968	158,550	-173,035	156,824	-160,875	153,177	4,931	6,464	5,028	6,488	5,123	6,313
160,00	4,00	-74,545	67,306	-72,229	66,623	-67,420	65,059	4,930	6,472	5,026	6,489	5,119	6,313
40,00	1,00	-22,360	21,713	-21,854	21,550	-20,708	21,014	4,956	6,504	5,053	6,516	5,133	6,328
0,00	0,00	-5,083	6,646	-5,160	6,633	-5,195	6,393	5,160	6,646	5,160	6,633	5,195	6,393
-13,33	-0,33	-0,273	2,663	-0,422	2,473	-0,408	1,984	4,797	3,138	-4,589	3,127	-4,487	3,208
-20,00	-0,50	-1,536	4,194	-1,403	3,763	-1,291	2,943	-6,068	4,508	-6,114	4,637	-6,052	4,845
-40,00	-2,00	-8,857	12,594	-8,650	11,874	-8,441	10,523	-6,352	4,810	-6,384	4,927	-6,245	5,052
-400,00	-10,00	-145,650	168,152	-143,877	163,000	-140,575	150,656	-6,436	-5,885	-6,459	-5,007	-6,289	-5,096
$V = -2 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-164,263	139,212	-158,009	137,427	-145,568	134,285	-9,774	-12,874	-9,998	-12,909	-10,184	-12,579
80,00	2,00	-25,188	17,714	-23,747	17,300	-21,045	16,882	-9,619	12,703	-9,854	12,767	-10,105	12,491
40,00	2,00	-8,389	3,073	-7,527	2,806	-5,887	2,581	-9,015	12,136	-9,274	12,228	-9,688	12,105
20,00	0,50	-6,495	2,150	-6,380	2,459	-5,788	2,902	-2,207	5,454	-2,020	5,058	-2,000	4,441
0,00	0,00	-13,291	10,167	-13,266	10,320	-12,787	10,390	13,291	10,167	13,291	10,320	12,787	10,390
-40,00	-1,00	-28,275	27,370	-28,115	26,953	-27,368	25,868	13,066	9,966	13,081	10,152	12,682	10,293
-160,00	-4,00	-73,800	79,488	-73,132	77,277	-71,381	72,550	12,966	9,873	12,998	10,074	12,635	10,249
-400,00	-10,00	-165,024	183,897	-163,310	178,060	-159,488	165,992	12,938	9,860	12,974	10,053	12,624	10,240
$V = +5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}(N)$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-197,719	184,501	-193,191	182,831	-181,374	178,452	23,682	32,415	25,184	32,495	25,622	31,588
160,00	4,00	-94,433	93,395	-92,503	92,751	-87,986	90,402	24,818	32,561	25,300	32,617	25,685	31,656
40,00	1,00	-42,513	48,089	-42,347	47,915	-41,404	46,495	25,109	32,880	25,546	32,881	25,829	31,809
0,00	0,00	-25,418	33,228	-25,800	33,165	-25,975	31,967	25,418	33,228	25,800	33,165	25,975	31,967
-40,00	-1,00	-9,025	19,200	-9,806	19,062	-10,850	17,791	-6,184	-1,796	-5,228	-2,261	-3,836	-2,216
-80,00	-6,00	-1,984	14,593	-2,065	12,924	-1,022	9,360	-28,433	20,214	-28,002	20,677	-28,351	21,790
-160,00	-8,00	-29,291	45,781	-28,410	42,763	-27,645	37,165	-31,543	23,834	-31,724	24,440	-31,101	25,136
-400,00	-10,00	-120,028	149,703	-118,154	143,107	-115,475	130,329	-32,058	-24,334	-32,182	-24,900	-31,389	-25,423
$V = -25 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}(N)$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-72,964	9,922	-64,621	10,323	-46,802	5,111	-101,073	-142,164	-103,386	-140,013	-108,950	-141,753
320,00	8,00	-67,494	7,208	-63,504	10,770	-52,408	13,720	-71,736	-114,461	-70,902	-109,499	-72,194	-103,771
160,00	4,00	-109,158	60,796	-108,746	64,470	-102,776	69,068	39,543	-0,038	41,543	4,336	40,475	10,322
80,00	2,00	-137,117	93,497	-136,875	96,390	-131,086	99,278	102,310	63,080	103,274	66,323	99,936	69,905
0,00	0,00	-166,415	127,090	-165,827	129,002	-159,840	129,875	166,415	127,090	165,827	129,002	159,840	129,875
-40,00	-1,00	-180,862	144,071	-180,464	145,461	-174,306	145,244	165,653	126,667	165,430	128,660	159,620	129,669
-160,00	-4,00	-225,478	195,382	-224,740	195,120	-217,897	191,540	164,644	125,767	164,606	127,917	159,151	129,239
-400,00	-10,00	-315,665	298,846	-314,065	295,117	-305,518	284,522	163,579	124,809	163,729	127,110	158,654	128,770

 Tabelle D.37: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 14 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

$\alpha = 130^\circ$	$t_{Steg} = 40 \text{ mm}$	$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$			
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.
$V = +1 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-173,229	151,542	-167,356	149,962	-155,330	146,627	4,645	6,200	4,738	6,216	4,855	6,049
160,00	4,00	-72,074	64,338	-69,790	63,718	-65,042	62,281	4,640	6,201	4,743	6,220	4,852	6,050
40,00	1,00	-21,527	20,767	-21,032	20,620	-19,916	20,122	4,669	6,233	4,770	6,245	4,869	6,064
0,00	0,00	-4,804	6,374	-4,885	6,362	-4,936	6,130	4,804	6,374	4,885	6,362	4,936	6,130
-13,33	-0,33	-0,177	2,654	-0,236	2,453	-0,362	1,950	-4,668	2,965	-4,556	2,968	-4,324	3,066
-20,00	-0,50	-1,459	4,212	-1,334	3,781	-1,233	2,950	-5,808	4,217	-5,853	4,350	-5,796	4,574
-40,00	-2,00	-8,451	12,342	-8,261	11,624	-8,075	10,262	-6,083	4,516	-6,114	4,638	-5,983	4,786
-400,00	-10,00	-139,176	163,984	-137,558	157,897	-134,554	145,641	-6,166	-4,600	-6,188	-4,721	-6,024	-4,834
$V = -2 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-159,391	133,013	-153,187	131,374	-140,808	128,528	-9,193	-12,329	-9,431	-12,372	-9,667	-12,050
80,00	2,00	-24,684	16,902	-23,248	16,521	-20,524	16,149	-9,033	12,166	-9,276	12,228	-9,571	11,967
40,00	2,00	-8,424	2,918	-7,562	2,668	-5,899	2,466	-8,434	11,616	-8,700	11,707	-9,149	11,592
20,00	0,50	-6,310	1,927	-6,182	2,226	-5,584	2,676	-2,119	5,340	-1,949	4,961	-1,940	4,353
0,00	0,00	-12,748	9,609	-12,724	9,770	-12,261	9,872	12,748	9,609	12,724	9,770	12,261	9,872
-40,00	-1,00	-27,058	26,252	-26,913	25,850	-26,214	24,814	12,524	9,394	12,538	9,588	12,156	9,767
-160,00	-4,00	-70,563	76,737	-69,954	74,556	-68,339	69,906	12,426	9,303	12,456	9,509	12,108	9,716
-400,00	-10,00	-157,739	177,867	-156,184	172,094	-152,676	160,179	12,397	9,283	12,438	9,476	12,098	9,704
$V = +5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-191,841	176,408	-186,389	174,885	-174,765	170,847	23,257	31,066	23,771	31,139	24,290	30,269
160,00	4,00	-90,819	89,343	-88,935	88,759	-84,554	86,573	23,385	31,206	23,888	31,261	24,364	30,342
40,00	1,00	-40,553	46,057	-40,412	45,899	-39,569	44,550	23,695	31,523	24,150	31,524	24,522	30,492
0,00	0,00	-24,022	31,871	-24,424	31,809	-24,679	30,653	24,022	31,871	24,424	31,809	24,679	30,653
-40,00	-1,00	-8,264	18,538	-9,038	18,380	-10,125	17,113	-6,270	-1,680	-5,337	-2,118	-3,933	-2,066
-80,00	-6,00	-1,866	14,789	-1,437	13,100	-0,970	9,491	-27,202	18,928	-27,312	19,424	-27,146	20,604
-160,00	-8,00	-27,931	45,070	-27,116	42,059	-26,439	36,397	-30,206	22,364	-30,382	22,988	-29,792	23,793
-400,00	-10,00	-114,635	145,706	-112,919	139,155	-110,501	126,370	-30,707	-22,878	-30,827	-23,463	-30,077	-24,105
$V = -25 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
N	$\sigma_{0,n}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
400,00	10,00	-73,943	9,328	-65,499	7,187	-47,456	4,848	-94,641	-136,014	-97,119	-136,559	-103,019	-135,730
320,00	8,00	-66,902	6,203	-62,638	8,392	-51,235	12,264	-67,965	-110,071	-67,456	-106,605	-69,145	-100,198
160,00	4,00	-105,199	56,287	-104,642	59,964	-98,739	64,847	37,765	-1,850	39,595	2,466	38,549	8,616
80,00	2,00	-131,691	87,709	-131,420	90,658	-125,777	93,914	97,974	58,641	98,896	61,909	95,682	65,798
0,00	0,00	-159,356	120,115	-159,048	122,121	-153,268	123,398	159,356	120,115	159,048	122,121	153,268	123,398
-40,00	-1,00	-173,397	136,517	-173,020	137,995	-167,100	138,231	158,863	119,659	158,645	121,733	153,042	123,184
-160,00	-4,00	-215,992	186,132	-215,320	185,991	-208,809	182,914	157,855	118,698	157,822	120,944	152,578	122,724
-400,00	-10,00	-302,141	286,263	-300,694	282,704	-292,655	272,690	156,799	117,679	156,948	120,086	152,077	122,215

 Tabelle D.38: $\sigma_{k,K21,vn}$, $\sigma_{k,K21,v}(N)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

90°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
20 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +1 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 5,55 \text{ N/mm}^2$											
200,00	2,529	2,363	1,833	2,470	2,307	1,788	2,431	2,270	1,758	2,398	2,238	1,730
80,00	2,534	2,367	1,835	2,470	2,307	1,788	2,435	2,272	1,758	2,401	2,239	1,730
20,00	2,544	2,374	1,837	2,478	2,312	1,790	2,437	2,273	1,758	2,408	2,244	1,732
0,00	2,555	2,382	1,841	2,487	2,319	1,793	2,443	2,277	1,759	2,412	2,247	1,734
-6,67	1,620	1,477	1,028	1,584	1,445	1,008	1,564	1,426	0,994	1,552	1,415	0,973
-10,00	1,157	1,030	0,626	1,138	1,013	0,619	1,129	1,006	0,615	1,127	1,002	0,595
-20,00	1,063	1,031	1,022	1,071	1,035	1,013	1,065	1,028	1,000	1,052	1,015	0,984
-200,00	2,520	2,357	1,831	2,469	2,307	1,788	2,421	2,262	1,752	2,387	2,227	1,725
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -2 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 11,10 \text{ N/mm}^2$											
200,00	2,518	2,354	1,829	2,459	2,301	1,788	2,414	2,256	1,751	2,387	2,227	1,724
40,00	1,063	1,031	1,022	1,071	1,035	1,013	1,065	1,028	1,000	1,052	1,015	0,984
20,00	1,157	1,030	0,626	1,138	1,013	0,619	1,129	1,006	0,615	1,127	1,002	0,613
10,00	1,855	1,705	1,233	1,811	1,665	1,205	1,785	1,640	1,187	1,769	1,624	1,173
0,00	2,555	2,382	1,841	2,487	2,319	1,793	2,443	2,277	1,759	2,412	2,247	1,734
-20,00	2,547	2,377	1,839	2,481	2,314	1,791	2,439	2,274	1,758	2,409	2,245	1,733
-80,00	2,538	2,369	1,836	2,473	2,309	1,788	2,436	2,272	1,758	2,406	2,242	1,731
-200,00	2,533	2,367	1,835	2,470	2,307	1,788	2,434	2,272	1,758	2,399	2,238	1,730
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +5 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 27,76 \text{ N/mm}^2$											
200,00	2,538	2,369	1,836	2,473	2,309	1,788	2,436	2,272	1,758	2,406	2,242	1,731
80,00	2,545	2,375	1,838	2,479	2,313	1,790	2,438	2,273	1,758	2,408	2,244	1,733
20,00	2,551	2,379	1,840	2,484	2,316	1,792	2,441	2,276	1,759	2,411	2,246	1,734
0,00	2,555	2,382	1,841	2,487	2,319	1,793	2,443	2,277	1,759	2,412	2,247	1,734
-20,00	1,995	1,840	1,354	1,946	1,796	1,322	1,917	1,768	1,301	1,897	1,748	1,278
-40,00	1,436	1,299	0,869	1,406	1,273	0,853	1,392	1,259	0,844	1,383	1,251	0,823
-80,00	0,524	0,507	0,548	0,556	0,533	0,558	0,566	0,540	0,557	0,564	0,537	0,550
-200,00	2,456	2,314	1,819	2,402	2,261	1,775	2,365	2,224	1,742	2,339	2,197	1,717
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -25 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 138,78 \text{ N/mm}^2$											
200,00	1,436	1,299	0,869	1,406	1,273	0,853	1,392	1,259	0,844	1,383	1,251	0,837
160,00	1,659	1,515	1,063	1,622	1,482	1,041	1,602	1,462	1,027	1,589	1,450	1,016
80,00	2,107	1,949	1,452	2,054	1,900	1,416	2,022	1,870	1,393	2,000	1,848	1,375
40,00	2,331	2,165	1,646	2,271	2,110	1,604	2,232	2,073	1,576	2,206	2,047	1,554
0,00	2,555	2,382	1,841	2,487	2,319	1,793	2,443	2,277	1,759	2,412	2,247	1,734
-20,00	2,554	2,381	1,841	2,487	2,318	1,792	2,443	2,277	1,759	2,412	2,247	1,734
-80,00	2,552	2,380	1,840	2,485	2,317	1,792	2,442	2,276	1,759	2,411	2,246	1,734
-200,00	2,548	2,377	1,839	2,481	2,315	1,791	2,440	2,275	1,758	2,409	2,245	1,733

