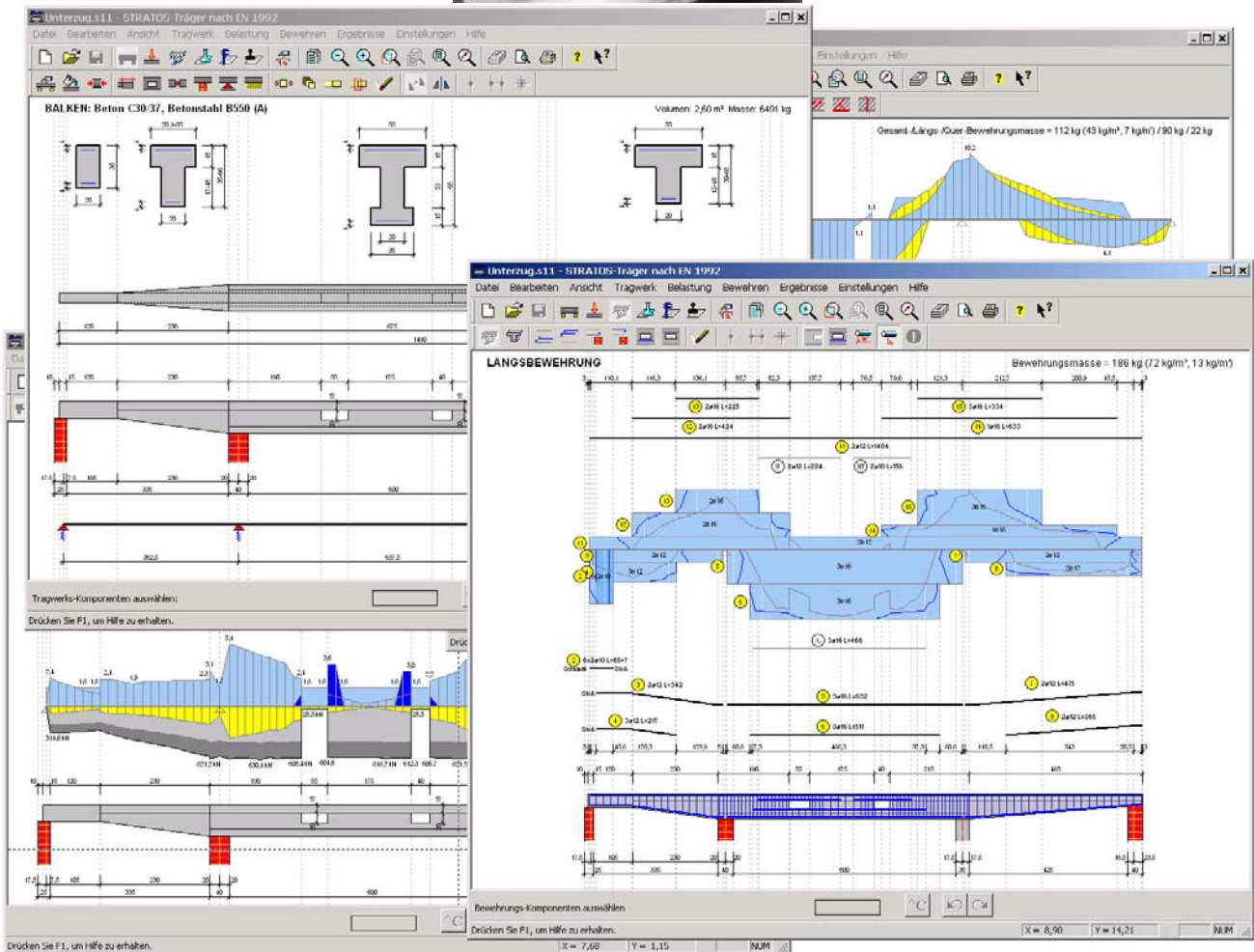


STRATOS-Träger

Programmbedienung

für die Version 6.05

Rev. 01



Inhaltsverzeichnis

1.	PROGRAMMINSTALLATION	1
1.1.	Voraussetzungen	1
1.2.	Erwerben einer Nutzungslizenz	1
2.	BEISPIEL – PLATTENUNTERZUG	2
2.1.	Neues Tragwerk anlegen	2
2.2.	Auswahl der Bemessungsnorm.....	2
2.3.	Tragwerkseingaben.....	3
2.3.1.	Auflager	3
2.3.2.	Trägerkörper	4
2.4.	Lasteingaben	7
2.4.1.	Lasten	7
2.5.	Bemessungsergebnisse sichten	10
2.5.1.	Erforderliche Bewehrung (GZT-Bemessung).....	11
2.5.2.	Grenzdurchmesser (GZG-Bemessung).....	11
2.5.3.	Durchbiegungen (GZG-Nachweis).....	12
2.6.	Bewehren	13
2.6.1.	Längsbewehrung	13
2.6.2.	Querbewehrung	17
2.7.	Konstruierte Bewehrung mit GZG-Nachweisen prüfen	19
2.7.1.	Tatsächlich vorhandene Rissbreiten	19
2.7.2.	Durchbiegungen	20
2.8.	Druckerausgaben	20
2.8.1.	Allgemeines	20
2.8.2.	Statikprotokoll	20
2.8.3.	Bewehrungsplan	21
3.	PROGRAMMBEDIENUNG	22
3.1.	Allgemeine Funktionen.....	22
3.1.1.	Programmhilfe	22
3.1.2.	Ausführen von Befehlen	22
3.1.3.	Geometrische Grundfunktionen	23
3.1.4.	Erstellen von Objekten und Ändern ihrer Eigenschaften	24
3.1.5.	Auswählen von Objekten	24
3.1.6.	Ändern der Objektgeometrie.....	24
3.1.7.	Eigenschaftsübernahme von anderem Objekt.....	25
3.1.8.	Ansichtsfunktionen.....	25
3.2.	Anfangen.....	26
3.2.1.	Neue Datei anlegen oder vorhandene öffnen	26
3.2.2.	Auswahl der Bemessungsnorm	26
3.2.3.	Arbeitsumgebungen des Programms	26
3.3.	Tragwerkseingaben.....	27
3.3.1.	Allgemeines	27
3.3.2.	Tragwerkseigenschaften.....	27
3.3.3.	Materialien	27
3.3.4.	Schwind- und Kriecheigenschaften.....	28
3.3.5.	Querschnittsbereiche	28
3.3.6.	Öffnungen	28
3.3.7.	Gelenke	28
3.3.8.	Konstruktive Auflager.....	29

3.3.9.	Punktauflager	29
3.3.10.	Elastische Bettungen	29
3.4.	Lasteingaben	30
3.4.1.	Allgemeines	30
3.4.2.	Arbeiten mit Einwirkungen	30
3.4.3.	Einzellasten	31
3.4.4.	Trapezlasten	31
3.4.5.	Gleichlasten	32
3.4.6.	Temperaturlasten	32
3.4.7.	Auflagerverformungen	32
3.5.	Berechnungsanforderungen	32
3.5.1.	Allgemein	32
3.5.2.	Tragfähigkeit (GZT)	33
3.5.3.	Gebrauchstauglichkeit (GZG)	33
3.5.4.	Bewehren	35
3.6.	Berechnungen und Ergebnisdarstellung	36
3.6.1.	Charakteristische Auswirkungen	36
3.6.2.	GZT-Bemessung (für die Tragfähigkeit)	37
3.6.3.	GZG-Bemessung für die Rissbreitenbeschränkung	39
3.6.4.	GZG-Nachweis der Rissbreiten	40
3.6.5.	GZG-Nachweis der Verformungen	41
3.6.6.	Tipps für Ergebnisdarstellungen	43
3.7.	Bewehren	44
3.7.1.	Längsbewehrung	44
3.8.	Gestaltung und Drucken der Statikdokumentation	46
3.8.1.	Gestaltung und Umfang	46
3.8.2.	Sichten und Drucken	47
3.9.	Arbeiten mit Eingabedateien der älteren Programmversionen	48
3.9.1.	Mögliche Abweichungen der Eingaben	48
3.9.2.	Mögliche Abweichungen der Ergebnisse	49
3.10.	Anwendung der Hardware-Schlüssel im Netzwerk	50
3.10.1.	Systemvoraussetzungen	50
3.10.2.	Verwendeten Hardware-Schlüssel anzeigen	51
3.10.3.	Angeschlossene Hardware-Schlüssel anzeigen	51
3.10.4.	Häufigste Meldungen bei Ablehnung einer Netzwerklizenz	52
4.	LITERATURVERZEICHNIS	53

1. Programminstallation

1.1. Voraussetzungen

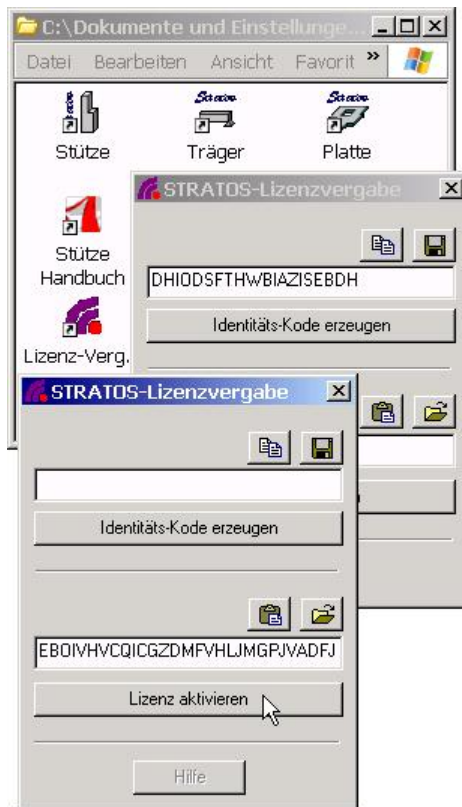
Der STRATOS-Träger kann auf allen **64** oder **32bit Windows** Systemen angewendet werden. Falls Sie möchten, dass das Programm von mehreren Computerbenutzern (die sich unter eigenem Namen anmelden) verwendet wird, achten Sie darauf, dass Sie die Installation als **Administrator**-Benutzer durchführen.