Tabelle D.39: $K_{t,vn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

110°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
20 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +1 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 5,67 \text{ N/mm}^2$											
200,00	2,568	2,401	1,880	2,493	2,330	1,822	2,437	2,275	1,776	2,405	2,241	1,746
80,00	2,573	2,406	1,884	2,499	2,335	1,826	2,445	2,282	1,781	2,410	2,246	1,749
20,00	2,590	2,418	1,890	2,508	2,342	1,830	2,455	2,290	1,786	2,417	2,252	1,752
0,00	2,605	2,430	1,896	2,522	2,351	1,833	2,465	2,297	1,789	2,425	2,258	1,755
-6,67	1,567	1,420	0,975	1,528	1,384	0,948	1,504	1,361	0,931	1,490	1,347	0,920
-10,00	1,052	0,918	0,515	1,032	0,901	0,507	1,025	0,894	0,503	1,025	0,893	0,503
-20,00	1,121	1,100	1,127	1,119	1,094	1,106	1,107	1,080	1,085	1,086	1,060	1,063
-200,00	2,574	2,410	1,893	2,496	2,335	1,833	2,454	2,290	1,789	2,421	2,257	1,758
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -2 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 11,33 \text{ N/mm}^2$											
200,00	2,563	2,402	1,887	2,491	2,330	1,826	2,444	2,286	1,786	2,407	2,247	1,755
40,00	1,121	1,100	1,127	1,119	1,094	1,106	1,106	1,080	1,085	1,086	1,060	1,063
20,00	1,052	0,918	0,515	1,031	0,901	0,507	1,025	0,894	0,503	1,025	0,893	0,503
10,00	1,825	1,673	1,205	1,776	1,625	1,169	1,744	1,594	1,145	1,723	1,574	1,129
0,00	2,605	2,430	1,896	2,522	2,351	1,833	2,465	2,297	1,789	2,425	2,258	1,755
-20,00	2,596	2,423	1,892	2,513	2,345	1,831	2,459	2,293	1,787	2,420	2,254	1,754
-80,00	2,582	2,413	1,887	2,504	2,339	1,827	2,451	2,287	1,784	2,413	2,249	1,751
-200,00	2,572	2,405	1,883	2,498	2,334	1,825	2,442	2,279	1,779	2,409	2,245	1,749
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +5 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 28,33 \text{ N/mm}^2$											
200,00	2,582	2,413	1,887	2,504	2,339	1,827	2,451	2,287	1,784	2,413	2,249	1,751
80,00	2,592	2,420	1,891	2,510	2,342	1,830	2,457	2,291	1,787	2,418	2,253	1,753
20,00	2,601	2,427	1,894	2,517	2,348	1,831	2,462	2,295	1,789	2,423	2,257	1,755
0,00	2,605	2,430	1,896	2,522	2,351	1,833	2,465	2,297	1,789	2,425	2,258	1,755
-20,00	1,981	1,824	1,343	1,925	1,770	1,302	1,888	1,735	1,274	1,864	1,711	1,254
-40,00	1,361	1,219	0,791	1,329	1,191	0,772	1,312	1,174	0,760	1,304	1,165	0,753
-80,00	0,531	0,520	0,594	0,557	0,541	0,596	0,566	0,546	0,592	0,562	0,542	0,583
-200,00	2,504	2,362	1,875	2,434	2,293	1,816	2,388	2,247	1,775	2,352	2,211	1,742
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -25 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 141,66 \text{ N/mm}^2$											
200,00	1,361	1,219	0,791	1,329	1,191	0,772	1,312	1,174	0,760	1,304	1,165	0,753
160,00	1,609	1,461	1,012	1,567	1,422	0,983	1,542	1,398	0,965	1,527	1,383	0,954
80,00	2,106	1,945	1,454	2,044	1,886	1,408	2,003	1,847	1,377	1,976	1,820	1,354
40,00	2,355	2,188	1,675	2,283	2,119	1,621	2,234	2,072	1,583	2,200	2,039	1,555
0,00	2,605	2,430	1,896	2,522	2,351	1,833	2,465	2,297	1,789	2,425	2,258	1,755
-20,00	2,604	2,430	1,896	2,521	2,350	1,833	2,464	2,296	1,789	2,425	2,258	1,755
-80,00	2,602	2,428	1,895	2,518	2,348	1,832	2,462	2,295	1,789	2,423	2,257	1,755
-200,00	2,597	2,424	1,893	2,514	2,346	1,831	2,460	2,294	1,788	2,421	2,255	1,754

Tabelle D.40: $K_{t,vn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

130°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
20 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +1 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 6,10 \text{ N/mm}^2$											
200,00	2,527	2,358	1,855	2,445	2,278	1,787	2,387	2,220	1,736	2,343	2,175	1,694
80,00	2,530	2,359	1,855	2,448	2,280	1,788	2,390	2,221	1,736	2,345	2,176	1,695
20,00	2,541	2,366	1,858	2,457	2,286	1,790	2,398	2,227	1,738	2,353	2,181	1,697
0,00	2,553	2,375	1,861	2,468	2,294	1,793	2,407	2,234	1,741	2,361	2,187	1,699
-6,67	1,508	1,352	0,909	1,469	1,314	0,881	1,447	1,292	0,863	1,435	1,279	0,851
-10,00	0,989	0,842	0,434	0,972	0,827	0,426	0,968	0,823	0,425	0,973	0,826	0,428
-20,00	1,016	1,010	1,074	0,998	0,988	1,039	0,972	0,961	1,006	0,942	0,931	0,973
-200,00	2,517	2,349	1,850	2,436	2,270	1,783	2,378	2,230	1,733	2,334	2,168	1,691
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -2 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 12,20 \text{ N/mm}^2$											
200,00	2,509	2,344	1,850	2,429	2,266	1,782	2,372	2,209	1,732	2,329	2,165	1,690
40,00	1,016	1,010	1,074	0,998	0,988	1,039	0,972	0,961	1,006	0,942	0,931	0,973
20,00	0,989	0,842	0,434	0,972	0,827	0,426	0,969	0,823	0,425	0,973	0,826	0,428
10,00	1,769	1,607	1,147	1,719	1,559	1,109	1,687	1,527	1,082	1,666	1,506	1,063
0,00	2,553	2,375	1,861	2,468	2,294	1,793	2,407	2,234	1,741	2,361	2,187	1,699
-20,00	2,545	2,370	1,859	2,462	2,289	1,791	2,401	2,230	1,739	2,356	2,184	1,698
-80,00	2,525	2,353	1,849	2,443	2,274	1,781	2,384	2,215	1,730	2,340	2,170	1,688
-200,00	2,529	2,359	1,855	2,448	2,279	1,788	2,389	2,221	1,736	2,345	2,176	1,695
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +5 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 30,50 \text{ N/mm}^2$											
200,00	2,535	2,363	1,856	2,453	2,283	1,788	2,394	2,224	1,737	2,349	2,179	1,695
80,00	2,542	2,368	1,858	2,459	2,287	1,790	2,399	2,228	1,738	2,354	2,182	1,697
20,00	2,550	2,373	1,860	2,465	2,291	1,792	2,405	2,232	1,740	2,358	2,186	1,698
0,00	2,553	2,375	1,861	2,468	2,294	1,793	2,407	2,234	1,741	2,361	2,187	1,699
-20,00	1,926	1,761	1,290	1,869	1,706	1,246	1,831	1,669	1,214	1,805	1,642	1,190
-40,00	1,301	1,148	0,719	1,270	1,119	0,699	1,255	1,104	0,688	1,250	1,098	0,682
-80,00	0,437	0,435	0,534	0,449	0,442	0,525	0,446	0,437	0,512	0,435	0,426	0,497
-200,00	2,442	2,302	1,839	2,365	2,226	1,772	2,309	2,171	1,722	2,265	2,127	1,681
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -25 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 152,52 \text{ N/mm}^2$											
200,00	1,301	1,148	0,719	1,270	1,119	0,699	1,255	1,104	0,688	1,250	1,098	0,682
160,00	1,550	1,393	0,947	1,509	1,354	0,917	1,485	1,330	0,898	1,472	1,315	0,885
80,00	2,051	1,884	1,404	1,989	1,823	1,355	1,946	1,782	1,319	1,916	1,751	1,292
40,00	2,302	2,129	1,633	2,228	2,058	1,574	2,177	2,008	1,530	2,138	1,969	1,496
0,00	2,553	2,376	1,861	2,468	2,294	1,793	2,407	2,234	1,741	2,361	2,187	1,699
-20,00	2,553	2,375	1,861	2,468	2,293	1,793	2,407	2,234	1,741	2,360	2,187	1,699
-80,00	2,550	2,373	1,860	2,466	2,292	1,792	2,405	2,232	1,740	2,359	2,186	1,699
-200,00	2,547	2,371	1,859	2,463	2,290	1,791	2,402	2,230	1,740	2,356	2,184	1,698

Tabelle D.41: $K_{t,vn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 20 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

90°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
30 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +1 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 2,47 \text{ N/mm}^2$											
300,00	3,615	3,565	3,227	3,425	3,371	3,051	3,280	3,232	2,930	3,198	3,139	2,837
120,00	3,639	3,578	3,226	3,435	3,378	3,054	3,293	3,241	2,934	3,198	3,139	2,841
30,00	3,670	3,600	3,239	3,460	3,395	3,061	3,320	3,260	2,942	3,219	3,160	2,855
0,00	3,735	3,649	3,264	3,523	3,445	3,086	3,375	3,303	2,963	3,271	3,201	2,876
-10,00	0,851	0,823	0,600	0,803	0,780	0,575	0,804	0,743	0,551	0,732	0,714	0,533
-15,00	1,948	1,858	1,738	1,916	1,832	1,704	1,893	1,809	1,678	1,868	1,788	1,656
-30,00	3,439	3,404	3,136	3,254	3,222	2,969	3,131	3,100	2,857	3,046	3,017	2,779
-300,00	3,614	3,544	3,223	3,421	3,360	3,043	3,267	3,215	2,927	3,174	3,138	2,837
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -2 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 4,94 \text{ N/mm}^2$											
300,00	3,610	3,544	3,210	3,411	3,356	3,039	3,267	3,211	2,920	3,166	3,122	2,837
60,00	3,439	3,404	3,136	3,254	3,222	2,969	3,131	3,100	2,857	3,047	3,016	2,778
30,00	1,948	1,858	1,737	1,916	1,832	1,704	1,893	1,809	1,678	1,868	1,788	1,656
15,00	1,559	1,519	1,260	1,469	1,436	1,196	1,403	1,372	1,149	1,353	1,326	1,113
0,00	3,735	3,649	3,264	3,523	3,445	3,086	3,375	3,303	2,963	3,271	3,201	2,875
-30,00	3,686	3,611	3,244	3,478	3,409	3,068	3,334	3,270	2,948	3,235	3,172	2,861
-120,00	3,649	3,583	3,230	3,447	3,385	3,055	3,306	3,248	2,937	3,203	3,147	2,847
-300,00	3,633	3,576	3,227	3,433	3,375	3,054	3,290	3,238	2,934	3,198	3,139	2,839
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +5 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 12,34 \text{ N/mm}^2$											
300,00	3,649	3,583	3,230	3,447	3,385	3,055	3,306	3,248	2,937	3,203	3,147	2,847
120,00	3,675	3,603	3,241	3,466	3,400	3,063	3,325	3,264	2,945	3,224	3,164	2,856
30,00	3,710	3,631	3,254	3,498	3,426	3,077	3,353	3,285	2,955	3,250	3,185	2,868
0,00	3,735	3,649	3,264	3,523	3,444	3,086	3,375	3,303	2,963	3,271	3,201	2,875
-30,00	1,989	1,942	1,659	1,875	1,833	1,573	1,816	1,755	1,509	1,732	1,697	1,464
-60,00	1,117	1,035	0,955	1,149	1,067	0,972	1,166	1,084	0,980	1,174	1,092	0,983
-120,00	3,286	3,260	3,047	3,118	3,094	2,891	3,006	2,982	2,785	2,929	2,906	2,712
-300,00	3,574	3,521	3,197	3,372	3,325	3,026	3,235	3,189	2,906	3,141	3,097	2,824
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -25 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 61,69 \text{ N/mm}^2$											
300,00	1,117	1,035	0,955	1,149	1,067	0,972	1,166	1,084	0,980	1,174	1,092	0,983
240,00	0,963	0,934	0,705	0,909	0,884	0,674	0,865	0,843	0,646	0,830	0,811	0,625
120,00	2,335	2,281	1,979	2,202	2,153	1,875	2,106	2,063	1,799	2,037	1,996	1,745
60,00	3,034	2,964	2,620	2,859	2,797	2,479	2,739	2,680	2,381	2,653	2,598	2,310
0,00	3,735	3,649	3,264	3,523	3,444	3,086	3,375	3,303	2,963	3,271	3,201	2,875
-30,00	3,729	3,644	3,262	3,517	3,439	3,084	3,371	3,299	2,961	3,266	3,116	2,873
-120,00	3,714	3,634	3,256	3,501	3,428	3,079	3,357	3,287	2,956	3,254	3,187	2,869
-300,00	3,693	3,617	3,246	3,484	3,414	3,070	3,340	3,274	2,949	3,239	3,176	2,863

Tabelle D.42: $K_{t,vn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

110°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
30 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +1 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 2,52 \text{ N/mm}^2$											
300,00	3,717	3,666	3,323	3,515	3,454	3,134	3,384	3,326	3,023	3,275	3,218	2,938
120,00	3,749	3,688	3,343	3,517	3,456	3,139	3,387	3,329	3,029	3,278	3,227	2,943
30,00	3,746	3,681	3,336	3,538	3,477	3,156	3,400	3,341	3,032	3,305	3,248	2,949
0,00	3,808	3,730	3,363	3,597	3,523	3,178	3,451	3,381	3,053	3,351	3,282	2,964
-10,00	0,555	0,534	0,398	0,575	0,512	0,436	0,616	0,536	0,464	0,640	0,560	0,480
-15,00	2,081	1,991	1,890	2,025	1,940	1,831	1,985	1,904	1,795	1,950	1,873	1,762
-30,00	3,574	3,543	3,277	3,362	3,332	3,084	3,229	3,202	2,963	3,140	3,111	2,876
-300,00	3,694	3,649	3,328	3,509	3,460	3,140	3,356	3,324	3,023	3,254	3,222	2,927
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -2 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 5,04 \text{ N/mm}^2$											
300,00	3,683	3,635	3,327	3,502	3,450	3,139	3,353	3,309	3,022	3,246	3,204	2,925
60,00	3,698	3,667	3,400	3,498	3,471	3,217	3,361	3,334	3,092	3,269	3,240	3,000
30,00	2,071	1,981	1,881	2,025	1,940	1,831	1,985	1,905	1,794	1,950	1,873	1,762
15,00	1,357	1,326	1,080	1,283	1,254	1,027	1,232	1,205	0,987	1,199	1,172	0,959
0,00	3,808	3,730	3,363	3,596	3,523	3,178	3,451	3,381	3,053	3,351	3,282	2,964
-30,00	3,752	3,683	3,333	3,551	3,488	3,162	3,414	3,353	3,037	3,315	3,256	2,952
-120,00	3,742	3,679	3,335	3,520	3,461	3,145	3,395	3,337	3,032	3,293	3,238	2,944
-300,00	3,726	3,668	3,324	3,516	3,455	3,136	3,386	3,328	3,028	3,277	3,221	2,942
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +5 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 12,60 \text{ N/mm}^2$											
300,00	3,732	3,668	3,326	3,520	3,461	3,145	3,395	3,337	3,031	3,293	3,238	2,944
120,00	3,754	3,688	3,342	3,543	3,481	3,159	3,403	3,344	3,033	3,309	3,251	2,950
30,00	3,784	3,712	3,353	3,571	3,504	3,170	3,429	3,365	3,046	3,332	3,268	2,955
0,00	3,808	3,730	3,363	3,597	3,523	3,178	3,451	3,381	3,053	3,350	3,282	2,964
-30,00	1,839	1,799	1,531	1,740	1,704	1,455	1,672	1,636	1,397	1,624	1,591	1,358
-60,00	1,147	1,061	0,992	1,173	1,086	1,003	1,184	1,098	1,006	1,186	1,101	1,004
-120,00	3,419	3,398	3,187	3,242	3,223	3,022	3,117	3,099	2,905	3,031	3,012	2,821
-300,00	3,666	3,616	3,305	3,464	3,424	3,132	3,319	3,280	3,008	3,224	3,184	2,912
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -25 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 62,98 \text{ N/mm}^2$											
300,00	1,149	1,063	0,994	1,173	1,086	1,003	1,184	1,098	1,006	1,186	1,101	1,004
240,00	0,687	0,664	0,447	0,651	0,630	0,429	0,626	0,607	0,414	0,611	0,591	0,404
120,00	2,233	2,186	1,900	2,109	2,066	1,799	2,025	1,984	1,727	1,967	1,926	1,678
60,00	3,016	2,956	2,630	2,850	2,793	2,488	2,736	2,680	2,389	2,656	2,603	2,320
0,00	3,808	3,730	3,363	3,597	3,523	3,178	3,451	3,381	3,053	3,350	3,282	2,964
-30,00	3,801	3,724	3,360	3,591	3,518	3,176	3,445	3,377	3,050	3,345	3,279	2,962
-120,00	3,788	3,715	3,356	3,575	3,506	3,171	3,433	3,367	3,047	3,335	3,271	2,957
-300,00	3,768	3,698	3,346	3,558	3,493	3,163	3,419	3,357	3,040	3,319	3,258	2,952

Tabelle D.43: $K_{t,vn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

130°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
30 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +1 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 2,71 \text{ N/mm}^2$											
300,00	3,673	3,614	3,296	3,478	3,423	3,121	3,342	3,284	2,992	3,236	3,182	2,895
120,00	3,663	3,603	3,283	3,469	3,412	3,107	3,330	3,274	2,980	3,227	3,172	2,883
30,00	3,676	3,612	3,283	3,482	3,420	3,108	3,343	3,283	2,981	3,240	3,180	2,884
0,00	3,727	3,650	3,301	3,532	3,458	3,125	3,392	3,319	2,998	3,287	3,215	2,900
-10,00	0,473	0,440	0,262	0,452	0,419	0,294	0,447	0,405	0,313	0,464	0,399	0,323
-15,00	1,891	1,817	1,758	1,835	1,764	1,698	1,785	1,718	1,649	1,738	1,675	1,605
-30,00	3,492	3,462	3,209	3,306	3,276	3,036	3,173	3,144	2,911	3,076	3,045	2,816
-300,00	3,603	3,549	3,240	3,413	3,360	3,066	3,277	3,226	2,940	3,177	3,123	2,844
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -2 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 5,42 \text{ N/mm}^2$											
300,00	3,612	3,558	3,250	3,420	3,368	3,076	3,284	3,234	2,949	3,183	3,132	2,854
60,00	3,492	3,462	3,209	3,306	3,276	3,036	3,173	3,144	2,911	3,075	3,045	2,816
30,00	1,891	1,817	1,758	1,835	1,764	1,698	1,785	1,718	1,649	1,738	1,675	1,605
15,00	1,273	1,233	0,979	1,208	1,169	0,927	1,162	1,124	0,890	1,132	1,093	0,862
0,00	3,727	3,650	3,301	3,532	3,458	3,125	3,392	3,319	2,997	3,286	3,215	2,900
-30,00	3,690	3,622	3,288	3,496	3,430	3,112	3,356	3,292	2,985	3,253	3,189	2,888
-120,00	3,666	3,605	3,281	3,472	3,413	3,106	3,334	3,276	2,978	3,231	3,173	2,881
-300,00	3,663	3,604	3,285	3,469	3,413	3,109	3,331	3,274	2,981	3,228	3,173	2,885
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +5 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 13,56 \text{ N/mm}^2$											
300,00	3,666	3,605	3,281	3,472	3,413	3,106	3,334	3,276	2,978	3,231	3,173	2,882
120,00	3,681	3,615	3,285	3,486	3,423	3,109	3,347	3,286	2,982	3,244	3,182	2,885
30,00	3,707	3,635	3,293	3,512	3,443	3,118	3,372	3,304	2,990	3,268	3,201	2,893
0,00	3,727	3,650	3,301	3,532	3,458	3,125	3,392	3,319	2,997	3,286	3,215	2,900
-30,00	1,759	1,713	1,442	1,668	1,623	1,365	1,603	1,559	1,309	1,558	1,514	1,268
-60,00	0,993	0,914	0,869	1,004	0,925	0,866	1,005	0,927	0,859	0,998	0,921	0,848
-120,00	3,359	3,342	3,148	3,177	3,162	2,978	3,047	3,032	2,855	2,949	2,933	2,761
-300,00	3,593	3,544	3,247	3,402	3,355	3,073	3,266	3,220	2,947	3,166	3,119	2,851
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -25 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 67,80 \text{ N/mm}^2$											
300,00	0,993	0,914	0,869	1,004	0,925	0,866	1,005	0,927	0,859	0,998	0,921	0,848
240,00	0,600	0,566	0,335	0,572	0,539	0,318	0,552	0,519	0,305	0,542	0,509	0,297
120,00	2,150	2,098	1,812	2,038	1,988	1,716	1,959	1,909	1,646	1,901	1,852	1,594
60,00	2,937	2,873	2,556	2,783	2,722	2,420	2,673	2,613	2,321	2,592	2,532	2,246
0,00	3,727	3,650	3,301	3,532	3,458	3,125	3,392	3,319	2,997	3,286	3,215	2,900
-30,00	3,722	3,646	3,299	3,527	3,454	3,123	3,387	3,316	2,996	3,282	3,211	2,898
-120,00	3,710	3,637	3,295	3,515	3,445	3,119	3,375	3,307	2,991	3,271	3,203	2,894
-300,00	3,694	3,625	3,289	3,500	3,434	3,114	3,361	3,296	2,986	3,257	3,192	2,889

Tabelle D.44: $K_{t,vn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

90°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
40 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +1 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 1,39 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,847	4,834	4,607	4,470	4,435	4,271	4,198	4,194	4,040	3,979	3,970	3,870
160,00	4,869	4,859	4,648	4,497	4,482	4,312	4,230	4,229	4,075	4,026	4,025	3,899
40,00	4,913	4,900	4,686	4,544	4,533	4,349	4,278	4,274	4,108	4,080	4,078	3,929
0,00	5,063	5,024	4,764	4,695	4,662	4,428	4,427	4,398	4,184	4,227	4,202	4,002
-13,33	3,603	3,469	3,220	3,382	3,303	3,070	3,219	3,178	2,960	3,101	3,080	2,876
-20,00	4,397	4,421	4,348	4,079	4,105	4,042	3,855	3,881	3,824	3,695	3,721	3,668
-40,00	4,737	4,749	4,601	4,380	4,397	4,268	4,127	4,143	4,029	3,944	3,963	3,854
-400,00	4,869	4,874	4,718	4,513	4,548	4,382	4,260	4,272	4,130	4,094	4,115	3,944
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -2 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 2,78 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,851	4,853	4,683	4,490	4,510	4,348	4,233	4,243	4,102	4,055	4,069	3,920
80,00	4,738	4,749	4,601	4,380	4,398	4,268	4,127	4,143	4,029	3,944	3,963	3,854
40,00	4,397	4,421	4,348	4,078	4,105	4,042	3,855	3,881	3,825	3,695	3,721	3,668
20,00	2,040	1,903	1,689	2,010	1,880	1,667	1,986	1,860	1,648	1,965	1,844	1,632
0,00	5,063	5,024	4,764	4,695	4,662	4,428	4,427	4,398	4,184	4,227	4,202	4,002
-40,00	4,947	4,928	4,706	4,578	4,564	4,369	4,311	4,302	4,126	4,113	4,106	3,947
-160,00	4,888	4,877	4,668	4,518	4,507	4,332	4,251	4,250	4,091	4,052	4,052	3,914
-400,00	4,864	4,853	4,641	4,491	4,473	4,305	4,223	4,222	4,068	4,017	4,015	3,894
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +5 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 6,94 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,888	4,877	4,668	4,518	4,507	4,332	4,251	4,250	4,091	4,052	4,052	3,914
160,00	4,924	4,908	4,692	4,554	4,543	4,356	4,288	4,282	4,114	4,090	4,086	3,935
40,00	4,994	4,967	4,715	4,624	4,603	4,393	4,357	4,340	4,150	4,158	4,144	3,969
0,00	5,063	5,024	4,764	4,695	4,662	4,428	4,427	4,398	4,184	4,227	4,201	4,002
-40,00	1,026	1,015	0,948	1,077	0,961	0,889	1,109	0,995	0,834	1,130	1,018	0,837
-80,00	4,054	4,059	3,989	3,778	3,787	3,727	3,585	3,595	3,541	3,447	3,458	3,406
-160,00	4,684	4,700	4,567	4,330	4,352	4,236	4,081	4,102	4,000	3,902	3,924	3,827
-400,00	4,814	4,818	4,649	4,452	4,465	4,314	4,194	4,205	4,071	4,010	4,023	3,893
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -25 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 34,71 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,053	4,059	3,989	3,778	3,787	3,727	3,585	3,595	3,541	3,447	3,458	3,406
320,00	3,373	3,233	2,984	3,218	3,093	2,857	3,101	2,987	2,762	3,006	2,906	2,691
160,00	1,768	1,799	1,700	1,640	1,671	1,585	1,535	1,567	1,492	1,447	1,480	1,416
80,00	3,400	3,399	3,225	3,151	3,153	2,999	2,964	2,969	2,830	2,819	2,827	2,701
0,00	5,063	5,024	4,764	4,695	4,662	4,428	4,427	4,398	4,184	4,227	4,201	4,002
-40,00	5,044	5,009	4,755	4,676	4,646	4,418	4,408	4,382	4,175	4,208	4,186	3,993
-160,00	5,004	4,975	4,735	4,634	4,612	4,398	4,367	4,349	4,154	4,167	4,152	3,974
-400,00	4,959	4,938	4,712	4,589	4,573	4,375	4,322	4,311	4,132	4,124	4,116	3,952

Tabelle D.45: $K_{t,vn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

110°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
40 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +1 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 1,42 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,894	4,908	4,760	4,532	4,535	4,418	4,302	4,342	4,189	4,132	4,131	4,035
160,00	4,930	4,934	4,782	4,556	4,585	4,439	4,348	4,362	4,208	4,152	4,161	4,064
40,00	4,975	4,974	4,799	4,611	4,620	4,469	4,373	4,379	4,239	4,199	4,208	4,079
0,00	5,088	5,069	4,860	4,742	4,725	4,532	4,495	4,482	4,304	4,319	4,306	4,136
-13,33	3,857	3,725	3,482	3,619	3,533	3,310	3,445	3,393	3,189	3,320	3,274	3,095
-20,00	4,593	4,622	4,557	4,275	4,303	4,246	4,053	4,083	4,034	3,900	3,928	3,878
-40,00	4,836	4,857	4,732	4,503	4,517	4,405	4,266	4,286	4,184	4,098	4,119	4,021
-400,00	4,938	4,978	4,833	4,601	4,597	4,486	4,355	4,390	4,252	4,195	4,194	4,076
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -2 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 2,83 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,919	4,938	4,805	4,584	4,580	4,470	4,327	4,355	4,236	4,180	4,179	4,061
80,00	4,836	4,857	4,732	4,503	4,518	4,406	4,266	4,286	4,184	4,099	4,119	4,021
40,00	4,593	4,622	4,557	4,275	4,303	4,246	4,053	4,083	4,035	3,900	3,928	3,878
20,00	2,138	1,986	1,754	2,096	1,949	1,720	2,063	1,924	1,698	2,038	1,904	1,678
0,00	5,089	5,070	4,860	4,742	4,725	4,531	4,495	4,482	4,304	4,319	4,306	4,135
-40,00	4,999	4,996	4,815	4,646	4,648	4,488	4,399	4,400	4,252	4,220	4,225	4,090
-160,00	4,952	4,960	4,789	4,591	4,603	4,452	4,364	4,368	4,218	4,168	4,181	4,074
-400,00	4,924	4,927	4,779	4,549	4,577	4,435	4,341	4,358	4,205	4,148	4,153	4,059
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +5 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 7,09 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,952	4,960	4,789	4,591	4,603	4,452	4,364	4,368	4,218	4,168	4,181	4,074
160,00	4,981	4,980	4,805	4,622	4,627	4,476	4,382	4,387	4,243	4,207	4,213	4,080
40,00	5,031	5,022	4,829	4,684	4,679	4,506	4,440	4,436	4,275	4,259	4,256	4,107
0,00	5,089	5,070	4,860	4,742	4,725	4,531	4,495	4,482	4,304	4,319	4,306	4,136
-40,00	0,996	0,859	0,672	1,039	0,907	0,715	1,069	0,940	0,654	1,088	0,962	0,764
-80,00	4,303	4,316	4,262	4,018	4,031	3,985	3,818	3,834	3,794	3,677	3,693	3,652
-160,00	4,802	4,822	4,710	4,467	4,489	4,385	4,227	4,252	4,165	4,064	4,087	3,999
-400,00	4,891	4,911	4,773	4,557	4,569	4,436	4,305	4,320	4,219	4,155	4,163	4,038
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -25 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 35,43 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,303	4,316	4,262	4,018	4,031	3,985	3,818	3,834	3,794	3,677	3,693	3,653
320,00	3,614	3,471	3,220	3,434	3,307	3,072	3,300	3,187	2,969	3,198	3,096	2,888
160,00	1,347	1,402	1,363	1,253	1,307	1,270	1,182	1,236	1,202	1,125	1,175	1,150
80,00	3,205	3,226	3,103	2,981	3,003	2,895	2,822	2,845	2,744	2,704	2,726	2,636
0,00	5,089	5,069	4,860	4,742	4,725	4,531	4,495	4,482	4,304	4,319	4,306	4,136
-40,00	5,074	5,058	4,852	4,724	4,710	4,524	4,481	4,470	4,296	4,302	4,293	4,129
-160,00	5,040	5,029	4,834	4,693	4,686	4,510	4,447	4,442	4,280	4,267	4,263	4,111
-400,00	5,008	5,003	4,819	4,656	4,656	4,492	4,408	4,409	4,258	4,232	4,234	4,094

Tabelle D.46: $K_{t,vn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 110^\circ$