Die Installation des Programms erfolgt einfach durch das Ausführen der Datei (z.B. DcBeam6.05.exe), die Sie sich z.B. von der Webseite des Softwareherstellers www.trejbal.com heruntergeladen haben oder durch eine Wahl im Dialogfenster, das nach dem Einlegen der gelieferten CD-ROM erscheint.

Für das Ausführen des Programms ist ein **Hardware-Schlüssel** notwendig (auch für die kostenlose Probezeit) - ein SafeNet oder RAINBOW SentinelSuperPro, den man an die USB- oder Druckerschnittstelle des Computers anschließt. Für einen **Einzelplatzschlüssel** muss vorher auch ein Treiber installiert werden. Für einen **Netzwerkschlüssel** muss man nur auf dem Computer, wo er angeschlossen ist, neben dem Treiber auch spezielle Software für die Lizenzverwaltung installieren. Beide können von den Webseiten des Softwareherstellers heruntergeladen oder von der gelieferten CD installiert werden. Im Kapitel [3.10](#) ist ausführlich beschrieben, wie man bei der Verwendung eines Netzwerkschlüssels vorgehen soll.




1.2. Erwerben einer Nutzungslizenz




Wenn Sie sich im Laufe oder am Ende der Probezeit entscheiden, die Nutzungslizenz zu erwerben, gehen Sie folgendermaßen vor.

Schließen Sie an Ihren Computer nur den **Hardware-Schlüssel** an, der die Berechtigung zum Ausführen dieses Programms enthalten soll. Öffnen Sie den auf Ihrem Desktop installierten Ordner **STRATOS Baustatik** und rufen Sie mit einem Doppelklick auf das Symbol **Lizenz-Vergabe** dieses Service-Programms auf. Sie können es auch von der Programmstart-Leiste aufrufen.

Falls Sie von dem Softwarelieferanten nicht aufgefordert werden, ihm den **Identitätscode** des Hw-Schlüssels mitzuteilen, können Sie diesen Absatz überspringen. In dem erscheinenden Dialog klicken Sie auf die Schaltfläche **Identitäts-Kode erzeugen**. In dem Feld oberhalb dieser Schaltfläche erscheint ein Code, der Ihren Hw-Schlüssel identifiziert.

 Klicken Sie anschließend diese Schaltfläche an, womit Sie den Identitätscode in einer Datei abspeichern können. Schicken Sie uns diese Datei per E-Mail auf unsere Adresse admin@trejbal.com zu.

Nachdem wir Ihnen eine Freischaltungsdatei zugeschickt haben, rufen Sie das Service-Programm **Lizenz-Vergabe** auf.

 Klicken Sie in dem erscheinenden Dialogfeld diese Schaltfläche an, um den Inhalt der **Freischaltungsdatei**, die Sie von uns per E-Mail erhalten haben, in das untere Feld zu holen. Es muss dort eine Buchstabenkette erscheinen, wie es links unten dargestellt ist. Klicken Sie dann die Schaltfläche **Lizenz aktivieren** an. Wenn alles in Ordnung war, sollten Sie eine Meldung "Success" oder „Die Lizenz wurde erfolgreich

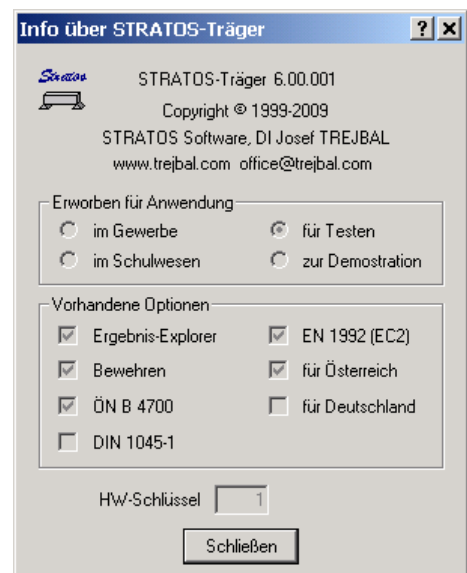
aktiviert“ erhalten. Jetzt sollten Sie das Programm

aufrufen können, ohne dass das Startdialogfeld erscheint, in dem vorher die Restzeit, etc. für die Probeperiode angezeigt wurde. Ab jetzt ist die **Lizenzberechtigung in Ihrem Hw-Schlüssel dauerhaft gespeichert**.

Sie können den STRATOS-Träger an mehreren Computern installieren und bei einem Netzwerkschlüssel sofort an allen anwenden. Falls es ein Einzelplatzschlüssel ist, genügt nur sein bloßes Umstecken an den anderen Computer.

Sie können gleich auch überprüfen, ob der Schlüssel jetzt über die von Ihnen lizenzierten Programm-Optionen (wie die Bemessungsnormen, etc.) wirklich verfügt. Auf der Menüleiste oben klicken sie die Option **Hilfe ► Info über STRATOS-Träger...** an. In einem Dialogfenster erhalten Sie unter anderem auch diese Information (siehe rechts).

Die Menüwahl **Hilfe ► Info über Hardware-Schlüssel...** zeigt einige Informationen über den von dem STRATOS-Träger zurzeit verwendeten Hardware-Schlüssel (siehe das Kapitel [3.10](#) für mehr Details).



2. Beispiel – Plattenunterzug

In diesem Beispiel werden wir einen einfachen Unterzug bemessen, die Bewehrung konstruieren und anschließend die notwendigen GZG-Nachweise führen. Die **vorbereiteten Eingaben** finden wir nach der Programminstallation in der Datei <Laufwerk>:\Programme\Stratos\DcBeam\6.05\Beispiele\EN1992\Unterzug 1.s11.

Das **Tragwerk** ist ein Deckenunterzug, dessen Höhe im linken Feld in Richtung Endauflager abnimmt. Der Querabstand der Unterzüge (die Deckenspannweite) ist 6m, die Plattendicke ist 20cm. Die Gesamthöhe des Plattenbalkens ist 70cm, am linken Endauflager nur 35cm. Die Außenkanten der Endauflager stehen 10cm über. Die zwei Endauflager sind als frei drehbar, das Innenaufleger mit einer Teileinspannung angenommen. Der Unterzug befindet sich in einem Lagergebäude – für die Umgebungsbedingungen nehmen wir die Expositionsklasse XC1 an. Die **Belastung** besteht aus einer ständigen Einwirkung mit dem Eigengewicht des Trägers und der Decke und zwei veränderlichen Einwirkungen, die die Lasten der darüberliegenden Lagerräume darstellen.

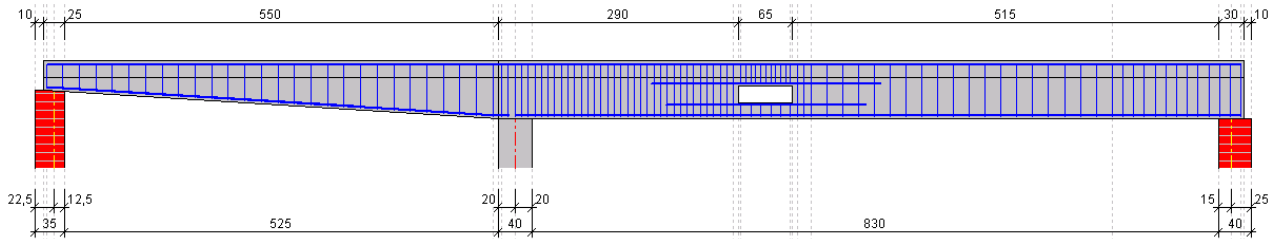



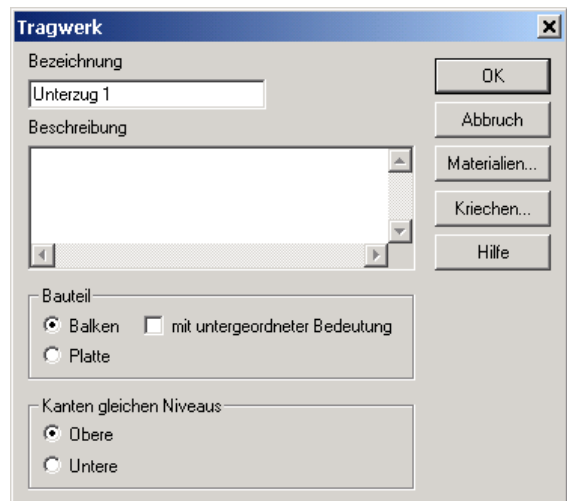
Abbildung 2.1: Ansicht des bewehrten Unterzugs

In diesem vereinfachten Beispiel können nicht alle Möglichkeiten des Programms gezeigt werden. Beschreibung aller Funktionalitäten findet man im Kapitel 3. Grundlagen und Berechnungshinweise dann in [1].

2.1. Neues Tragwerk anlegen

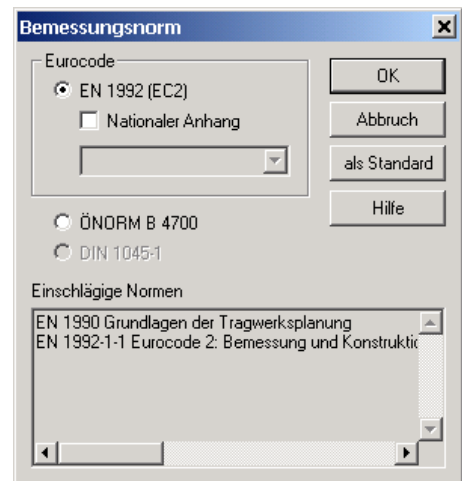
⇒  Das Anklicken der Schaltfläche **Neu** auf der oberen Symbolleiste legt ein neues Tragwerk an. Es erscheint ein Dialogfeld für die Gesamttragwerkeigenschaften, das wir ausfüllen, wie rechts abgebildet. Betätigen wir hier auch die Schaltfläche **Material...** und wählen wir für Beton- und Betonstahlmaterialien **C30/37** und **B550(A)**. Mit der Schaltfläche **Kriechen...** setzen wir noch die Standardwerte der Schwinddehnung **0,0150%** und der Endkriechzahl **2,50** für Innenräume. Schließen wir das Dialogfeld mit **OK** ab.