130°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 12 \text{ mm}$			$a_{unten} = 14 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
40 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16	8	10	16
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +1 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 1,53 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,789	4,805	4,670	4,474	4,485	4,361	4,236	4,252	4,137	4,063	4,074	3,964
160,00	4,793	4,805	4,667	4,477	4,485	4,362	4,241	4,252	4,138	4,064	4,076	3,965
40,00	4,815	4,821	4,677	4,496	4,504	4,372	4,263	4,271	4,147	4,085	4,093	3,974
0,00	4,904	4,895	4,718	4,588	4,580	4,415	4,356	4,347	4,190	4,177	4,169	4,017
-13,33	3,561	3,143	3,250	3,354	3,253	3,074	3,144	3,008	2,941	3,059	2,986	2,834
-20,00	4,508	4,539	4,485	4,201	4,232	4,187	3,977	4,007	3,966	3,806	3,836	3,798
-40,00	4,712	4,732	4,622	4,395	4,416	4,318	4,163	4,184	4,093	3,987	4,007	3,921
-400,00	4,772	4,780	4,651	4,453	4,468	4,347	4,218	4,233	4,122	4,041	4,055	3,948
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -2 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 3,05 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,769	4,780	4,651	4,451	4,466	4,347	4,219	4,230	4,122	4,040	4,054	3,949
80,00	4,712	4,732	4,622	4,395	4,416	4,318	4,163	4,184	4,093	3,987	4,007	3,921
40,00	4,508	4,538	4,485	4,201	4,232	4,187	3,977	4,007	3,967	3,806	3,836	3,798
20,00	1,881	1,737	1,532	1,829	1,693	1,489	1,787	1,657	1,455	1,750	1,626	1,426
0,00	4,904	4,895	4,718	4,589	4,580	4,415	4,355	4,347	4,190	4,177	4,169	4,018
-40,00	4,834	4,837	4,685	4,515	4,520	4,381	4,282	4,287	4,156	4,104	4,109	3,983
-160,00	4,801	4,810	4,670	4,483	4,492	4,365	4,249	4,259	4,140	4,072	4,082	3,968
-400,00	4,791	4,804	4,667	4,475	4,485	4,362	4,240	4,251	4,137	4,062	4,076	3,964
N	$K_{t,vn}$ mit $V = +5 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 7,63 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,801	4,810	4,670	4,483	4,492	4,365	4,249	4,259	4,140	4,072	4,082	3,967
160,00	4,820	4,826	4,679	4,502	4,509	4,375	4,268	4,275	4,149	4,090	4,097	3,977
40,00	4,861	4,859	4,699	4,544	4,543	4,394	4,310	4,310	4,169	4,132	4,132	3,997
0,00	4,904	4,895	4,718	4,589	4,580	4,415	4,355	4,347	4,190	4,177	4,169	4,018
-40,00	0,760	0,627	0,452	0,790	0,662	0,482	0,811	0,685	0,503	0,822	0,699	0,515
-80,00	4,220	4,133	4,195	3,936	3,950	3,920	3,727	3,670	3,716	3,566	3,580	3,558
-160,00	4,682	4,705	4,605	4,366	4,390	4,301	4,135	4,158	4,076	3,959	3,982	3,905
-400,00	4,753	4,768	4,644	4,435	4,452	4,340	4,202	4,218	4,114	4,025	4,041	3,942
N	$K_{t,vn}$ mit $V = -25 \text{ kN/m}$ und $\sigma_{0,v} = 38,15 \text{ N/mm}^2$											
400,00	4,220	4,133	4,195	3,936	3,950	3,920	3,727	3,670	3,716	3,566	3,580	3,558
320,00	3,323	2,945	2,989	3,141	3,029	2,837	3,001	2,870	2,720	2,885	2,795	2,627
160,00	1,181	1,240	1,207	1,100	1,155	1,125	1,037	1,089	1,061	0,990	1,038	1,011
80,00	3,030	3,058	2,957	2,831	2,857	2,764	2,682	2,707	2,620	2,568	2,593	2,508
0,00	4,904	4,895	4,718	4,589	4,580	4,415	4,363	4,347	4,190	4,177	4,169	4,018
-40,00	4,892	4,885	4,713	4,576	4,570	4,409	4,343	4,337	4,184	4,165	4,159	4,012
-160,00	4,867	4,874	4,701	4,550	4,548	4,397	4,316	4,315	4,172	4,138	4,137	4,000
-400,00	4,840	4,842	4,689	4,522	4,526	4,384	4,288	4,292	4,159	4,110	4,114	3,987

Tabelle D.47: $K_{t,vn}$ für $a_{unten} = 10; 12; 14; 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 40 \text{ mm}$, $\alpha = 130^\circ$

M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = +1$ kN/m $\sigma_{0,v} = 5,55$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	150	-137,293	228,215	8,140	-13,388	2,412
1	15	-21,055	34,871	8,140	-13,388	2,412
0	0	-8,140	13,388	8,140	-13,388	2,412
-3	45	-51,060	30,606	-13,388	8,140	2,412
-20	300	-416,265	250,166	-13,388	8,140	2,412
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = +5$ kN/m $\sigma_{0,v} = 27,76$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	150	-169,851	281,768	40,698	-66,941	2,412
1	15	-53,613	88,424	40,698	-66,941	2,412
0	0	-40,698	66,942	40,698	-66,942	2,412
-3	45	-1,963	2,501	-62,485	36,245	2,251
-20	300	-362,712	217,608	-66,941	40,698	2,412
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -12,5$ kN/m $\sigma_{0,v} = 69,39$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	150	-27,407	47,472	-101,746	167,355	2,412
1	15	-145,873	88,831	132,958	-67,348	1,916
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -15$ kN/m $\sigma_{0,v} = 83,27$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	150	-7,084	14,002	-122,069	200,825	2,412
1	15	-179,342	109,179	166,427	-87,696	1,999
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -25$ kN/m $\sigma_{0,v} = 138,78$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	150	-119,896	74,339	-9,257	140,488	1,012
1	15	-313,226	190,576	300,311	-169,093	2,164
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -30$ kN/m $\sigma_{0,v} = 166,53$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	150	-186,835	115,037	57,682	99,790	0,599
1	15	-380,169	231,275	367,254	-209,792	2,205

Tabelle D.48: $\sigma_{k,K21,vm}$, $\sigma_{k,K21,v}(M)$ und $K_{t,K21,vm}$ für $\alpha = 90^\circ$, $t_{Steg} = 20$ mm, $a_{oben} = 8$ mm, $a_{unten} = 16$ mm

$\alpha = 90^\circ$	$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Max.		
M	$\sigma_{0,m}$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
$V = +1 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-98,782	156,862	-99,014	153,190	-93,741	136,792	5,882	-9,218	5,893	-9,006	5,573	-8,056
1	6,67	-15,173	23,983	-15,205	23,424	-14,390	20,929	5,883	-9,219	5,893	-9,006	5,573	-8,055
0	0,00	-5,884	9,218	-5,892	9,005	-5,574	8,055	5,884	-9,218	5,892	-9,005	5,574	-8,055
-3	20,00	-35,075	21,987	-34,250	22,044	-30,565	20,877	-9,218	5,883	-9,005	5,892	-8,056	5,573
-20	133,33	-286,070	179,916	-279,363	180,350	-249,417	170,762	-9,218	5,883	-9,005	5,893	-8,055	5,574
$V = -2 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
10	66,67	-81,135	129,208	-81,337	126,174	-77,022	112,626	-11,765	18,436	-11,784	18,010	-11,146	16,110
1	6,67	-3,672	2,479	-3,595	2,472	-3,237	2,331	-5,618	12,285	-5,717	11,946	-5,580	10,543
0	0,00	-18,436	11,769	-18,011	11,785	-16,111	11,148	18,436	-11,769	18,011	-11,785	16,111	-11,148
-3	20,00	-62,728	39,635	-61,265	39,721	-54,731	37,597	18,435	-11,765	18,010	-11,785	16,110	-11,147
-20	133,33	-313,723	197,564	-306,379	198,027	-273,583	187,482	18,435	-11,765	18,011	-11,784	16,111	-11,146
$V = +5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-122,312	193,733	-122,583	189,210	-116,034	169,013	29,412	-46,089	29,462	-45,026	27,866	-40,277
1	6,67	-38,710	60,853	-38,773	59,444	-36,084	53,151	29,420	-46,089	29,461	-45,026	27,867	-40,277
0	0,00	-29,421	46,089	-29,461	45,026	-27,868	40,277	29,421	-46,089	29,461	-45,026	27,868	-40,277
-3	20,00	-1,568	1,824	-1,538	1,799	-1,427	1,666	-42,725	26,046	-41,717	26,137	-37,194	24,784
-20	133,33	-249,199	156,386	-243,343	156,782	-217,195	148,470	-46,089	29,413	-45,025	29,461	-40,277	27,866
$V = -10 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
10	66,67	-34,073	55,471	-34,198	54,132	-32,435	48,182	-58,827	92,173	-58,923	90,052	-55,733	80,554
1	6,67	-77,414	49,553	-75,634	49,611	-67,681	46,920	68,124	-34,789	66,322	-35,193	58,864	-34,046
$V = -12,5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-19,369	32,439	-19,480	31,620	-18,503	28,055	-73,531	115,205	-73,641	112,564	-69,665	100,681
1	6,67	-100,459	64,264	-98,147	64,342	-87,820	60,855	91,169	-49,500	88,835	-49,924	79,003	-47,981
$V = -15 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
10	66,67	-4,691	9,446	-4,785	9,147	-4,585	7,949	-88,209	138,198	-88,336	135,037	-83,583	120,787
1	6,67	-123,503	78,974	-120,659	79,072	-107,958	74,788	114,213	-64,210	111,347	-64,654	99,141	-61,914
$V = -17,5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-13,717	10,100	-13,463	10,012	-12,242	9,388	-79,183	137,544	-79,658	134,172	-75,926	119,348
1	6,67	-146,548	93,685	-143,173	93,803	-128,097	88,723	137,258	-78,921	133,861	-79,385	119,280	-75,849
$V = -25 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
10	66,67	-82,802	54,216	-80,966	54,185	-72,649	51,179	-10,098	93,428	-12,155	89,999	-15,519	77,557
1	6,67	-215,681	137,816	-210,711	137,995	-188,512	130,524	206,391	-123,052	201,399	-123,577	179,695	-117,650
$V = -30 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,v}$													
10	66,67	-128,891	83,638	-125,989	83,647	-112,927	79,047	35,991	64,006	32,868	60,537	24,759	49,689
1	6,67	-261,771	167,237	-255,738	167,456	-228,789	158,393	252,481	-152,473	246,426	-153,038	219,972	-145,519

 Tabelle D.49: $\sigma_{k,K21,vm}$, $\sigma_{k,K21,v}(M)$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 90^\circ$	$t_{Steg} = 30 \text{ mm}$	$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		$a_{unten} = 16 \text{ mm}$			
		$a_{oben} = 8 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 10 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	Min.	Max.	$a_{oben} = 16 \text{ mm}$	Min.	Max.
M	$\sigma_{0,m}$												
$V = +1 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-77,202	137,416	-78,120	134,362	-75,640	120,525	4,620	-8,073	4,667	-7,897	4,511	-7,095
1	6,67	-11,878	21,008	-12,012	20,545	-11,624	18,439	4,620	-8,074	4,667	-7,898	4,511	-7,096
0	0,00	-4,619	8,073	-4,667	7,899	-4,511	7,096	4,619	-8,073	4,667	-7,899	4,511	-7,096
-3	20,00	-30,730	17,155	-30,043	17,369	-26,933	16,827	-8,073	4,620	-7,897	4,667	-7,096	4,512
-20	133,33	-250,612	140,545	-245,034	142,239	-219,764	137,746	-8,074	4,620	-7,896	4,666	-7,095	4,512
$V = -2 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-63,344	113,197	-64,119	110,672	-62,107	99,239	-9,238	16,146	-9,334	15,793	-9,022	14,191
1	6,67	-3,215	1,982	-3,152	1,990	-2,850	1,910	-4,043	10,952	-4,193	10,657	-4,263	9,433
0	0,00	-16,146	9,239	-15,798	9,334	-14,191	9,023	16,146	-9,239	15,798	-9,334	14,191	-9,023
-3	20,00	-54,949	31,013	-53,734	31,369	-48,220	30,361	16,146	-9,238	15,794	-9,333	14,191	-9,022
-20	133,33	-274,831	154,403	-268,723	156,239	-241,050	151,280	16,145	-9,238	15,793	-9,334	14,191	-9,022
$V = +5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-95,678	169,707	-96,786	165,949	-93,685	148,907	23,096	-40,364	23,333	-39,484	22,556	-35,477
1	6,67	-30,355	53,299	-30,679	52,139	-29,669	46,821	23,097	-40,365	23,334	-39,492	22,556	-35,478
0	0,00	-23,097	40,365	-23,334	39,494	-22,556	35,478	23,097	-40,365	23,334	-39,494	22,556	-35,478
-3	20,00	-1,346	1,591	-1,321	1,571	-1,231	1,463	-37,457	20,184	-36,619	20,465	-32,798	19,876
-20	133,33	-218,321	122,069	-213,448	123,572	-191,382	119,702	-40,365	23,096	-39,482	23,333	-35,477	22,556
$V = -10 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-26,398	48,613	-26,785	47,500	-26,017	42,474	-46,184	80,730	-46,668	78,965	-45,112	70,956
1	6,67	-67,796	38,936	-66,343	39,322	-59,613	37,999	60,538	-26,002	58,998	-26,675	52,500	-26,656
$V = -12,5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-14,860	28,430	-15,123	27,758	-14,739	24,735	-57,722	100,913	-58,330	98,707	-56,390	88,695
1	6,67	-87,979	50,484	-86,090	50,989	-77,352	49,277	80,721	-37,550	78,745	-38,342	70,239	-37,934
$V = -15 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-3,366	8,294	-3,500	8,043	-3,489	7,016	-69,216	121,049	-69,953	118,422	-67,640	106,414
1	6,67	-108,160	62,032	-105,836	62,656	-95,091	60,555	100,902	-49,098	98,491	-50,009	87,978	-49,212
$V = -17,5 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-11,992	8,294	-11,792	8,258	-10,774	7,840	-60,590	121,049	-61,661	118,207	-60,355	105,590
1	6,67	-128,343	73,581	-125,584	74,323	-112,830	71,833	121,085	-60,647	118,259	-61,676	105,717	-60,490
$V = -25 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-72,493	42,903	-71,014	43,229	-63,966	41,655	-0,089	86,440	-2,439	83,236	-7,163	71,775
1	6,67	-188,890	108,225	-184,824	109,323	-166,046	105,667	181,632	-95,291	177,479	-96,676	158,933	-94,324
$V = -30 \text{ kN/m}$													
$\sigma_{k,K21,vm}$													
10	66,67	-112,847	66,000	-110,509	66,553	-99,437	64,210	40,265	63,343	37,056	59,912	28,308	49,220
1	6,67	-229,255	131,322	-224,318	132,657	-201,524	128,223	221,997	-118,388	216,973	-120,010	194,411	-116,880

 Tabelle D.50: $\sigma_{k,K21,vm}$, $\sigma_{k,K21,v}(M)$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