Bemerkung: Nach dem Anlegen eines neuen Tragwerks sind auch andere Angaben wie Bemessungsnorm, Berechnungsanforderungen, Dokumentationsumfang, etc. durch ihre Standardwerte vordefiniert. In vielen Dialogfeldern können Sie sie mit der Schaltfläche **als Standard** auf ihrem Computer für diesen Zweck speichern.



2.2. Auswahl der Bemessungsnorm


⇒ Mit der Menüwahl **Datei ► Bemessungsnorm...** erscheint ein Dialogfeld für die Normauswahl. Wählen wir dort den **Eurocode 2 ohne einen nationalen Anhang**¹ (d.h. nur das Grunddokument). Danach sollten wir in der Titelleiste des Programmfensters außer dem Dateinamen (noch unbenannt) auch die z.Z. gewählte Bemessungsnorm sehen, wie in der Abbildung unten dargestellt.



¹ Damit jeder Programmierer, egal über welchen Nationalanhang er verfügt, dieses Beispiel am Computer durchgehen kann.

2.3. Tragwerkseingaben



Der Hauptunterschied zu herkömmlichen Programmen besteht hier darin, dass die Eingaben nicht feldweise erfolgen müssen. Das Erstellen als auch die Änderung des **Trägerkörpers** (der Schalungsform) ist von den anderen Tragwerkskomponenten, wie Auflager, etc. völlig unabhängig. Man kann bei einem bestehenden Trägerkörper ein **Auflager, elastische Bettung** oder ein **Gelenk** auf beliebige Stelle platzieren oder mit ihnen die Tragwerkseingabe anfangen. Der Körper kann aus beliebig vielen **Querschnittsbereichen** (Körpersegmenten) bestehen.




- ⇒  Falls wir uns nicht bereits in dieser Arbeitsumgebung befinden, klicken wir die Schaltfläche **Tragwerkseingabe** auf der oberen Symbolleiste an oder drücken wir die Tastenkombination **Strg+T**. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheinen Schaltflächen für alle dazu verfügbaren Befehle.



2.3.1. Auflager

Die geometrische Eingabe von zwei Rand- und einem Innenaufleger erfolgt in diesem Beispiel mittels der Auflagerbreiten und lichten Feldweiten.

- ⇒  Einfaches Klicken mit der linken Maustaste auf die Schaltfläche **Konstruktive Auflager** aktiviert gleichzeitig die Schaltflächen für die Punkt- und Streckeneingabe. Auf der unteren Fensterleiste links sehen wir die Aufforderung **Konstruktive Auflager auswählen oder Punkte bzw. Strecken für neue definieren**. Es stehen uns zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Definition der Auflagerachsen mit der Punkteingabe oder der Auflagerenden mit der Streckeneingabe. Wir wählen die Strecken zur Eingabe von ihren Rändern und lichten Feldweiten.
- ⇒  Anklicken der Schaltfläche **Strecke definieren** aktiviert die Eingabe von mehreren Strecken (und dadurch von mehreren Auflagern).
- ⇒ Klicken mit der **linken Maustaste** auf der Zeichenfläche irgendwo beim linken Rand definiert den ersten Streckenpunkt (Auflagerend). Eine **vertikale rot strichlierte Linie** markiert immer die Position eines Punktes, zu dem man einen weiteren Punkt durch eine relative Koordinate (Abstand) eingeben kann. Gleichzeitig erscheint auf der unteren Fensterleiste links die Eingabeaufforderung **Streckenende**. Der Abstand zum zweiten Punkt (rechter Auflagerend) wird dort mit **0,35** im Tastatureingabefeld eingegeben (hier immer in Metern) und mit der Eingabetaste **↵** bestätigt. Man sieht nun zwei vertikale strichlierte Linien im Abstand von 35cm.

Streckenende:   

- ⇒ Die nächste Tastatureingabe ist die lichte Weite des ersten Feldes **5,25**, die Breite des Mittelauflegers **0,40** (zweiter und vierter Punkt – d.h. Definition der zweiten Strecke), die lichte Weite des zweiten Feldes **8,30** und schließlich die Breite des rechten Endauflagers **0,40** (fünfter und sechster Punkt – d.h. Definition der dritten Strecke). Jede Punkteingabe wird mit der Eingabetaste **↵** bestätigt. Jetzt sehen wir 6 vertikale, strichlierte Linien, die alle Auflagerenden darstellen.

- ⇒ Das Klicken mit der **rechten Maustaste** schließt die Streckeneingabe ab und lässt das Dialogfeld zur Eingabe der Auflagereigenschaften erscheinen, das wir wie rechts abgebildet ausfüllen. Die Eingaben stellen frei drehbare, direkte, konstruktive Auflager¹ dar, die mit dem Träger nicht monolithisch verbunden sind und deren statische Achsen abhängig vom Trägerkörper automatisch ermittelt werden². Schließen wir das Dialogfeld mit **OK** ab und auf der Zeichenfläche sollten wir nun folgendes Bild haben.

Konstruktives Auflager ✕

Statische Bedingung

Starr Frei Feder MN/m

Verschiebung

Verdrehung MNm/Rad

Konstruktive Ausbildung

Reaktionen nach oben unten erzeugen Druck

Lose Verbindung Monolith. Verbindung

Indirekte Lagerung

B = cm

Statische Achse

Automatisch ermitteln

$b_1/B = 1/$

$b_2/B = 1/$







Abbildung 2.2: Zeichenfläche nach der abgeschlossenen Auflagereingabe.

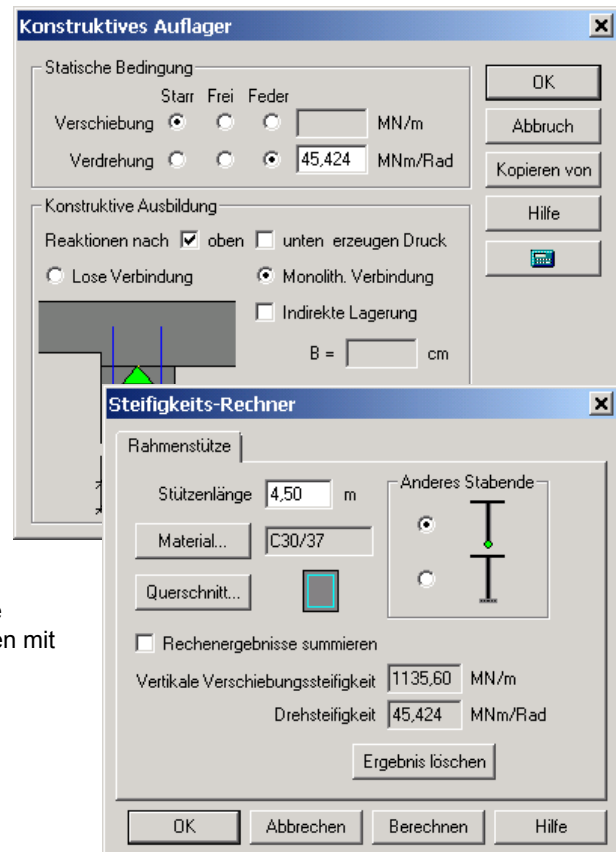
¹ Die Anwendung der konstruktiven Auflager ist dem der Punktauflager vorzuziehen. Durch die bekannte Breite können z.B. die Schnittkräfte in ihrem Bereich reduziert oder bei der Verankerung der Längsbewehrung der Querdruck berücksichtigt werden (siehe dazu die Optionen **Reaktionen nach • oben, • unten erzeugen Druck**).

² In unserem Fall nach EN 1992-1-1 5.3.2.2.

Wir haben der Einfachheit halber alle Auflager als frei drehbar in einem Zug definiert. Das **Innenaufleger** sollte jedoch die monolithische Verbindung mit einer 4,5m hohen Stahlbetonstütze darstellen. Wir müssen also seine **Eigenschaften ändern** (nicht seine Geometrie).

- ⇒ Ein **Doppelklick** mit der **linken Maustaste** auf das Innenaufleger blendet gleich das Dialogfeld mit seinen **Eigenschaften** ein. Wählen wir hier das Optionsfeld **Monolith. Verbindung** aus.

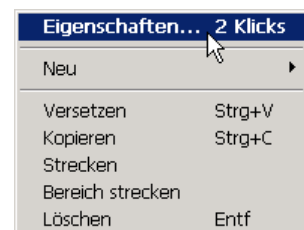
 Das Anklicken dieser Schaltfläche blendet das Dialogfeld für die **Steifigkeitsberechnung** eines elastischen Auflagers ein. Geben wir in dem oberen Textfeld die Stützenlänge **4,50** m ein, wählen am unteren Stützenende ein Gelenkanschluss und das Betonmaterial der Stütze **C30/37**. Klicken wir die Dialogschaltfläche **Querschnitt...** an, wählen in dem neu erscheinenden Dialogfeld (hier nicht abgebildet) ein Rechteckquerschnitt¹ aus, geben seine Abmessungen **H_y**, **H_z** mit **40** cm ein und schließen mit **OK** ab. Jetzt sehen wir in dem vorigen Dialogfeld die Auflagersteifigkeitswerte, die die Stahlbetonstütze repräsentieren. Das Abschließen dieses Dialogfeldes mit **OK** setzt die berechneten Steifigkeitswerte in die entsprechenden Textfelder des Auflagerdialogfeldes. Ändern wir hier noch die statische Bedingung fürs Verschieben auf **Starr**² und schließen mit **OK** ab.




Diese Stelle bietet sich auch an, die allgemeinen **Bedienungsregeln** für **Änderung der Objekteigenschaften** näher zu erörtern. Um die Eigenschaften des Innenauflegers zu ändern, hätten wir statt des Doppelklicks auch Folgendes machen können.

Alternative 1:

- ⇒ Ein einfacher Klick mit der **linken Maustaste** auf das Innenaufleger wählt dieses aus. Mit der **rechten Maustaste** beenden wir die Auswahl weiterer Objekte. Es erscheint ein Kontextmenü, in dem wir Option **Eigenschaften...** auswählen, wie es rechts abgebildet ist. Das Dialogfeld mit den Auflagereigenschaften erscheint.




Alternative 2:

- ⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Konstruktive Auflager** wie vorher an, aber nach der Eingabeaufforderung **Auflager auswählen** oder **Punkte bzw. Strecken für neue definieren** wählen wir mit der **linken Maustaste** das Innenaufleger aus und schließen die Auswahl mit der **rechten Maustaste** ab.

Die Alternativen ermöglichen im Unterschied zu dem „Doppelklick“ die **Eigenschaftsänderung** von mehreren Objekten auf einmal, wenn wir mehrere von ihnen z.B. mit der Tastenkombination **Strg + linke Maustaste** ausgewählt haben.


2.3.2. Trägerkörper

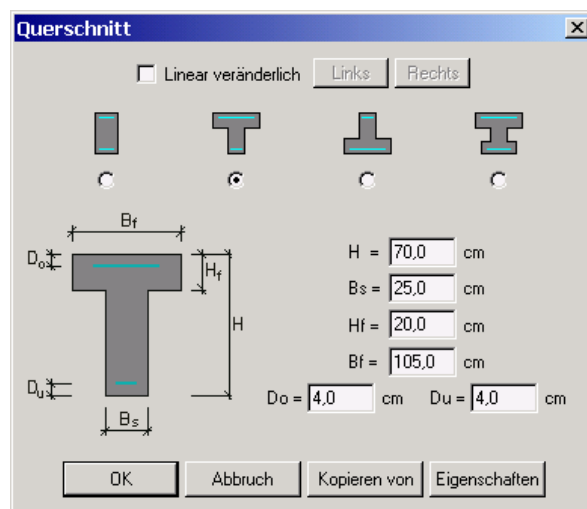
Wir werden hier die Schalungsform mittels Querschnittsbereiche definieren. Jeder Querschnittsbereich kann einen konstanten oder linear veränderlichen Querschnitt haben. In unserem Fall müssen wir zwei Querschnittsbereiche definieren (siehe die **Abbildung 2.1**). Um einige Eingabemöglichkeiten vorzuführen, werden wir im ersten Schritt absichtlich ein **Querschnittsbereich** mit konstantem Querschnitt des rechten Feldes **über die ganze Trägerlänge** definieren. Nachher werden wir es im linken Feld ändern.

- ⇒  Anklicken der Schaltfläche **Querschnittsbereiche** auf der Symbolleiste oben aktiviert gleichzeitig die Schaltfläche für die Streckeneingabe. Auf der unteren Fensterleiste links erscheint die Eingabeaufforderung **Querschnittsbereiche auswählen** oder **Strecken für neue definieren**.

¹ Die Geometrie und Aufteilung der Querschnittsbewehrung ist hier unwichtig. Zur Steifigkeitsberechnung der Stütze wird nur ihr Betonquerschnitt herangezogen.

² Wir haben auch bei den Randauflagern die vertikale Verschiebung voll verhindert. Es ist besser, die Trägerbeanspruchung durch unterschiedliche Auflagersenkungen gezielt durch die direkte Eingabe der möglichen Senkungen als veränderliche Lasten zu modellieren.

⇒  Wir wollen neue definieren, also müssen wir es mit diesem Befehl **Strecke definieren** dem Programm mitteilen. Auf der unteren Fensterleiste links steht jetzt die Eingabeaufforderung **Streckenanzug** und das Feld für die Tastatureingabe daneben ist aktiv. Geben wir dort **0,1** und bestätigen es mit der Eingabetaste **↵**. Links erscheint neue Eingabeaufforderung **...Bezugspunkt**. Klicken wir mit der **linken Maustaste** ungefähr auf die Außenkante des linken Endauflagers. Wir **fangen** dadurch eigentlich diese Koordinate mit dem kleinen Rechteck im Fadenkreuz¹. Jetzt sehen wir unten die Aufforderung **Streckenende**. Dieses liegt 0,1m vor der Außenkante des rechten Endauflagers. Mit einer einfachen Abstandsangabe könnten wir jedoch nur eine Koordinate relativ zu dem letzt definierten Punkt (dem Streckenanzug) bestimmen. Aber mit **r-0,1** erzwingen wir eine Neueingabe des Bezugspunkts, den wir mit der **linken Maustaste** an der Außenkante des rechten Endauflagers fangen. Abschließen der Befehlsfolge mit der **rechten Maustaste** lässt das Dialogfeld für die Querschnittsangabe erscheinen. Wählen wir dort einen T-Querschnitt und setzen die Werte in die Textfelder ein wie rechts abgebildet.



Jetzt sollten wir im unteren Bereich der Zeichenfläche folgendes Bild haben. Im Unterschied zur [Abbildung 2.2](#) konnte das Programm durch die Anwesenheit des Trägerkörpers auch die statischen Auflagerachsen ergänzen.

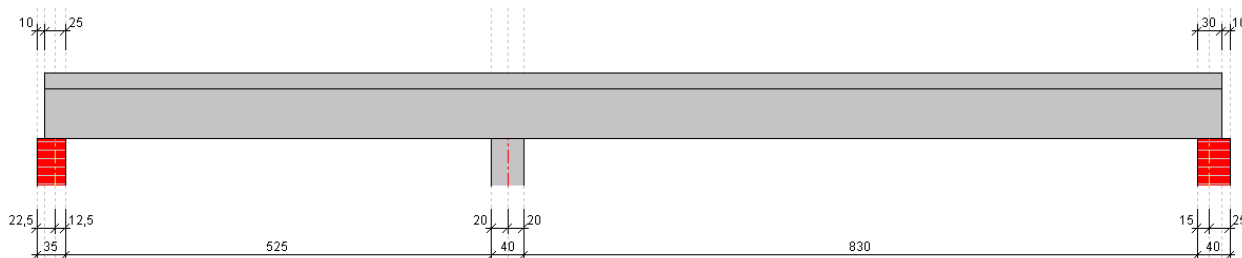


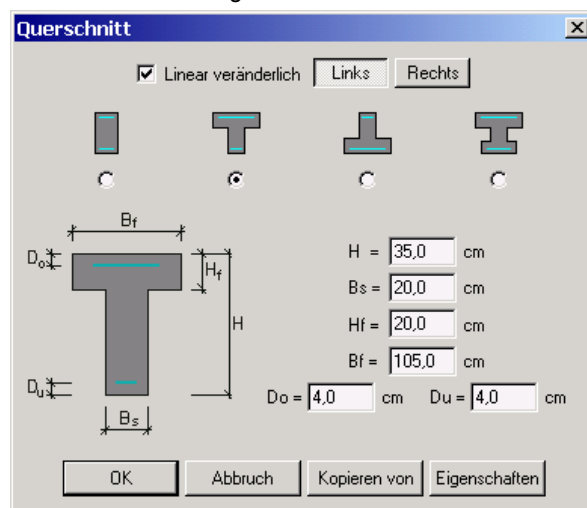


Abbildung 2.3: Teil der Zeichenfläche nach der abgeschlossenen Eingabe des Querschnittsbereichs.

Im Folgenden werden wir den linear veränderlichen Querschnittsbereich für das **linke Feld** eingeben.

⇒  Klicken wir wieder die Schaltfläche **Querschnittsbereiche** auf der oberen Symbolleiste an

⇒  und anschließend **Strecke definieren**. **Fangen** wir nacheinander mit der **linken Maustaste** das linke Trägerende und den linken Rand des Innenauflegers und schließen mit der **rechten Maustaste** die Streckeneingabe ab. Es erscheint wieder das Dialogfeld für die Querschnittsangabe. Kreuzen wir hier das Kontrollkästchen **Linear veränderlich** an, drücken danach die Schaltfläche **Rechts** ein und ändern die Stegbreite **Bs** auf **20** cm. Die Flanschbreite **Bf** lassen wir mit **105** cm gleich². Drücken wir die Schaltfläche **Links** ein und machen hier die gleiche Änderung. Zusätzlich ändern wir da noch die Gesamthöhe **H** auf **35** cm wie rechts abgebildet. Nach dem Abschließen des Dialogfeldes mit **OK** sollten wir auf der Zeichenfläche den gleichen Inhalt sehen wie auf der [Abbildung 2.4](#), jedoch ohne die Stegöffnung.



Der **neue Querschnittsbereich** hat **den alten** auf dieser Strecke **ersetzt**. Genauso verhält sich das auch bei der Eingabe anderer Tragwerks- oder Lastkomponenten. Wenn die Neueingabe die bestehenden gänzlich oder nur teilweise überdeckt, werden die bestehenden automatisch ersetzt oder ab- bzw. ausgeschnitten.

¹ Wir können die Koordinate eigentlich überall entlang der vertikalen gestrichelten Linie fangen, die durch diese Außenkante geht.

² Nach EN 1992-1-1 5.3.2.1 beträgt die **mitwirkende Plattenbreite** im rechten Feld 2,83m und im linken 2,10m. Das gilt aber nur für eine Platte in der Querschnittsdruckzone (d.h. maximal im Bereich zwischen zwei Momentnullpunkten). Wir könnten die Einschnürung der mitwirkenden Breite über dem Innenaufleger mit den linear veränderlichen Querschnittsabmessungen zwar gut modellieren, aber der Eingabeaufwand zahlt sich nicht aus. Wir wählen entlang des ganzen Trägers die halbe Breite des linken Feldes 1,05m, auf der die Längsbewehrung über dem Innenaufleger auf Zug ungefähr mitwirken kann (siehe z.B. DIN 1045-1 13.2.1(2)). EN 1992-1-1 spricht in 9.2.1.2(2) nur über einer Konzentration der Teilbewehrung). Die schmalere Druckzone wird bei der GZT-Bemessung die untere Zugbewehrung nur wenig beeinflussen. Bei den GZG-Nachweisen würde jedoch eine überschätzte Plattenbreite über dem Innenaufleger günstig wirken. Ungünstig nur auf die Mindestbewehrung für Rissbreiten.