90°	$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 10 \text{ mm}$			$a_{unten} = 10 \text{ mm}$		
30 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16
M	$K_{t,vm}$ $V = +1,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 2,47 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -2,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 4,94 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -5,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 12,34 \text{ N/mm}^2$		
10	3,735	3,650	3,265	3,735	3,649	3,264	3,735	3,649	3,264
1	3,736	3,650	3,264	2,489	2,420	2,136	3,735	3,649	3,264
0	3,735	3,649	3,264	3,735	3,649	3,264	3,735	3,649	3,264
-3	3,735	3,649	3,265	3,735	3,649	3,264	3,463	3,381	3,014
-20	3,735	3,649	3,264	3,735	3,649	3,264	3,735	3,649	3,264
M	$K_{t,vm}$ $V = +1,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 24,68 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -2,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 30,85 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -5,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 37,02 \text{ N/mm}^2$		
10	3,735	3,649	3,264	3,735	3,649	3,264	3,734	3,648	3,263
1	2,761	2,688	2,385	2,956	2,880	2,561	3,086	3,008	2,678
M	$K_{t,vm}$ $V = +1,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 42,44 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -2,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 61,69 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -5,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 74,03 \text{ N/mm}^2$		
10	3,241	3,161	2,812	1,514	1,459	1,257	0,865	0,818	0,671
1	3,234	3,154	2,810	3,346	3,265	2,913	3,411	3,329	2,971

Tabelle D.51: $K_{t,vm}$ für $a_{unten} = 10 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

90°	$a_{unten} = 16 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$			$a_{unten} = 16 \text{ mm}$		
30 mm	8	10	16	8	10	16	8	10	16
M	$K_{t,vm}$ $V = +1,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 2,47 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -2,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 4,94 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -5,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 12,34 \text{ N/mm}^2$		
10	3,271	3,200	2,875	3,271	3,200	2,875	3,271	3,200	2,875
1	3,272	3,201	2,876	2,219	2,159	1,911	3,271	3,201	2,875
0	3,271	3,201	2,876	3,271	3,201	2,875	3,271	3,201	2,875
-3	3,271	3,200	2,876	3,271	3,200	2,875	3,036	2,968	2,658
-20	3,272	3,200	2,875	3,271	3,200	2,875	3,271	3,200	2,875
M	$K_{t,vm}$ $V = +1,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 24,68 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -2,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 30,85 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -5,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 37,02 \text{ N/mm}^2$		
10	3,271	3,200	2,875	3,272	3,200	2,875	3,270	3,199	2,875
1	2,453	2,391	2,128	2,617	2,553	2,277	2,726	2,661	2,377
M	$K_{t,vm}$ $V = +1,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 42,44 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -2,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 61,69 \text{ N/mm}^2$			$K_{t,vm}$ $V = -5,00 \text{ kN/m}$ $\sigma_{0,v} = 74,03 \text{ N/mm}^2$		
10	2,852	2,785	2,488	1,401	1,349	1,163	0,856	0,809	0,665
1	2,853	2,786	2,491	2,944	2,877	2,576	2,999	2,931	2,626

Tabelle D.52: $K_{t,vm}$ für $a_{unten} = 16 \text{ mm}$, $t_{Steg} = 30 \text{ mm}$, $\alpha = 90^\circ$

M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = +1$ kN/m $\sigma_{0,v} = 2,52$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-90,322	139,895	5,588	-8,440	3,351
1	6,67	-14,061	21,585	5,588	-8,440	3,351
0	0,00	-5,587	8,440	5,587	-8,440	3,351
-3	20,00	-30,997	19,833	-8,439	5,587	3,350
-20	133,33	-254,470	163,882	-8,439	5,586	3,350
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = +5$ kN/m $\sigma_{0,v} = 12,60$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-112,670	173,652	27,936	-42,197	3,350
1	6,67	-36,410	55,344	27,937	-42,199	3,350
0	0,00	-27,936	42,198	27,936	-42,198	3,350
-3	20,00	-2,552	2,794	-36,884	22,626	2,928
-20	133,33	-220,712	141,533	-42,197	27,935	3,350
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -12,5$ kN/m $\sigma_{0,v} = 31,49$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-14,905	25,997	-69,829	105,458	3,349
1	6,67	-92,350	61,367	83,877	-48,222	31,49
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -15$ kN/m $\sigma_{0,v} = 37,79$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-1,231	5,148	-83,503	126,307	3,343
1	6,67	-113,450	75,335	104,977	-62,190	2,778
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -25$ kN/m $\sigma_{0,v} = 62,98$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-79,552	54,959	-5,182	76,496	1,215
1	6,67	-197,849	131,210	189,376	-118,065	3,007
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -30$ kN/m $\sigma_{0,v} = 75,57$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-121,737	82,884	37,003	48,571	0,643
1	6,67	-240,045	159,144	231,572	-145,999	3,064

Tabelle D.53: $\sigma_{k,K21,vm}$, $\sigma_{k,K21,v}(M)$ und $K_{t,K21,vm}$ für $\alpha = 110^\circ$, $t_{Steg} = 30$ mm, $a_{oben} = 8$ mm, $a_{unten} = 16$ mm

M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = +1$ kN/m $\sigma_{0,v} = 2,71$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-96,123	139,169	6,411	-8,911	3,286
1	6,67	-15,381	21,937	6,410	-8,911	3,286
0	0,00	-6,412	8,913	6,412	-8,913	3,287
-3	20,00	-30,168	20,504	-8,910	6,410	3,286
-20	133,33	-251,603	173,012	-8,914	6,413	3,287
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = +5$ kN/m $\sigma_{0,v} = 13,56$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-121,763	174,812	32,051	-44,554	3,286
1	6,67	-41,026	57,587	32,055	-44,561	3,286
0	0,00	-32,058	44,563	32,058	-44,563	3,286
-3	20,00	-5,209	5,527	-33,869	21,387	2,498
-20	133,33	-215,965	147,372	-44,552	32,053	3,286
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -12,5$ kN/m $\sigma_{0,v} = 33,90$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-9,764	18,990	-79,948	111,268	3,282
1	6,67	-98,382	71,179	89,411	-58,153	2,638
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -15$ kN/m $\sigma_{0,v} = 40,68$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-3,865	7,094	-85,847	123,164	3,028
1	6,67	-120,663	87,208	111,692	-74,182	2,746
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -25$ kN/m $\sigma_{0,v} = 67,80$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-92,598	70,653	2,886	59,605	0,879
1	6,67	-209,789	151,324	200,818	-138,298	2,962
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -30$ kN/m $\sigma_{0,v} = 81,36$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	66,67	-137,153	102,700	47,441	27,558	0,583
1	6,67	-254,351	183,382	245,380	-170,356	3,016

Tabelle D.54: $\sigma_{k,K21,vm}$, $\sigma_{k,K21,v}(M)$ und $K_{t,K21,vm}$ für $\alpha = 130^\circ$, $t_{Steg} = 30$ mm, $a_{oben} = 8$ mm, $a_{unten} = 16$ mm

M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = +1$ kN/m $\sigma_{0,v} = 1,39$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	37,50	-55,322	99,805	3,318	-5,826	4,196
1	3,75	-8,534	15,262	3,334	-5,864	4,223
0	0,00	-3,336	5,869	3,336	-5,869	4,227
-3	11,25	-22,313	12,261	-5,881	3,340	4,235
-20	75,00	-182,005	100,637	-5,952	3,371	4,287
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = +5$ kN/m $\sigma_{0,v} = 6,94$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	37,50	-68,664	123,279	16,660	-29,300	4,220
1	3,75	-21,877	38,738	16,677	-29,340	4,226
0	0,00	-16,679	29,345	16,679	-29,345	4,227
-3	11,25	-1,119	1,214	-27,075	14,387	3,900
-20	75,00	-158,532	87,296	-29,425	16,712	4,238
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -12,5$ kN/m $\sigma_{0,v} = 17,36$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	37,50	-10,311	20,604	-41,693	73,375	4,228
1	3,75	-63,970	36,500	58,770	-27,102	3,386
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -15$ kN/m $\sigma_{0,v} = 20,83$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	37,50	-2,052	6,037	-49,952	87,942	4,222
1	3,75	-78,642	44,839	73,442	-35,441	3,526
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -25$ kN/m $\sigma_{0,v} = 34,71$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	37,50	-52,810	31,424	0,806	62,555	1,802
1	3,75	-137,332	78,197	132,132	-68,799	3,806
M	$\sigma_{0,m}$	$\sigma_{k,K21,vm}$		$\sigma_{k,K21,v}(M)$		$K_{t,vm}$ mit $V = -30$ kN/m $\sigma_{0,v} = 41,66$ N/mm ²
		Min.	Max.	Min.	Max.	
10	37,50	-82,151	48,100	30,147	45,879	1,101
1	3,75	-166,677	94,876	161,477	-85,478	3,876

Tabelle D.55: $\sigma_{k,K21,vm}$, $\sigma_{k,K21,v}(M)$ und $K_{t,K21,vm}$ für $\alpha = 90^\circ$, $t_{Steg} = 40$ mm, $a_{oben} = 8$ mm, $a_{unten} = 16$ mm

Anhang **E**

Ergänzungen zur Interpretation der Ergebnisse

Die effektiven Kerbspannungen $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ in den Tabellen E.1 bis E.16 dienen als Grundlage für Kapitel 7. Dabei werden, falls nicht anders angegeben, folgende Notationen verwendet: M in [kNm/m], N und V in [kN/m], t_{Steg} , a_{oben} und a_{unten} in [mm], α und β_3 in [°], $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ in [N/mm²], L in [m].

Die Berechnung der Schnittgrößen N , M und V erfolgte dabei in Anlehnung an Kapitel 6. Die effektiven Kerbspannungen an der kritischen Stelle $K21$ können nach dem Formelwerk aus Kapitel 5 ermittelt werden, während die effektiven Kerbspannungen an den kritischen Stellen $K11$ und $K12$ mit Hilfe dem Formelwerk gemäß [Schachinger, M., 2018] ermittelt werden.

In weiterer Folge muss noch festgelegt werden, an welcher globalen X -Koordinate die Schnittgrößen entnommen werden können, da die Entnahmestelle entlang der gesamten Brückenlänge verläuft (siehe Abbildung 6.12 bis 6.14), sowie infolge welcher Laststellung des Lastmodells 71. Bis dato wurde dieses immer in Brückenmitte angeordnet, um jedoch den maßgebenden Fall abzubilden wird in weiterer Folge eine Zugüberfahrt simuliert. Dazu wird, wiederum für die Modellvariante $t_{Steg} = 30$ mm, $\alpha = 130^\circ$, $L = 20$ m, die Zugstellung mehrfach variiert. Es erfolgt eine Betrachtung für die Brückenmitte, sowie bei einem Versatz von $\{2, 5; 5; 6, 5; 8, 5\}$ [m]. Je Zugstellung ergeben sich drei relevante Schnittgrößenkombination ($N_{max}(X_1)+M(X_1)+V(X_1)$, $N(X_2)+M_{max}(X_2)+V(X_2)$, $N(X_3)+M(X_3)+V_{max}(X_3)$) mit welchen die effektiven Kerbspannung an den kritischen Stellen $K11$, $K12$ und $K21$ berechnet wird. In den Abbildungen E.1 bis E.3 werden diese effektiven Kerbspannungen unabhängig von der globalen X -Koordinate der Schnittgrößenentnahmestelle an jener Brückenstelle aufgetragen an der das Lastmodell 71 positioniert war. Bei der Simulation einer Zugüberfahrt konnte festgestellt werden, dass einerseits die effektiven Kerbspannungen infolge der maximalen Normalkraft am größten

werden und andererseits, dass die maßgebende Stelle in Feldmitte ist. Man erkennt, dass bei der Schnittgrößenkombination mit N_{max} die effektiven Kerbspannungen zum Randbereich hin nochmals zunehmen (siehe Abbildung E.1 bis E.3), während sich die Schnittgrößenkombinationen mit M_{max} und V_{max} annähernd gleich verhalten, im Randbereich ihr Minimum erreichen und zum Auflager hin konstant bleiben. Es somit ausreichend, die Schnittgrößen mit einer Laststellung in Feldmitte zu ermitteln, sowie für die Berechnung der effektiven Kerbspannungen die Schnittgrößenkombination mit der maximalen Normalkraft zu wählen.

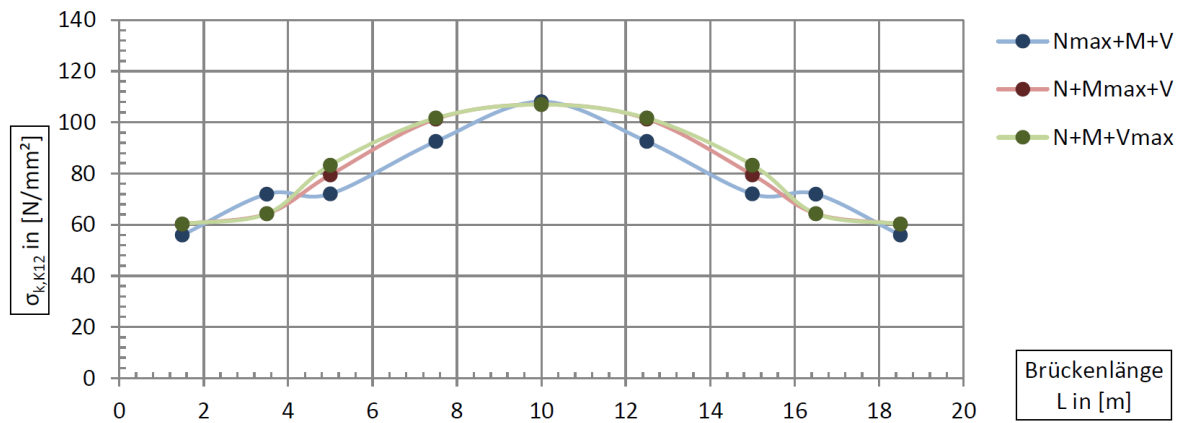


Abbildung E.1: Effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K12}$ an der obersten Kerbe der SWo für die Modellbildung 130-20-8-5-100 ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3$) mit $L = 20$ m

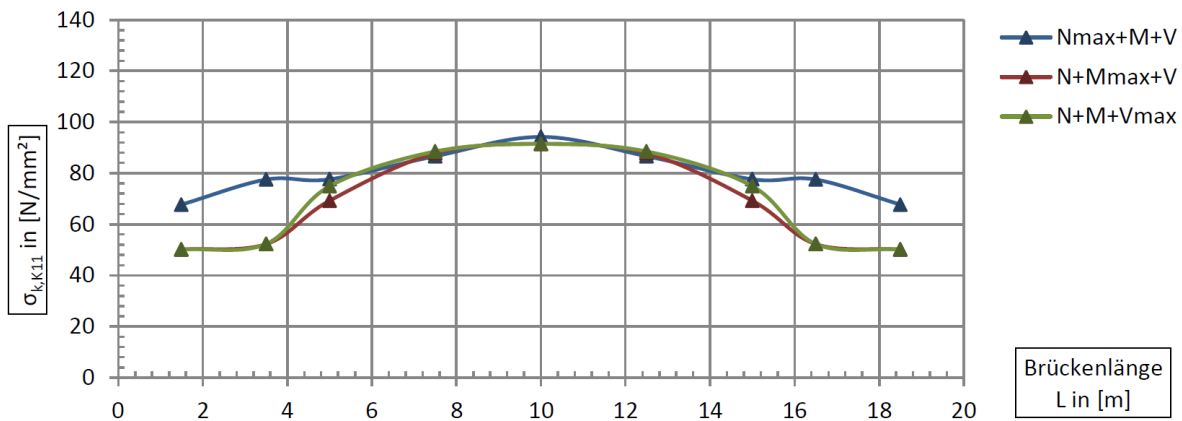


Abbildung E.2: Effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K11}$ an der Schweißnahtwurzel der SWo für die Modellbildung 130-20-8-5-100 ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3$) mit $L = 20$ m