2.3.2.1. Trägeröffnung

Eine Öffnung kann auf beliebiger Stelle erscheinen, solange diese innerhalb des Trägerkörpers liegt. Wir werden nun 2,5m vom rechten Rand des Innenauflegers und 30cm unter der Trägeroberkante eine rechteckige Öffnung mit den Abmessungen 20/65cm definieren. Wir werden bei dieser Gelegenheit eine **andere Bedienungsmöglichkeit** zeigen, wie man neue Objekte direkt erzeugen kann.

⇒ Mit dem einfachen Klick der **rechten Maustaste** erscheint ein Kontextmenü, in dem wir die Option fürs Erstellen neuen Öffnungen mittels Ränder, wie rechts abgebildet, auswählen. Dadurch wird der Befehl zur Definition der Strecken (Öffnungslängen) automatisch gestartet. Geben wir in dem Tastatureingabefeld unten für den Streckenanfang den Abstand **2,5** ein. Auf die Aufforderung **...Bezugspunkt fangen** wir den rechten Rand des Innenauflegers und für das Streckenende geben wir die Öffnungslänge **0,65** ein. Beenden wir die Eingabe weiterer Strecken mit der **rechten Maustaste** und es erscheint das Dialogfeld für die Eingabe der Öffnungseigenschaften. Wählen wir dort die rechteckige Form und füllen die Textfelder wie rechts abgebildet¹. Die vertikale Öffnungsposition wird durch einen der Abstände **Ao**, **Aa** oder **Au** immer zu der horizontalen Trägerkante definiert. Erinnern wir uns, dass wir im Dialogfeld für die Tragwerkeigenschaften (im Kapitel 2.1) die obere Trägerkante als horizontal festgelegt haben. Schließen wir das Dialogfeld mit **OK** ab. Nun sollten wir auf der Zeichenfläche den gleichen Inhalt haben wie auf der [Abbildung 2.4](#) unten.

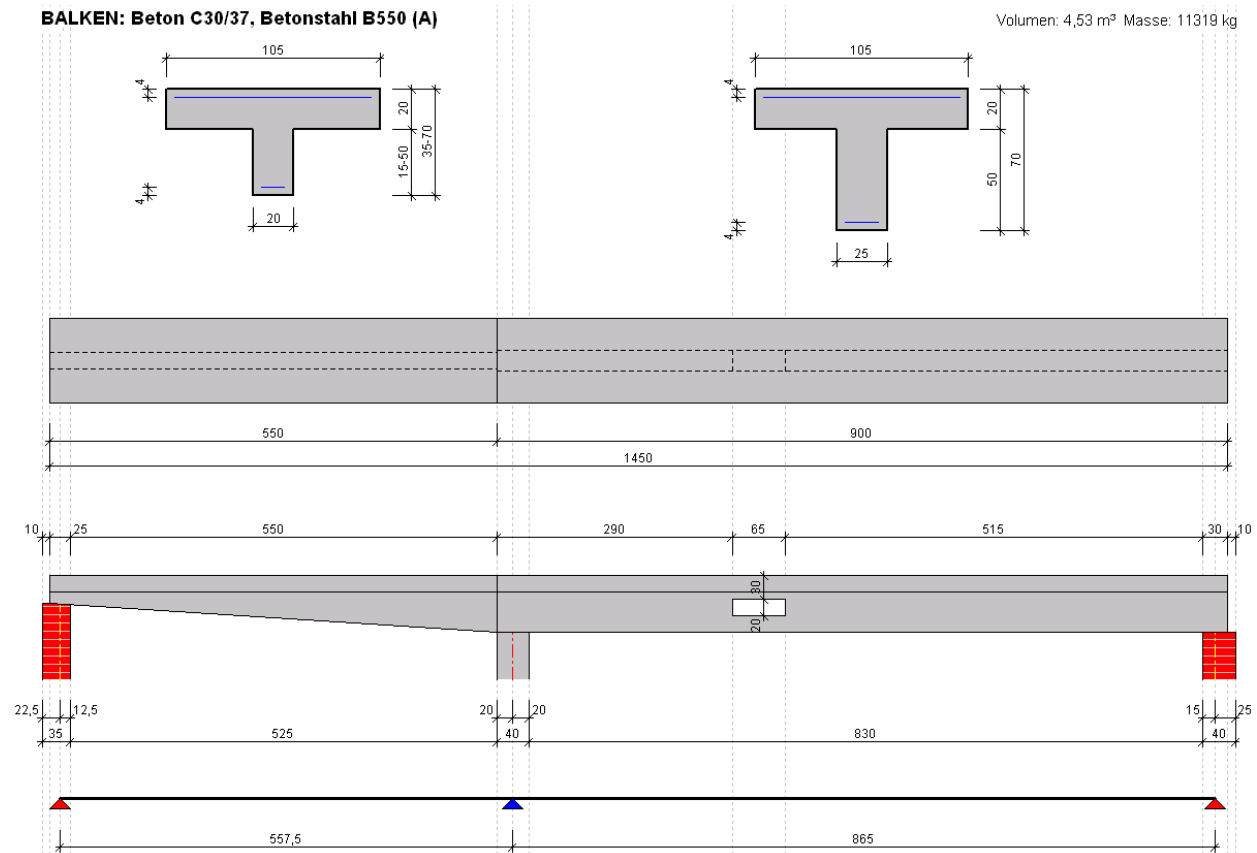
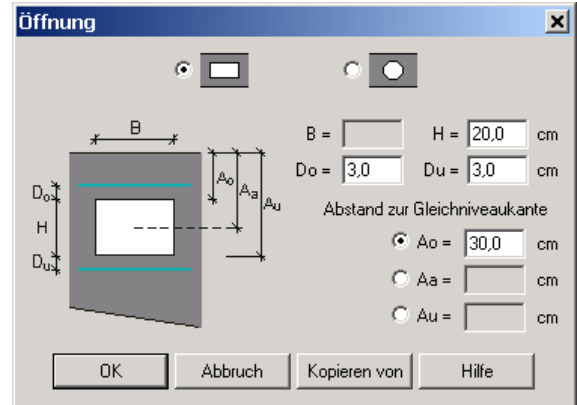
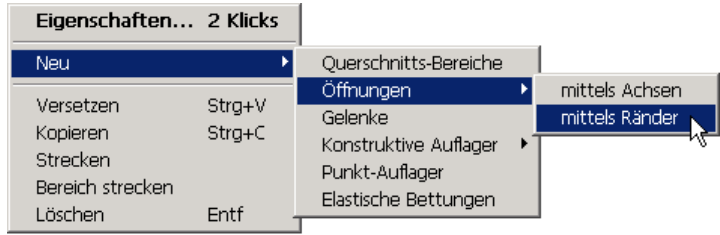



Abbildung 2.4: Inhalt der Zeichenfläche nach den abgeschlossenen Tragwerkseingaben

Auf der Zeichenfläche ganz unten sehen wir das **statische Modell** des Trägers, das vom Programm laufend erstellt wird. Es ist eine „Anzeigegrafik“, die wir selber nicht ändern können.

¹ Hätten wir die Öffnung mittels ihrer Achse definiert, wäre das Eingabefeld **B** aktiv und wir müssten in dem Dialogfeld auch die Öffnungsbreite eingeben.

2.4. Lasteingaben

Als Belastung definieren wir lediglich die **einzelnen Einwirkungen**. Die Lastkombinationen¹, die für die verschiedenen Bemessungen und Nachweise notwendig sind, werden von unserem Programm völlig automatisch nach Bedarf gebildet. Fangen wir mit der Einwirkung an, die alle ständigen Lasten beinhaltet.

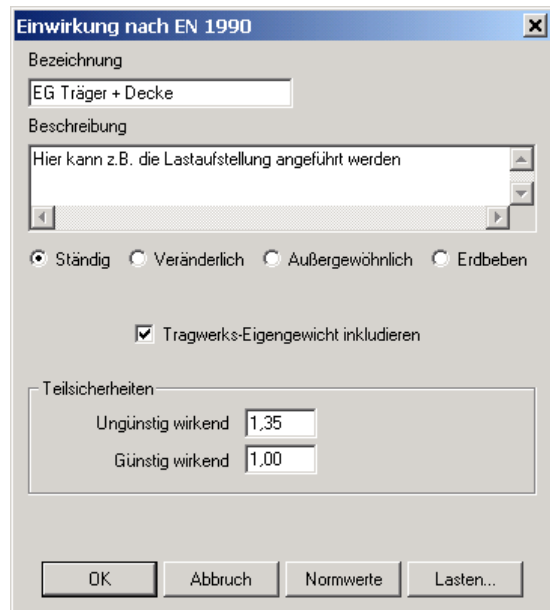
- ⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Lasteingaben** auf der oberen Symbolleiste an oder drücken wir einfach die Tastenkombination **[Strg+L]**, womit wir in diese Arbeitsumgebung gelangen. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheinen Schaltflächen für alle dazu verfügbaren Befehle, wie unten abgebildet.




Es ist noch wichtig zu bemerken, dass wir in dieser Arbeitsumgebung nur die Lasten eingeben können. Die Tragwerks-**Schalungsform** in der unteren Hälfte der Zeichenfläche ist nur eine „Anzeige­grafik“. Aber alle ihre bedeutsamen Koordinaten (vertikale gestrichelte Linien) können wir zur Definition einzelner Lasten nutzen – d.h. mit dem Fadenkreuz-Rechteck **als Punkte fangen**.


2.4.1. Lasten

- ⇒ Weil wir noch keine Einwirkung haben, erscheint gleich das Dialogfeld für ihre Erstellung. Wir fangen mit der **ständigen Einwirkung** an – d.h. wir klicken auf das Optionsfeld **• Ständig**. Mit dem Ankreuzen des Kontrollkästchen **■ Tragwerks-Eigengewicht inkludieren** wird das Gewicht des Trägers automatisch berücksichtigt. Geben wir der Einwirkung eine Bezeichnung und Beschreibung wie rechts abgebildet. Die Teilsicherheiten sind auf entsprechende Normwerte voreingestellt. Falls wir sie geändert haben, können wir mit der Dialogschaltfläche **Normwerte** ihre Normwerte wieder einsetzen. Schließen wir den Dialog mit **OK** ab.



Jetzt können wir die Lasten dieser Einwirkung eingeben. Wir nehmen an, dass die Deckenlasten teilweise von schwächeren Querträgern aufgenommen werden. Wir geben die Lasten von der Decke als zwei **Trapezlasten** ein – ein Trapez pro Feld.

- ⇒  Das Anklicken der Schaltfläche **Trapezlasten** aktiviert gleichzeitig die Schaltfläche für die Streckeneingabe. Wir müssen zwei Strecken definieren, die die zwei Feldspannweiten repräsentieren.

- ⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Strecke definieren** an. Fangen wir nun mit dem Fadenkreuzrechteck nacheinander folgende vier Punkte –die Außenkante des linken Endauflagers – die Achse des Innenauflegers – nochmals die Achse des Innenauflegers – die Außenkante des rechten Endauflagers und beenden wir die Streckeneingabe mit der **rechten Maustaste**. Es erscheint das Dialogfeld für die Eingabe der Trapezlasteigenschaften. Wählen wir dort die symmetrische Trapezform wie rechts abgebildet, die max. Lastintensität **[31]** kN/m und die projizierte Schräglänge **a1** als **[0,30]** der definierten Streckenlänge (der Spannweite). Nach dem Abschließen des Dialogfeldes mit **OK** sollten wir im oberen Bereich der Zeichenfläche folgendes Bild haben.

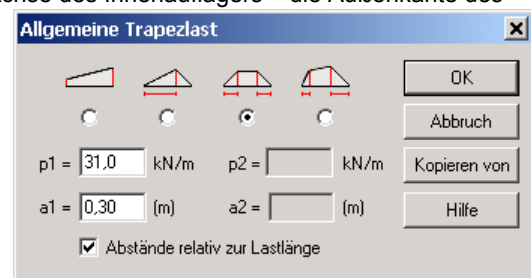
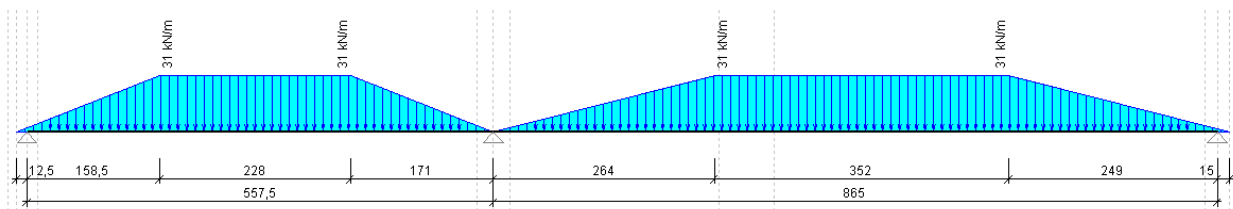




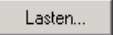
Abbildung 2.5: Lasten der ständigen Einwirkung

- ⇒ Machen wir noch mit der **linken Maustaste** einen **Doppelklick** auf die Trapezlast im rechten Feld und ändern wir in dem Dialogfeld die relative Schräglänge **a1** auf **[0,20]**.

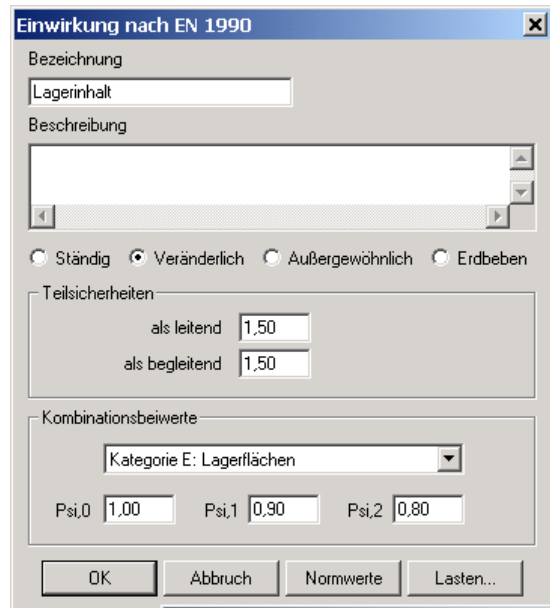
¹ Wie z.B. die Grund-, außergewöhnliche oder Erdbebenkombinationen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT-Bemessung) oder quasi-ständige, häufige und seltene Lastkombinationen für die Gebrauchstauglichkeit (GZG-Bemessungen und Nachweise).

Über dem Deckenunterzug befinden sich **Lagerräume**. Über jedes Trägerfeld erstreckt sich ein separater Lagerraum. Zwecks einfacher Eingabe nehmen wir an, dass ein Lagerraum entweder voll belegt oder ganz leer ist – d.h. die Lasten innerhalb dieser Einwirkung **feldweise unabhängig** wirken können. Auf den restlichen Flächen kann sich die Lagerbedienug (z.B. Personen mit einem Handstapler, etc.) bewegen. Wir nehmen an, dass die Bedienungslasten nicht auf mehreren Stellen gleichzeitig vorkommen können – d.h. die Lasten innerhalb dieser Einwirkung können nur einzeln **gegenseitig ausschließend** wirken. Fangen wir mit dem **Lagerinhalt** an.

⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Neue Einwirkung** an, um eine neue Einwirkung für die Lagerinhaltslasten anzulegen. Es erscheint das Dialogfeld für die Eingabe der Einwirkungseigenschaften. Geben wir zuerst die Bezeichnung und Beschreibung wie rechts abgebildet ein. Betätigen wir die Optionsschaltfläche **Veränderlich** und in der Dropdownliste darunter wählen wir die Deckennutzung **Kategorie E: Lagerflächen**, wodurch die Norm-Kombinationsbeiwerte Ψ_0 , Ψ_1 und Ψ_2 für seltene¹, häufige und quasi-ständige Einwirkungswerte in die entsprechenden Textfelder darunter eingesetzt werden.

 Anklicken dieser Dialogschaltfläche blendet ein Dialogfeld ein, in dem wir bestimmen können, wie die Lasten innerhalb dieser Einwirkung wirken können². Wie bereits oben erwähnt, wählen wir **Feldweise unabhängig**. Schließen wir nacheinander beide Dialogfelder mit **OK** ab.

Auf der Zeichenfläche links oben (wie unten abgebildet) sehen wir nun eine Legende mit der Einwirkungsart und Bezeichnung. Das Kürzel **(Fu)** bedeutet die eben eingegebene Lastwirkung „Feldweise unabhängig“.




Jetzt können wir die Lasten dieser Einwirkung eingeben. Damit wir den Eingabevorgang besser verfolgen können, sind unten alle Einwirkungslasten bereits abgebildet. Wir fangen mit den Gleichlasten im linken Feld an.

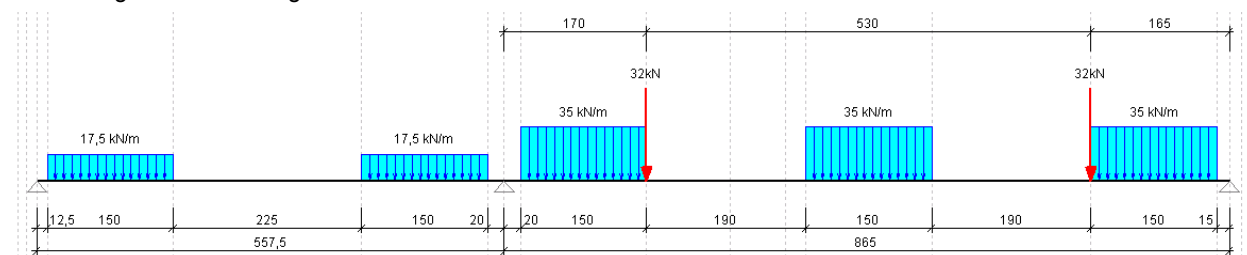

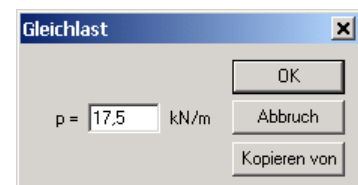


Abbildung 2.6: Lasten der veränderlichen Einwirkung „Lagerinhalt“

⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Gleichlasten** auf der oberen Symbolleiste an.

⇒  Klicken wir anschließend die Schaltfläche **Strecke definieren** an. Als **Streckenansfang** fangen wir mit dem Fadenkreuzrechteck die Innenkante des linken Endauflagers und fürs **Streckenende** geben wir in dem Tastatureingabefeld unten die Länge **1,5** m ein. Beenden wir die Eingabe weiterer Strecken mit der **rechten Maustaste** und geben in dem erscheinenden Dialogfeld die Lastintensität **17,5** kN/m ein.

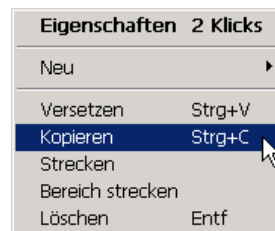


¹ Damit man die Statiker besser verwirren kann, heißt der **seltene** Einwirkungswert im Eurocode neuerlich der **Kombinationswert** einer veränderlichen Einwirkung (EN 1990 1.5.3.16 und 6.5.3(2), Gleichung (6.14)).

² Die Programmvoreinstellung für veränderliche Einwirkungen ist „feldweise unabhängig“, für ständige „alle gleichzeitig“. Eine Einwirkung kann dadurch eine Art von „Sub-Lastkombinationen“ darstellen – d.h. bereits ihre Auswirkungen können Min/Maxwerte ausweisen. Diese Verhaltensweise folgt konsequent dem **Eurocode-Prinzip** (EN 1990), nach dem in den GZT- oder GZG-Lastkombinationen die Teilsicherheits- oder Kombinationsbeiwerte für leitende, begleitende oder Haupt- bzw. Nebeneinwirkungen anzuwenden sind, nicht aber an die einzelnen möglichen Lastbilder. Welche Lasten in einer Einwirkung zusammengefasst werden können oder sollen, muss der Anwender für den gegebenen Fall selber in Sinne von EN 1990 entscheiden.