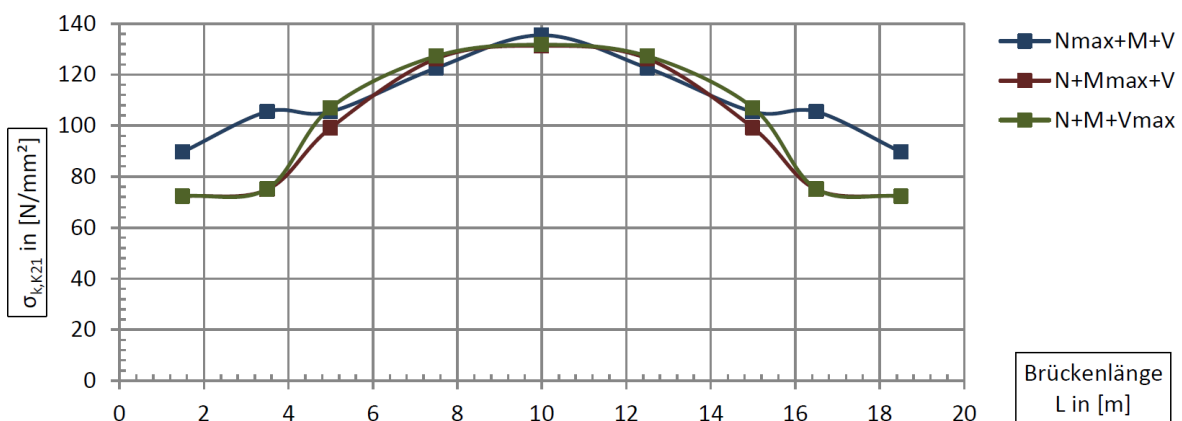


Abbildung E.3: Effektive Kerbspannung $\sigma_{k,K21}$ an der Schweißnahtwurzel der SWu für die Modellbildung 130-20-8-5-100 ($\alpha-t_{Steg}-a_{oben}-a_{unten}-\beta_3$) mit $L = 20$ m

L	20	130	20	N	122,16	kN/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	L	20	130	30	N	121,94	kN/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	L	20	130	40	N	122,15	kN/m
α	5	10	16	68,21	94,19	21,82	68,21	94,19	21,82	8	5	10	16	37,26	59,66	38,40	37,26	59,66	38,40	8	5	10	16	27,60	52,53	45,31
t_{Steg}	5	10	16	67,08	95,77	23,43	67,08	95,77	23,43	10	5	10	16	36,01	58,03	38,11	36,01	58,03	38,11	10	5	10	16	26,56	49,12	44,60
a_{oben}	5	10	16	65,89	97,08	28,27	65,89	97,08	28,27	16	5	10	16	33,94	55,82	37,25	33,94	55,82	37,25	16	5	10	16	24,46	44,50	42,46
	10	16	16	24,52	23,05	30,06	24,52	23,05	30,06	16	10	16	16	30,06	27,23	27,23	30,06	27,23	27,23	16	10	16	16	32,66	28,81	28,81
L	17,5	130	20	N	123,13	kN/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	L	17,5	130	30	N	123,29	kN/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	L	17,5	130	40	N	123,55	kN/m
α	130	20	20	M	-0,50	kNm/m	M	-0,57	kNm/m	α	130	30	30	M	-0,57	kNm/m	M	-0,74	kNm/m	α	130	30	40	M	-0,78	kNm/m
t_{Steg}	20	20	20	V	-1,09	kN/m	V	-0,74	kN/m	t_{Steg}	30	30	30	V	-0,74	kN/m	V	-0,69	kN/m	t_{Steg}	40	40	40	V	-0,69	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	a_{unten}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	a_{unten}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	a_{unten}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	10	16	32,76	69,54	63,59	32,76	69,54	63,59	8	5	10	16	22,83	52,99	60,72	22,83	52,99	60,72	8	5	10	16	19,82	49,61	62,07
10	10	16	16	31,62	68,40	52,08	31,62	68,40	52,08	10	10	16	16	21,57	50,24	48,94	21,57	50,24	48,94	10	10	16	16	18,77	45,74	47,79
16	16	16	16	30,42	66,22	46,90	30,42	66,22	46,90	16	16	16	16	19,48	46,13	44,36	19,48	46,13	44,36	16	16	16	16	16,64	40,14	42,18
	10	16	16	49,41	44,89	49,41	49,41	44,89	49,41	16	10	16	16	45,49	40,87	45,49	45,49	40,87	40,87	16	10	16	16	44,26	38,65	41,30
L	15	130	20	N	124,36	kN/m	N	124,66	kN/m	L	15	130	30	N	124,66	kN/m	N	-0,32	kNm/m	L	15	130	40	N	124,93	kN/m
α	130	20	20	M	-0,12	kNm/m	M	-0,32	kNm/m	α	130	30	30	M	-0,32	kNm/m	M	-0,36	kNm/m	α	130	30	40	M	-0,64	kNm/m
t_{Steg}	20	20	20	V	-0,45	kN/m	V	-0,33	kN/m	t_{Steg}	30	30	30	V	-0,33	kN/m	V	-0,36	kN/m	t_{Steg}	40	40	40	V	-0,36	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	a_{unten}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	a_{unten}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	a_{unten}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	10	16	20,04	61,73	77,63	20,04	61,73	77,63	8	5	10	16	18,83	51,67	68,33	18,83	51,67	68,33	8	5	10	16	18,54	49,47	66,49
10	10	16	16	18,88	59,34	63,54	18,88	59,34	63,54	10	10	16	16	17,55	48,51	54,99	17,55	48,51	54,99	10	10	16	16	17,48	45,48	51,05
16	16	16	16	17,67	55,55	58,02	17,67	55,55	58,02	16	16	16	16	15,44	43,71	49,75	15,44	43,71	49,75	16	16	16	16	15,33	39,63	44,98
	10	16	16	71,96	57,87	71,96	71,96	57,87	71,96	16	10	16	16	64,12	50,78	67,28	64,12	50,78	67,28	16	10	16	16	62,77	47,33	65,56
	10	16	16	52,34	52,34	52,34	52,34	52,34	52,34	16	10	16	16	45,54	45,54	45,54	45,54	45,54	45,54	16	10	16	16	41,27	41,27	50,12
	10	16	16	56,60	56,60	56,60	56,60	56,60	56,60	16	10	16	16	48,70	48,70	48,70	48,70	48,70	48,70	16	10	16	16	44,06	44,06	50,12
	10	16	16	71,96	71,96	71,96	71,96	71,96	71,96	16	10	16	16	64,12	64,12	64,12	64,12	64,12	64,12	16	10	16	16	39,63	39,63	62,77
	10	16	16	57,87	57,87	57,87	57,87	57,87	57,87	16	10	16	16	45,54	45,54	45,54	45,54	45,54	45,54	16	10	16	16	47,33	47,33	47,33
	10	16	16	52,34	52,34	52,34	52,34	52,34	52,34	16	10	16	16	45,54	45,54	45,54	45,54	45,54	45,54	16	10	16	16	41,27	41,27	41,27

 Tabelle E.1: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 130^\circ$, $\beta_3 = 155^\circ$ und $L = \{15; 17, 5; 20\}$ [m]

L	$12,5$	N	$125,70$	kN/m	L	$12,5$	N	$126,11$	kN/m	L	$12,5$	N	$126,44$	kN/m
α	130	M	$-0,17$	kNm/m	α	130	M	$-0,58$	kNm/m	α	130	M	$-1,14$	kNm/m
t_{Steg}	20	V	$-0,37$	kN/m	t_{Steg}	30	V	$-0,45$	kN/m	t_{Steg}	40	V	$-0,62$	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	21,89	63,28	77,07	8	5	23,29	53,86	63,72	8	5	23,69	51,66	58,55
	10			63,08		10			51,33		10			45,28
	16			57,59		16			46,47		16			40,06
10	5	20,72	61,04	75,71	10	5	21,99	51,08	62,80	10	5	22,62	47,96	57,70
	10			61,72		10			50,41		10			44,43
	16			56,24		16			45,55		16			39,21
16	5	19,50	57,46	71,65	16	5	19,86	46,94	60,03	16	5	20,44	42,77	55,14
	10			57,66		10			47,64		10			41,87
	16			52,17		16			42,78		16			36,66
L	10	N	126,64	kN/m	L	10	N	127,31	kN/m	L	10	N	127,93	kN/m
α	130	M	-0,43	kNm/m	α	130	M	-1,23	kNm/m	α	130	M	-2,30	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,67	kN/m	t_{Steg}	30	V	-1,07	kN/m	t_{Steg}	40	V	-1,61	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	30,81	69,30	66,88	8	5	34,18	59,27	49,18	8	5	35,44	57,92	37,56
	10			54,79		10			39,79		10			29,98
	16			50,05		16			36,10		16			26,98
10	5	29,63	67,90	66,10	10	5	32,87	57,34	48,64	10	5	34,36	54,63	36,91
	10			54,01		10			39,25		10			29,33
	16			49,28		16			35,56		16			26,33
16	5	28,40	65,39	63,79	16	5	30,71	54,63	47,04	16	5	32,15	50,38	34,97
	10			51,70		10			37,65		10			27,39
	16			46,96		16			33,95		16			24,39

 Tabelle E.2: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 130^\circ$, $\beta_3 = 155^\circ$ und $L = \{10; 12, 5\}$ [m]

L	20	N	122,16	kN/m	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	L	20	N	121,94	kN/m	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	L	20	N	122,15	kN/m
t_{Steg}	20	V	-2,61	kN/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	t_{Steg}	30	V	-1,75	kN/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	t_{Steg}	40	V	-1,56	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	
8	5	108,09	94,19	21,82	8	5	70,02	59,66	38,40	8	5	58,76	52,53	45,31				
	10		18,07			10			31,21		10			35,52				
	16		16,60			16			28,39		16			31,66				
10	5	102,59	95,77	23,43	10	5	63,95	58,03	38,11	10	5	53,75	49,12	44,60				
	10		19,68			10			30,93		10			34,80				
	16		18,21			16			28,10		16			30,95				
16	5	96,83	97,08	28,27	16	5	53,94	55,82	37,25	16	5	43,55	44,50	42,46				
	10		24,52			10			30,06		10			32,66				
	16		23,05			16			27,23		16			28,81				
L	17,5	N	123,13	kN/m	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	L	17,5	N	123,29	kN/m	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	L	17,5	N	123,55	kN/m
α	130	M	-0,50	kNm/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	α	130	M	-0,57	kNm/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	α	130	M	-0,78	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-1,09	kN/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	t_{Steg}	30	V	-0,74	kN/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	t_{Steg}	40	V	-0,69	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	
8	5	54,78	69,54	63,59	8	5	47,86	52,99	60,72	8	5	46,69	49,61	62,07				
	10		52,08			10			48,94		10			47,79				
	16		47,56			16			44,32		16			42,18				
10	5	49,24	68,40	62,92	10	5	41,73	50,24	59,85	10	5	41,63	45,74	61,18				
	10		51,41			10			48,07		10			46,90				
	16		46,90			16			43,46		16			41,30				
16	5	43,43	66,22	60,91	16	5	31,61	46,13	57,26	16	5	31,31	40,14	58,54				
	10		49,41			10			45,49		10			44,26				
	16		44,89			16			40,87		16			38,65				
L	15	N	124,36	kN/m	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	L	15	N	124,66	kN/m	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	L	15	N	124,93	kN/m
α	130	M	-0,12	kNm/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	α	130	M	-0,32	kNm/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	α	130	M	-0,64	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,45	kN/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	t_{Steg}	30	V	-0,33	kN/m	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	t_{Steg}	40	V	-0,36	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	
8	5	35,66	61,73	77,63	8	5	41,79	51,67	68,33	8	5	44,83	49,47	66,49				
	10		63,54			10			54,99		10			51,05				
	16		58,02			16			49,75		16			44,98				
10	5	30,07	59,34	76,21	10	5	35,59	48,51	67,28	10	5	39,71	45,48	65,56				
	10		62,12			10			53,93		10			50,12				
	16		56,60			16			48,70		16			44,06				
16	5	24,19	55,55	71,96	16	5	25,36	43,71	64,12	16	5	29,28	39,63	62,77				
	10		57,87			10			50,78		10			47,33				
	16		52,34			16			45,54		16			41,27				

 Tabelle E.3: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 130^\circ$, $\beta_3 = 100^\circ$ und $L = \{15; 17, 5; 20\}$ [m]

L	$12,5$	N	$125,70$	kN/m	L	$12,5$	N	$126,11$	kN/m	L	$12,5$	N	$126,44$	kN/m
α	130	M	$-0,17$	kNm/m	α	130	M	$-0,58$	kNm/m	α	130	M	$-1,14$	kNm/m
t_{Steg}	20	V	$-0,37$	kN/m	t_{Steg}	30	V	$-0,45$	kN/m	t_{Steg}	40	V	$-0,62$	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	38,47	63,28	77,07	8	5	48,79	53,86	63,72	8	5	53,07	51,66	58,55
	10			63,08		10			51,33		10			45,28
	16			57,59		16			46,47		16			40,06
10	5	32,81	61,04	75,71	10	5	42,51	51,08	62,80	10	5	47,88	47,96	57,70
	10			61,72		10			50,41		10			44,43
	16			56,24		16			45,55		16			39,21
16	5	26,88	57,46	71,65	16	5	32,16	46,94	60,03	16	5	37,33	42,77	55,14
	10			57,66		10			47,64		10			41,87
	16			52,17		16			42,78		16			36,66

L	10	N	$126,64$	kN/m	L	10	N	$127,31$	kN/m	L	10	N	$127,93$	kN/m
α	130	M	$-0,43$	kNm/m	α	130	M	$-1,23$	kNm/m	α	130	M	$-2,30$	kNm/m
t_{Steg}	20	V	$-0,67$	kN/m	t_{Steg}	30	V	$-1,07$	kN/m	t_{Steg}	40	V	$-1,61$	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	51,92	69,30	66,88	8	5	65,71	59,27	49,18	8	5	71,71	57,92	37,56
	10			54,79		10			39,79		10			29,98
	16			50,05		16			36,10		16			26,98
10	5	46,22	67,90	66,10	10	5	59,38	57,34	48,64	10	5	66,46	54,63	36,91
	10			54,01		10			39,25		10			29,33
	16			49,28		16			35,56		16			26,33
16	5	40,24	65,39	63,79	16	5	48,93	54,63	47,04	16	5	55,78	50,38	34,97
	10			51,70		10			37,65		10			27,59
	16			46,96		16			33,95		16			24,39