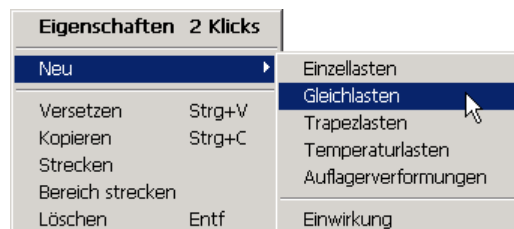
Aus Vorführungsgründen werden wir die identische Gleichlast am rechten Rande des linken Feldes als eine **Kopie** der eben erstellten Last kreieren.

⇒ Ein einfacher Klick mit der **linken Maustaste** auf die eben erstellte Gleichlast wählt diese aus. Mit der **rechten Maustaste** beenden wir die Auswahl weiterer Objekte. Es erscheint ein Kontextmenü, wo wir die Option **Kopieren** auswählen, oder noch einfacher - gleich nach der Objektauswahl die Tastenkombination **Strg + C** drücken. Auf der unteren Fensterleiste erscheint **Verschiebungsweg** oder **Basispunkt**. Wir möchten die Gleichlast an den linken Rand des Innenaufagers justieren. Am einfachsten ist also mit dem Fadenkreuzrechteck als Basispunkt den rechten Gleichlastrand und nach der Aufforderung **Verschiebungspunkt** den linken Rand des Innenaufagers zu **fangen**.



Im Folgenden geben wir die zwei Gleichlasten an den Außenrändern des rechten Feldes auf eine andere Art ein.

⇒ Mit einfachem Klick der **rechten Maustaste** erscheint ein Kontextmenü, in dem wir die Option fürs Erstellen neuer Gleichlasten wie rechts abgebildet auswählen. Dadurch wird der Befehl zur Definition der Strecken automatisch gestartet. Als **Streckenansfang fangen** wir den rechten Rand des Innenaufagers und als **Streckenende** geben wir den Abstand **1,5** ein. Auf die neue Aufforderung **Streckenansfang** (die zweite Strecke) fangen wir den linken Rand des rechten Endaufagers und für das **Streckenende** geben wir einen **negativen** Abstand **-1,5** ein¹. Beenden wir die Eingabe weiterer Strecken mit der **rechten Maustaste** und geben in dem erscheinenden Dialogfeld die Lastintensität **35,5** kN/m ein.



Die Eingabe der mittleren Gleichlast der Intensität 35 kN/m und den beiden Einzellasten 32kN ist dem Leser überlassen. Bei den Einzellasten tritt anstelle der Strecken- die Punkteingabe. Am einfachsten definieren wir die Punkte durchs Fangen der inneren Gleichlastränder.

Es bleibt uns noch die zweite veränderliche Einwirkung **Lagerbedingung** einzugeben. Wir zeigen wieder die abgeschlossenen Lasteingabe in der Abbildung unten voraus.

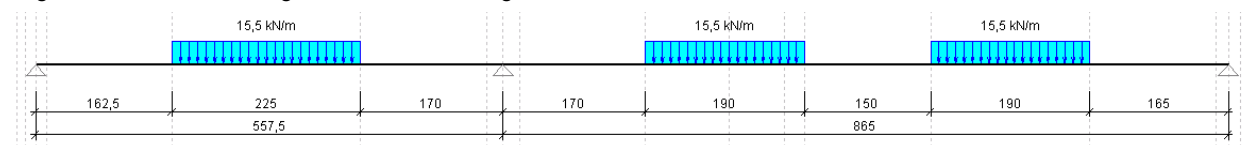
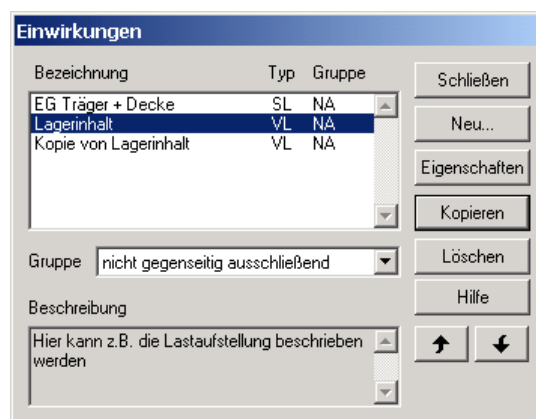


Abbildung 2.7: Lasten der veränderlichen Einwirkung „Lagerbedingung“

Wie bereits erwähnt, füllen die Gleichlasten die restlichen Flächen des Lagerinhalts. Der schnellste Eingabeweg ist die **ganze vorige Einwirkung** zu **kopieren**, die Gleichlasten der Lagerbedingung einfach in den Lücken deren des **Lagerinhalts** zu definieren und diese **nachher löschen**.

⇒ Mit dem Befehl **Einwirkungen verwalten** gelangen wir zum Dialogfeld, wo wir neue Einwirkungen **anlegen**, vorhandene Einwirkungen **kopieren**, **löschen** oder nur ihre Eigenschaften **ändern** können. Mit der Dropdownliste unten können wir sie speziellen Gruppen zuweisen, in denen sich die Einwirkungen **gegenseitig ausschließen** – d.h. nicht gleichzeitig wirken dürfen.

Wählen wir dort in der Liste die Einwirkung **Lagerinhalt** aus und klicken auf die Dialogschaltfläche **Kopieren**. Der Liste wurde eine neue Einwirkung mit der Bezeichnung **Kopie von Lagerinhalt** zugefügt wie rechts abgebildet. Ein **Doppelklick** auf diese Listenposition² blendet ein Dialogfeld mit den Einwirkungseigenschaften ein, wie wir es bereits bei der Eingabe der vorigen Einwirkung gesehen haben. Ändern wir hier die Bezeichnung auf „Lagerbedingung“, klicken wir wie vorher die Dialogschaltfläche **Lasten...** an und setzen die Wirkung der Lasten auf **Einzel gegenseitig ausschließend**. Schließen wir dieses Dialogfeld mit **OK** und das vorige mit **Schließen**.



Jetzt haben wir auf der Zeichenfläche die gleichen Lasten, wie bei der Einwirkung „Lagerinhalt“. Füllen wir die **Lücken** zwischen ihren Gleichlasten mit neuen der Lastintensität 15,5 kN/m. Starten wir wieder den Befehl **Gleichlasten** und definieren ihre drei Strecken durchs **Fangen** der Lückenränder. Nachher sollten wir auf der Zeichenfläche das Gleiche sehen wie in der **Abbildung 2.8**, nur mit dem optischen Unterschied, dass sie noch alle gleiche Farbe haben. Die Lasten des Lagerinhalts sind in der Abbildung bereits zum Löschen ausgewählt. Jetzt werden wir die Lagerinhaltslasten **löschen**. Wir werden dabei einige wichtige Bedienungsmöglichkeiten ausprobieren.

¹ Bei einer Streckeneingabe muss ihr Anfang nicht unbedingt eine kleinere Koordinate als ihr Ende haben. Die Reihenfolge ihrer „Randpunkte“ ist egal.

² Oder wählen wir mit der linken Maustaste in der Liste diese Einwirkung aus und betätigen die Schaltfläche **Eigenschaften**.

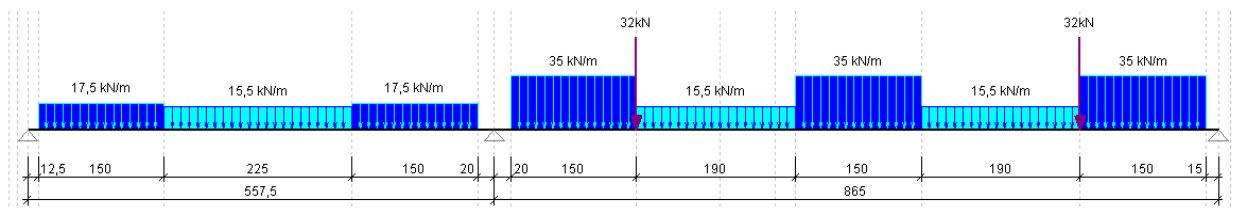
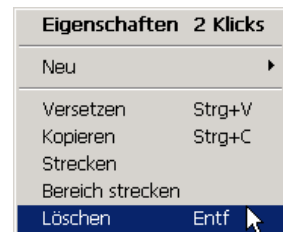


Abbildung 2.8: Lasten der veränderlichen Einwirkung „Lagerbedienung“ vor dem Löschen der des Lageinhalts

Alternative 1:

- ⇒ Halten wir die Taste **[Strg]** gedrückt und klicken mit der **linken Maustaste** die Lasten des Lagerinhalts schrittweise an, um sie auszuwählen. Am Ende dieses Vorgangs sollten wir genau das Gleiche sehen wie auf der [Abbildung 2.8](#).
- ⇒ Machen wir einen Klick mit der **rechten Maustaste** und es erscheint uns bereits bekanntes Kontextmenü, wo wir diesmal die Option **► Löschen** auswählen. Jetzt müssen wir das Gleiche sehen wie auf der [Abbildung 2.7](#).