 Tabelle E.4: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 130^\circ$, $\beta_3 = 100^\circ$ und $L = \{10; 12, 5\}$ [m]

L	20	N	98,04	kN/m	L	20	N	98,28	kN/m	L	20	N	98,60	kN/m
α	120	M	-0,44	kNm/m	α	120	M	-0,59	kNm/m	α	120	M	-0,91	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,74	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,60	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,73	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	27,49	58,55	44,31	8	5	20,44	45,70	43,58	8	5	18,69	43,50	42,71
	10		35,62	32,21		10			34,65		10			32,64
	16		32,21			16			31,14		16			28,67
10	5	26,58	57,85	43,92	10	5	19,43	43,52	42,96	10	5	17,86	40,26	42,06
	10		35,22	31,81		10			34,02		10			31,98
	16		31,81			16			30,51		16			28,02
16	5	25,62	56,52	42,72	16	5	17,76	40,47	41,07	16	5	16,16	35,82	40,10
	10		34,03	30,62		10			32,14		10			30,02
	16		30,62			16			28,63		16			26,06
L	17,5	N	99,73	kN/m	L	17,5	N	99,96	kN/m	L	17,5	N	100,19	kN/m
α	120	M	-0,06	kNm/m	α	120	M	-0,26	kNm/m	α	120	M	-0,63	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,11	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,08	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,23	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	14,82	51,67	59,81	8	5	15,15	44,23	53,09	8	5	16,03	42,99	49,88
	10		48,24	43,70		10			42,20		10			37,90
	16		43,70			16			37,92		16			33,19
10	5	13,90	49,54	58,60	10	5	14,12	41,50	52,23	10	5	15,18	39,55	49,15
	10		47,02	42,48		10			41,33		10			37,17
	16		42,48			16			37,06		16			32,46
16	5	12,92	46,22	54,94	16	5	12,43	37,43	49,63	16	5	13,46	34,65	46,96
	10		43,36	38,83		10			38,73		10			34,98
	16		38,83			16			34,46		16			30,27
L	15	N	101,18	kN/m	L	15	N	101,37	kN/m	L	15	N	101,55	kN/m
α	120	M	-0,06	kNm/m	α	120	M	-0,40	kNm/m	α	120	M	-0,89	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,03	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,08	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,28	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	15,00	52,33	61,02	8	5	17,61	45,54	51,29	8	5	18,76	44,27	46,46
	10		49,21	44,58		10			40,76		10			35,42
	16		44,58			16			36,63		16			31,08
10	5	14,06	50,17	59,77	10	5	16,57	43,00	50,48	10	5	17,90	40,95	45,76
	10		47,96	43,33		10			39,95		10			34,73
	16		43,33			16			35,82		16			30,38
16	5	13,07	46,81	56,00	16	5	14,85	39,32	48,04	16	5	16,15	36,38	43,67
	10		44,19	39,56		10			37,52		10			32,63
	16		39,56			16			33,38		16			28,29

 Tabelle E.5: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 120^\circ$, $\beta_3 = 155^\circ$ und $L = \{15; 17, 5; 20\}$ [m]

L	12,5	N	102,47	kN/m	L	12,5	N	102,71	kN/m	L	12,5	N	102,95	kN/m
α	120	M	-0,35	kNm/m	α	120	M	-1,00	kNm/m	α	120	M	-1,79	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,37	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,60	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,96	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	24,98	58,73	51,15	8	5	27,68	50,16	38,53	8	5	27,90	48,90	30,97
	10			41,16		10			30,63		10			24,13
	16			37,24		16			27,52		16			21,42
10	5	24,03	57,62	50,47	10	5	26,63	48,44	38,06	10	5	27,03	45,90	30,42
	10			40,48		10			30,16		10			23,59
	16			36,56		16			27,05		16			20,88
16	5	23,03	55,73	48,42	16	5	24,89	46,28	36,65	16	5	25,25	42,15	28,78
	10			38,43		10			28,75		10			21,95
	16			34,51		16			25,63		16			19,24
L	10	N	102,85	kN/m	L	10	N	103,39	kN/m	L	10	N	103,90	kN/m
α	120	M	-0,73	kNm/m	α	120	M	-1,90	kNm/m	α	120	M	-3,32	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,94	kN/m	t_{Steg}	30	V	-1,62	kN/m	t_{Steg}	40	V	-2,42	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	37,91	66,84	36,62	8	5	42,66	59,02	18,12	8	5	43,31	58,74	4,63
	10			29,32		10			14,42		10			4,90
	16			26,46		16			12,95		16			4,97
10	5	36,95	67,05	36,74	10	5	41,60	58,02	18,18	10	5	42,43	55,93	4,34
	10			29,45		10			14,48		10			4,62
	16			26,58		16			13,01		16			4,68
16	5	35,95	66,98	37,13	16	5	39,85	57,24	18,38	16	5	40,64	52,73	3,48
	10			29,83		10			14,68		10			3,76
	16			26,97		16			13,21		16			3,82

 Tabelle E.6: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 120^\circ$, $\beta_3 = 155^\circ$ und $L = \{10; 12, 5\}$ [m]

L	20	N	98,04	kN/m	L	20	N	98,28	kN/m	L	20	N	98,60	kN/m
α	120	M	-0,44	kNm/m	α	120	M	-0,59	kNm/m	α	120	M	-0,91	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,74	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,60	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,73	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	45,68	58,55	44,31	8	5	41,58	45,70	43,58	8	5	41,77	43,50	42,71
	10			35,62		10			34,65		10			32,64
	16			32,21		16			31,14		16			28,67
10	5	41,27	57,85	43,92	10	5	36,69	43,52	42,96	10	5	37,72	40,26	42,06
	10			35,22		10			34,02		10			31,98
	16			31,81		16			30,51		16			28,02
16	5	36,64	56,52	42,72	16	5	28,62	40,47	41,07	16	5	29,49	35,82	40,10
	10			34,03		10			32,14		10			30,02
	16			30,62		16			28,63		16			26,06
L	17,5	N	99,73	kN/m	L	17,5	N	99,96	kN/m	L	17,5	N	100,19	kN/m
α	120	M	-0,06	kNm/m	α	120	M	-0,26	kNm/m	α	120	M	-0,63	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,11	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,08	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,23	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	26,67	51,67	59,81	8	5	33,54	44,23	53,09	8	5	37,75	42,99	49,88
	10			48,24		10			42,20		10			37,90
	16			43,70		16			37,92		16			33,19
10	5	22,19	49,54	58,60	10	5	28,57	41,50	52,23	10	5	33,64	39,55	49,15
	10			47,02		10			41,33		10			37,17
	16			42,48		16			37,06		16			32,46
16	5	17,48	46,22	54,94	16	5	20,37	37,43	49,63	16	5	25,28	34,65	46,96
	10			43,36		10			38,73		10			34,98
	16			38,83		16			34,46		16			30,27
L	15	N	101,18	kN/m	L	15	N	101,37	kN/m	L	15	N	101,55	kN/m
α	120	M	-0,06	kNm/m	α	120	M	-0,40	kNm/m	α	120	M	-0,89	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,03	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,08	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,28	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	26,98	52,33	61,02	8	5	37,46	45,54	51,29	8	5	42,17	44,27	46,46
	10			49,21		10			40,76		10			35,42
	16			44,58		16			36,63		16			31,08
10	5	22,43	50,17	59,77	10	5	32,42	43,00	50,48	10	5	38,01	40,95	45,76
	10			47,96		10			39,95		10			34,73
	16			43,33		16			35,82		16			30,38
16	5	17,65	46,81	56,00	16	5	24,10	39,32	48,04	16	5	29,53	36,38	43,67
	10			44,19		10			37,52		10			32,63
	16			39,56		16			33,38		16			28,29

 Tabelle E.7: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 120^\circ$, $\beta_3 = 100^\circ$ und $L = \{15; 17, 5; 20\}$ [m]

L	12,5	N	102,47	kN/m	L	12,5	N	102,71	kN/m	L	12,5	N	102,95	kN/m
α	120	M	-0,35	kNm/m	α	120	M	-1,00	kNm/m	α	120	M	-1,79	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,37	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,60	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,96	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	42,04	58,73	51,15	8	5	53,13	50,16	38,53	8	5	56,68	48,90	30,97
	10			41,16		10			30,63		10			24,13
	16			37,24		16			27,52		16			21,42
10	5	37,44	57,62	50,47	10	5	48,02	48,44	38,06	10	5	52,46	45,90	30,42
	10			40,48		10			30,16		10			23,59
	16			36,56		16			27,05		16			20,88
16	5	32,60	55,73	48,42	16	5	39,59	46,28	36,65	16	5	43,87	42,15	28,78
	10			38,43		10			28,75		10			21,95
	16			34,51		16			25,63		16			19,24
L	10	N	102,85	kN/m	L	10	N	103,39	kN/m	L	10	N	103,90	kN/m
α	120	M	-0,73	kNm/m	α	120	M	-1,90	kNm/m	α	120	M	-3,32	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,94	kN/m	t_{Steg}	30	V	-1,62	kN/m	t_{Steg}	40	V	-2,42	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	61,52	66,84	36,62	8	5	76,34	59,02	18,12	8	5	81,02	58,74	4,63
	10			29,32		10			14,42		10			4,90
	16			26,46		16			12,95		16			4,97
10	5	56,89	67,05	36,74	10	5	71,20	58,02	18,18	10	5	76,76	55,93	4,34
	10			29,45		10			14,48		10			4,62
	16			26,58		16			13,01		16			4,68
16	5	52,03	66,98	37,13	16	5	62,71	57,24	18,38	16	5	68,09	52,73	3,48
	10			29,83		10			14,68		10			3,76
	16			26,97		16			13,21		16			3,82

 Tabelle E.8: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 120^\circ$, $\beta_3 = 100^\circ$ und $L = \{10; 12, 5\}$ [m]

L	20	N	88,80	kN/m	L	20	N	88,89	kN/m	L	20	N	89,16	kN/m
α	110	M	-0,80	kNm/m	α	110	M	-1,03	kNm/m	α	110	M	-1,38	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-1,08	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,90	kN/m	t_{Steg}	40	V	-1,02	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	38,48	63,93	22,34	8	5	26,70	47,60	26,76	8	5	22,47	44,69	27,38
	10			17,16		10			20,84		10			20,87
	16			15,12		16			18,50		16			18,30
10	5	37,66	64,69	22,79	10	5	25,78	46,05	26,47	10	5	21,72	41,68	26,89
	10			17,61		10			20,55		10			20,37
	16			15,57		16			18,21		16			17,80
16	5	36,79	65,65	24,12	16	5	24,28	44,36	25,60	16	5	20,18	37,86	25,40
	10			18,94		10			19,67		10			18,89
	16			16,91		16			17,34		16			16,31
L	17,5	N	90,62	kN/m	L	17,5	N	90,81	kN/m	L	17,5	N	91,00	kN/m
α	110	M	-0,61	kNm/m	α	110	M	-0,96	kNm/m	α	110	M	-1,38	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,74	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,68	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,81	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	32,27	60,75	30,92	8	5	25,74	47,75	30,04	8	5	22,64	45,32	29,17
	10			24,12		10			23,42		10			22,19
	16			21,45		16			20,82		16			19,44
10	5	31,43	60,85	30,93	10	5	24,80	46,09	29,67	10	5	21,87	42,25	28,65
	10			24,13		10			23,06		10			21,68
	16			21,46		16			20,45		16			18,92
16	5	30,55	60,84	30,95	16	5	23,27	44,19	28,56	16	5	20,30	38,36	27,10
	10			24,15		10			21,95		10			20,12
	16			21,48		16			19,35		16			17,37
L	15	N	92,19	kN/m	L	15	N	92,35	kN/m	L	15	N	92,48	kN/m
α	110	M	-0,69	kNm/m	α	110	M	-1,29	kNm/m	α	110	M	-1,89	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,79	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,88	kN/m	t_{Steg}	40	V	-1,06	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	35,18	63,20	29,26	8	5	31,36	51,19	24,03	8	5	27,88	48,55	21,50
	10			22,75		10			18,64		10			16,61
	16			20,19		16			16,51		16			14,66
10	5	34,32	63,55	29,39	10	5	30,41	49,81	23,83	10	5	27,10	45,58	21,05
	10			22,87		10			18,44		10			16,17
	16			20,32		16			16,31		16			14,22
16	5	33,42	63,91	29,77	16	5	28,85	48,51	23,22	16	5	25,51	41,99	19,72
	10			23,26		10			17,83		10			14,83
	16			20,70		16			15,70		16			12,89

 Tabelle E.9: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 110^\circ$, $\beta_3 = 155^\circ$ und $L = \{15; 17, 5; 20\}$ [m]

L	$12,5$	N	$85,93$	kN/m	L	$12,5$	N	$93,51$	kN/m	L	$12,5$	N	$86,60$	kN/m
α	110	M	$-0,82$	kNm/m	α	110	M	$-2,00$	kNm/m	α	110	M	$-2,81$	kNm/m
t_{Steg}	20	V	$-1,10$	kN/m	t_{Steg}	30	V	$-1,59$	kN/m	t_{Steg}	40	V	$-2,33$	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	38,79	62,89	19,99	8	5	43,24	58,96	9,36	8	5	36,54	52,31	1,27
	10		15,28			10			6,98		10			1,77
	16		13,43			16			6,03		16			1,93
10	5	37,99	63,76	20,51	10	5	42,28	58,02	9,54	10	5	35,80	49,62	1,04
	10		15,80			10			7,17		10			1,54
	16		13,95			16			6,21		16			1,70
16	5	37,15	64,90	22,08	16	5	40,70	57,60	10,10	16	5	34,31	46,59	0,35
	10		17,36			10			7,73		10			0,85
	16		15,51			16			6,77		16			1,01
L	10	N	93,23	kN/m	L	10	N	93,72	kN/m	L	10	N	94,29	kN/m
α	110	M	-1,26	kNm/m	α	110	M	-2,95	kNm/m	α	110	M	-4,80	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-1,68	kN/m	t_{Steg}	30	V	-2,75	kN/m	t_{Steg}	40	V	-3,86	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	54,63	77,14	8,52	8	5	59,00	70,35	8,79	8	5	57,20	68,92	15,91
	10		5,84			10			7,42		10			10,71
	16		4,78			16			6,91		16			8,71
10	5	53,76	79,03	9,81	10	5	58,04	69,71	8,13	10	5	56,40	66,05	15,99
	10		7,13			10			6,76		10			10,79
	16		6,08			16			6,25		16			8,79
16	5	52,85	81,64	13,69	16	5	56,45	69,94	6,15	16	5	54,77	62,99	16,23
	10		11,01			10			4,78		10			11,03
	16		9,96			16			4,27		16			9,03

 Tabelle E.10: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 110^\circ$, $\beta_3 = 155^\circ$ und $L = \{10; 12, 5\}$ [m]

L	20	N	88,80	kN/m	L	20	N	88,89	kN/m	L	20	N	89,16	kN/m
α	110	M	-0,80	kNm/m	α	110	M	-1,03	kNm/m	α	110	M	-1,38	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-1,08	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,90	kN/m	t_{Steg}	40	V	-1,02	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	61,78	63,93	22,34	8	5	50,25	47,60	26,76	8	5	46,49	44,69	27,38
	10			17,16		10			20,84		10			20,87
	16			15,12		16			18,50		16			18,30
10	5	57,78	64,69	22,79	10	5	45,83	46,05	26,47	10	5	42,84	41,68	26,89
	10			17,61		10			20,55		10			20,37
	16			15,57		16			18,21		16			17,80
16	5	53,59	65,65	24,12	16	5	38,53	44,36	25,60	16	5	35,39	37,86	25,40
	10			18,94		10			19,67		10			18,89
	16			16,91		16			17,34		16			16,31
L	17,5	N	90,62	kN/m	L	17,5	N	90,81	kN/m	L	17,5	N	91,00	kN/m
α	110	M	-0,61	kNm/m	α	110	M	-0,96	kNm/m	α	110	M	-1,38	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,74	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,68	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,81	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	52,49	60,75	30,92	8	5	48,93	47,75	30,04	8	5	46,96	45,32	29,17
	10			24,12		10			23,42		10			22,19
	16			21,45		16			20,82		16			19,44
10	5	48,42	60,85	30,93	10	5	44,42	46,09	29,67	10	5	43,23	42,25	28,65
	10			24,13		10			23,06		10			21,68
	16			21,46		16			20,45		16			18,92
16	5	44,14	60,84	30,95	16	5	36,96	44,19	28,56	16	5	35,63	38,36	27,10
	10			24,15		10			21,95		10			20,12
	16			21,48		16			19,35		16			17,37
L	15	N	92,19	kN/m	L	15	N	92,35	kN/m	L	15	N	92,48	kN/m
α	110	M	-0,69	kNm/m	α	110	M	-1,29	kNm/m	α	110	M	-1,89	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,79	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,88	kN/m	t_{Steg}	40	V	-1,06	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	56,92	63,20	29,26	8	5	57,74	51,19	24,03	8	5	55,34	48,55	21,50
	10			22,75		10			18,64		10			16,61
	16			20,19		16			16,51		16			14,66
10	5	52,77	63,55	29,39	10	5	53,15	49,81	23,83	10	5	51,55	45,58	21,05
	10			22,87		10			18,44		10			16,17
	16			20,32		16			16,31		16			14,22
16	5	48,42	63,91	29,77	16	5	45,57	48,51	23,22	16	5	43,83	41,99	19,72
	10			23,26		10			17,83		10			14,83
	16			20,70		16			15,70		16			12,89

 Tabelle E.11: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 110^\circ$, $\beta_3 = 100^\circ$ und $L = \{15; 17, 5; 20\}$ [m]

L	12,5	N	85,93	kN/m	L	12,5	N	93,51	kN/m	L	12,5	N	86,60	kN/m
α	110	M	-0,82	kNm/m	α	110	M	-2,00	kNm/m	α	110	M	-2,81	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-1,10	kN/m	t_{Steg}	30	V	-1,59	kN/m	t_{Steg}	40	V	-2,33	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	62,11	62,89	19,99	8	5	76,20	58,96	9,36	8	5	68,27	52,31	1,27
	10		15,28			10		6,98			10		1,77	
	16		13,43			16		6,03			16		1,93	
10	5	58,25	63,76	20,51	10	5	71,54	58,02	9,54	10	5	64,72	49,62	1,04
	10		15,80			10		7,17			10		1,54	
	16		13,95			16		6,21			16		1,70	
16	5	54,19	64,90	22,08	16	5	63,87	57,60	10,10	16	5	57,49	46,59	0,35
	10		17,36			10		7,73			10		0,85	
	16		15,51			16		6,77			16		1,01	
L	10	N	93,23	kN/m	L	10	N	93,72	kN/m	L	10	N	94,29	kN/m
α	110	M	-1,26	kNm/m	α	110	M	-2,95	kNm/m	α	110	M	-4,80	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-1,68	kN/m	t_{Steg}	30	V	-2,75	kN/m	t_{Steg}	40	V	-3,86	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	86,25	77,14	8,52	8	5	100,59	70,35	8,79	8	5	101,64	68,92	15,91
	10		5,84			10		7,42			10		10,71	
	16		4,78			16		6,91			16		8,71	
10	5	82,06	79,03	9,81	10	5	95,92	69,71	8,13	10	5	97,77	66,05	15,99
	10		7,13			10		6,76			10		10,79	
	16		6,08			16		6,25			16		8,79	
16	5	77,66	81,64	13,69	16	5	88,23	69,94	6,15	16	5	89,90	62,99	16,23
	10		11,01			10		4,78			10		11,03	
	16		9,96			16		4,27			16		9,03	

 Tabelle E.12: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 110^\circ$, $\beta_3 = 100^\circ$ und $L = \{10; 12, 5\}$ [m]

L	20	N	78,65	kN/m	L	20	N	78,86	kN/m	L	20	N	79,02	kN/m
α	90	M	-0,41	kNm/m	α	90	M	-0,75	kNm/m	α	90	M	-1,21	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,19	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,16	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,35	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	23,93	56,02	28,19	8	5	20,95	46,42	26,11	8	5	19,76	45,52	23,90
	10			21,09		10			19,67		10			17,56
	16			18,30		16			17,13		16			15,05
10	5	23,20	55,56	27,85	10	5	20,14	44,49	25,71	10	5	19,09	42,27	23,44
	10			20,75		10			19,26		10			17,10
	16			17,96		16			16,72		16			14,59
16	5	22,44	54,90	26,82	16	5	18,80	42,23	24,49	16	5	17,73	38,11	22,07
	10			19,72		10			18,04		10			15,73
	16			16,93		16			15,50		16			13,22
L	17,5	N	80,64	kN/m	L	17,5	N	80,77	kN/m	L	17,5	N	80,86	kN/m
α	90	M	-0,74	kNm/m	α	90	M	-1,27	kNm/m	α	90	M	-1,83	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,63	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,64	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,80	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	35,37	64,06	17,27	8	5	29,76	51,96	15,74	8	5	26,14	49,89	14,21
	10			12,14		10			11,40		10			10,49
	16			10,12		16			9,68		16			8,99
10	5	34,62	64,79	17,56	10	5	28,93	50,47	15,62	10	5	25,46	46,71	13,84
	10			12,43		10			11,28		10			10,12
	16			10,41		16			9,56		16			8,63
16	5	33,83	65,98	18,44	16	5	27,56	49,22	15,23	16	5	24,07	42,87	12,74
	10			13,31		10			10,89		10			9,02
	16			11,29		16			9,17		16			7,53
L	15	N	82,10	kN/m	L	15	N	82,18	kN/m	L	15	N	82,22	kN/m
α	90	M	-1,12	kNm/m	α	90	M	-2,00	kNm/m	α	90	M	-2,83	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-1,19	kN/m	t_{Steg}	30	V	-1,39	kN/m	t_{Steg}	40	V	-1,66	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	48,43	74,13	4,31	8	5	42,00	60,70	1,25	8	5	36,28	57,15	1,15
	10			1,55		10			0,13		10			0,73
	16			0,46		16			0,69		16			0,61
10	5	47,67	75,90	5,34	10	5	41,16	59,59	1,50	10	5	35,59	54,02	1,37
	10			2,58		10			0,13		10			0,95
	16			1,49		16			0,44		16			0,82
16	5	46,87	78,72	8,43	16	5	39,76	59,19	2,27	16	5	34,17	50,46	2,02
	10			5,67		10			0,90		10			1,60
	16			4,58		16			0,33		16			1,48

 Tabelle E.13: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 90^\circ$, $\beta_3 = 155^\circ$ und $L = \{15; 17, 5; 20\}$ [m]

L	12,5	N	82,93	kN/m	L	12,5	N	83,02	kN/m	L	12,5	N	83,08	kN/m
α	90	M	-1,51	kNm/m	α	90	M	-2,98	kNm/m	α	90	M	-4,35	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-1,84	kN/m	t_{Steg}	30	V	-2,54	kN/m	t_{Steg}	40	V	-3,16	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	61,76	85,26	8,92	8	5	58,32	73,46	14,29	8	5	51,59	68,68	15,11
	10		9,24			10			12,47		10			10,94
	16		9,38			16			11,79		16			9,34
10	5	60,99	87,80	7,14	10	5	57,47	72,60	13,63	10	5	50,89	65,55	15,19
	10		7,46			10			11,81		10			11,02
	16		7,60			16			11,12		16			9,43
16	5	60,18	91,82	1,83	16	5	56,07	72,79	11,64	16	5	49,45	62,11	15,45
	10		2,15			10			9,82		10			11,27
	16		2,28			16			9,13		16			9,68
L	10	N	82,29	kN/m	L	10	N	82,51	kN/m	L	10	N	82,72	kN/m
α	90	M	-1,78	kNm/m	α	90	M	-3,98	kNm/m	α	90	M	-6,30	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-2,40	kN/m	t_{Steg}	30	V	-3,94	kN/m	t_{Steg}	40	V	-5,42	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	70,84	92,92	18,28	8	5	74,85	86,85	15,87	8	5	71,09	83,71	5,26
	10		16,83			10			13,68		10			3,87
	16		16,27			16			12,83		16			3,35
10	5	70,08	95,85	16,00	10	5	74,00	86,11	15,18	10	5	70,39	80,51	4,96
	10		14,55			10			12,99		10			3,57
	16		14,00			16			12,13		16			3,05
16	5	69,27	100,47	9,17	16	5	72,60	86,57	13,10	16	5	68,97	77,04	4,06
	10		7,72			10			10,91		10			2,67
	16		7,16			16			10,05		16			2,15

 Tabelle E.14: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 90^\circ$, $\beta_3 = 155^\circ$ und $L = \{10; 12, 5\}$ [m]

L	20	N	78,65	kN/m	L	20	N	78,86	kN/m	L	20	N	79,02	kN/m
α	90	M	-0,41	kNm/m	α	90	M	-0,75	kNm/m	α	90	M	-1,21	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,19	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,16	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,35	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	39,36	56,02	28,19	8	5	40,25	46,42	26,11	8	5	40,88	45,52	23,90
	10			21,09		10			19,67		10			17,56
	16			18,30		16			17,13		16			15,05
10	5	35,82	55,56	27,85	10	5	36,33	44,49	25,71	10	5	37,64	42,27	23,44
	10			20,75		10			19,26		10			17,10
	16			17,96		16			16,72		16			14,59
16	5	32,11	54,90	26,82	16	5	29,86	42,23	24,49	16	5	31,04	38,11	22,07
	10			19,72		10			18,04		10			15,73
	16			16,93		16			15,50		16			13,22
L	17,5	N	80,64	kN/m	L	17,5	N	80,77	kN/m	L	17,5	N	80,86	kN/m
α	90	M	-0,74	kNm/m	α	90	M	-1,27	kNm/m	α	90	M	-1,83	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-0,63	kN/m	t_{Steg}	30	V	-0,64	kN/m	t_{Steg}	40	V	-0,80	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	56,64	64,06	17,27	8	5	54,04	51,96	15,74	8	5	51,11	49,89	14,21
	10			12,14		10			11,40		10			10,49
	16			10,12		16			9,68		16			8,99
10	5	53,02	64,79	17,56	10	5	50,02	50,47	15,62	10	5	47,80	46,71	13,84
	10			12,43		10			11,28		10			10,12
	16			10,41		16			9,56		16			8,63
16	5	49,21	65,98	18,44	16	5	43,40	49,22	15,23	16	5	41,04	42,87	12,74
	10			13,31		10			10,89		10			9,02
	16			11,29		16			9,17		16			7,53
L	15	N	82,10	kN/m	L	15	N	82,18	kN/m	L	15	N	82,22	kN/m
α	90	M	-1,12	kNm/m	α	90	M	-2,00	kNm/m	α	90	M	-2,83	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-1,19	kN/m	t_{Steg}	30	V	-1,39	kN/m	t_{Steg}	40	V	-1,66	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	76,37	74,13	4,31	8	5	73,08	60,70	1,25	8	5	67,20	57,15	1,15
	10			1,55		10			0,13		10			0,73
	16			0,46		16			0,69		16			0,61
10	5	72,68	75,90	5,34	10	5	68,99	59,59	1,50	10	5	63,83	54,02	1,37
	10			2,58		10			0,13		10			0,95
	16			1,49		16			0,44		16			0,82
16	5	68,80	78,72	8,43	16	5	62,25	59,19	2,27	16	5	56,97	50,46	2,02
	10			5,67		10			0,90		10			1,60
	16			4,58		16			0,33		16			1,48

 Tabelle E.15: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 90^\circ$, $\beta_3 = 100^\circ$ und $L = \{15; 17, 5; 20\}$ [m]

L	12,5	N	82,93	kN/m	L	12,5	N	83,02	kN/m	L	12,5	N	83,08	kN/m
α	90	M	-1,51	kNm/m	α	90	M	-2,98	kNm/m	α	90	M	-4,35	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-1,84	kN/m	t_{Steg}	30	V	-2,54	kN/m	t_{Steg}	40	V	-3,16	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	96,48	85,26	8,92	8	5	98,40	73,46	14,29	8	5	91,37	68,68	15,11
	10		9,24			10		12,47			10		10,94	
	16		9,38			16		11,79			16		9,34	
10	5	92,75	87,80	7,14	10	5	94,27	72,60	13,63	10	5	87,96	65,55	15,19
	10		7,46			10		11,81			10		11,02	
	16		7,60			16		11,12			16		9,43	
16	5	88,84	91,82	1,83	16	5	87,45	72,79	11,64	16	5	81,03	62,11	15,45
	10		2,15			10		9,82			10		11,27	
	16		2,28			16		9,13			16		9,68	
L	10	N	82,29	kN/m	L	10	N	82,51	kN/m	L	10	N	82,72	kN/m
α	90	M	-1,78	kNm/m	α	90	M	-3,98	kNm/m	α	90	M	-6,30	kNm/m
t_{Steg}	20	V	-2,40	kN/m	t_{Steg}	30	V	-3,94	kN/m	t_{Steg}	40	V	-5,42	kN/m
a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$	a_{oben}	a_{unten}	$\sigma_{k,K12}$	$\sigma_{k,K11}$	$\sigma_{k,K21}$
8	5	110,17	92,92	18,28	8	5	123,93	86,85	15,87	8	5	122,04	83,71	5,26
	10		16,83			10		13,68			10		3,87	
	16		16,27			16		12,83			16		3,35	
10	5	106,47	95,85	16,00	10	5	119,82	86,11	15,18	10	5	118,65	80,51	4,96
	10		14,55			10		12,99			10		3,57	
	16		14,00			16		12,13			16		3,05	
16	5	102,58	100,47	9,17	16	5	113,05	86,57	13,10	16	5	111,74	77,04	4,06
	10		7,72			10		10,91			10		2,67	
	16		7,16			16		10,05			16		2,15	

 Tabelle E.16: $\sigma_{k,K12}$, $\sigma_{k,K11}$ und $\sigma_{k,K21}$ für $\alpha = 90^\circ$, $\beta_3 = 100^\circ$ und $L = \{10; 12, 5\}$ [m]