Alternative 2:

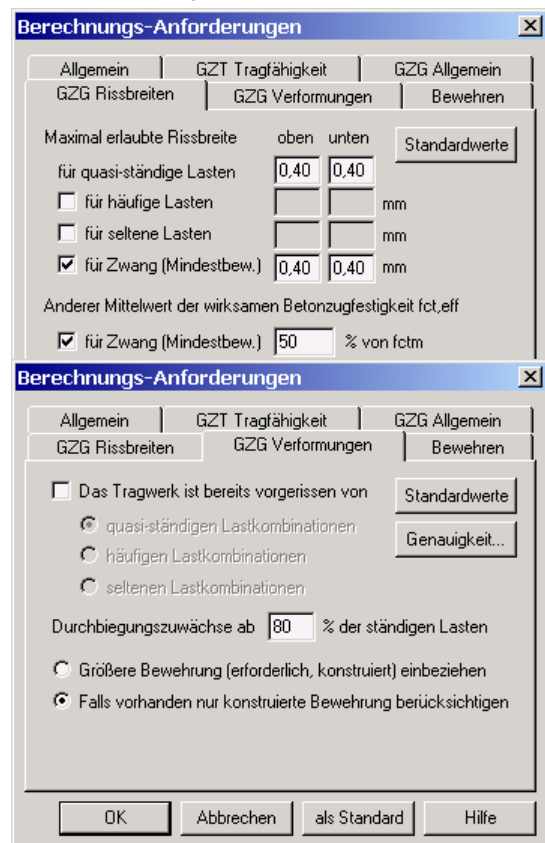
- ⇒ Klicken wir auf der unteren Fensterleiste die Schaltfläche **Rückgängig** an (oder einfacher drücken wir die Tastenkombination **[Strg + Z]**), um wieder den Zustand vor dem Löschen zu erhalten.
- ⇒ Drücken wir die Tastenkombination **[Strg + A]**, womit alle Lasten ausgewählt werden. Mit der gedrückten Taste **[Strg]** und der **linken Maustaste** wie bei der vorigen Alternative klicken wir aber die neuen Lasten der Lagerbedienung an – ihr Zustand wechselt von „ausgewählt“ zurück zu „nicht ausgewählt“. Sparen wir uns diesmal das Kontextmenü und drücken fürs Löschen gleich die Taste **[Entf]**.

2.5. Bemessungsergebnisse sichten

Damit haben wir alle Eingaben fertig. Jetzt könnten wir den Träger gleich bewehren. Wir sehen uns vorher aber einige Bemessungsergebnisse an, um zu sehen, ob wir den Unterzug „vernünftig“ bzw. wirtschaftlich bewehren können. Und zwar die für die Tragfähigkeit **erforderlichen Bewehrungsmengen** (GZT-Bemessung) als auch die **Grenzdurchmesser** für max. erlaubte Rissbreiten (GZG-Bemessung) und die vorläufig nur aufgrund der erforderlichen Bewehrung vorhandene **Durchbiegungen**. (normalerweise ein GZG-Nachweis).

Vor den Berechnungen müssen wir noch die **Berechnungsanforderungen** überprüfen bzw. anpassen. Wir nehmen an, dass sie alle noch nach der Programminstallation auf ihre Standardwerte voreingestellt sind und werden daher nur einige durchgehen.

- ⇒ Klicken wir die **Berechnungsanforderungen** auf der oberen Symbolleiste an. Im erscheinenden Dialog wählen wir die Registerkarte **GZG Rissbreiten** (siehe rechts). Hier können wir für alle GZG-Lastkombinationen max. erlaubte Rissbreiten festlegen. Es werden danach entlang des Tragwerks max. mögliche Längsbewehrungsdurchmesser (Grenzdurchmesser) ermittelt, so dass diese Rissbreiten nirgends überschritten werden². EN 1992-1-1, 7.3.1(5) verlangt für unsere Expositionsklasse XC1 die Beschränkung auf **0,4** mm nur für quasi-ständige Lastkombinationen. Sicherheitshalber nehmen wir noch auch eventuellen Zwang aus dem Abfließen der Hydratationswärme im jungen Beton, wenn die Zugfestigkeit erst ca. **50** % des Mittelwertes nach 28 Tagen beträgt³.
- ⇒ Wählen wir die Registerkarte **GZG Verformungen** aus und füllen das Dialogfeld wie rechts abgebildet aus. EN 1992-1-1, 7.4.1(5) verlangt für die quasi-ständigen Lasten außer der Durchhangbeschränkung auf L/250 auch die Beschränkung des Durchbiegungszuwachses z.B. nach dem Aufbau der Trennwände auf L/500. Wir haben in unserem einfachen Beispiel keine Einwirkungen (bzw. Lasten) für solche Aufbauten definiert, aber zwecks Vorführung nehmen wir an, dass wir solche haben und dass sie 20% aller ständigen Lasten ausmachen – d.h. die Bezugslast für die Durchbiegungszuwachse ist **80** % von unserer ständigen Einwirkung „EG Träger + Decke“. Mehr über Berechnungsanforderungen finden wir im Kapitel [3.5](#).





¹ Alternativ können wir im Menü auf der oberen Fensterleiste **Einstellungen ► Berechnungsanforderungen...** auswählen.

² Die erlaubten Rissbreiten sind daher nur Bemessungsvorgaben, wobei der $f_{ct,eff}$ Wert auch für den Rissbreitennachweis gilt.

³ Siehe z.B. DIN 1045-1, 11.2.2(5).

2.5.1. Erforderliche Bewehrung (GZT-Bemessung)

- ⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Bemessung** auf der oberen Symbolleiste an¹.
- ⇒  Falls wir vorher andere Bemessungsergebnisse angesehen haben, müssen wir auf der „zweiten“ Symbolleiste eventuell noch diese zwei Schaltflächen **Tragfähigkeit** und **Erforderliche Bewehrung** anklicken. Nachher sollten wir im oberen Bereich der Zeichenfläche folgendes Bild haben.

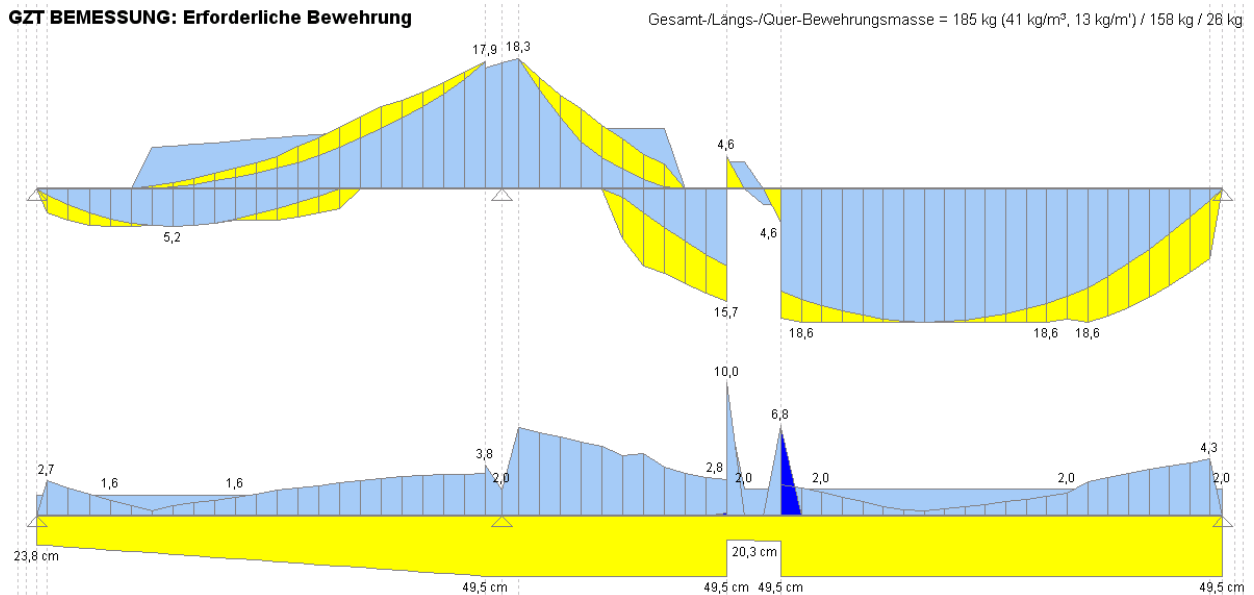


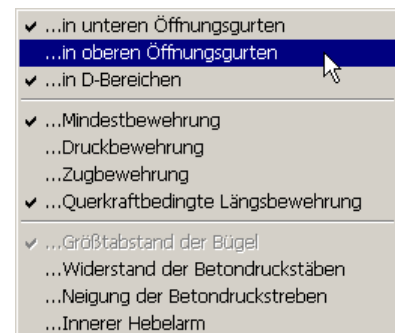


Abbildung 2.9: Erforderliche Bewehrungsmengen für die Tragfähigkeit



Das obere Diagramm zeigt die erforderliche **Längsbewehrung** in [cm²], das untere die **Querbewehrung** in [cm²/m³] als ob für **einschnittige Bügel**. Die schraffierten Flächen zeigen die statisch (rechnerisch) erforderliche Bewehrung, die nicht schraffierten die Mindestbewehrung². Die nicht schraffierte gelbe Fläche im unteren Diagramm zeigt die maximal möglichen Biegelabstände. In Öffnungsbereichen kann das Diagramm gleichzeitig nur die Ergebnisse in oberen oder unteren Öffnungsgurten anzeigen.

- ⇒  Mit Anklicken der Schaltflächen **in unteren Öffnungsgurten** und **in oberen Öffnungsgurten** können wir sie wechselweise darstellen.
- ⇒  Mit der gedrückten Schaltfläche **in D-Bereichen** wird in den zur Öffnung seitlich anliegenden D-Bereichen³ die erforderliche „Aufhängebewehrung“ dunkelblau angezeigt.⁴

Alternativ zu diesen Schaltflächen können wir mit einem einfachen Klick mit der **rechten Maustaste** ein Kontextmenü einblenden, wo wir außer diesen Optionen auch andere für viele Begleitergebnisse wählen können. Die Beschreibung von anderen Ergebnisarten sowie weiteren Details der GZT-Bemessung finden Sie im Kapitel [3.6.2](#).



2.5.2. Grenzdurchmesser (GZG-Bemessung)

- ⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Gebrauchstauglichkeit – Rissbreiten** auf der „zweiten“ Symbolleiste an⁵.
- ⇒  Falls wir vorher andere Bemessungsergebnisse angesehen haben, müssen wir dort noch die Schaltfläche **Grenzdurchmesser** anklicken.

Nachher sollten wir im oberen Bereich der Zeichenfläche das Gleiche wie auf der [Abbildung 2.10](#) vorfinden. Auf dem Diagramm werden keine größeren Durchmesser gezeigt als der größte vorhandene in unserer Profillalette. Das ist z.B. der Fall im ganzen rechten Feld unten – d.h. dort sind noch größere Durchmesser möglich.

¹ Oder wir wählen auf der oberen Menüleiste **Ergebnisse ► GZT-Bemessung f. Tragfähigkeit ► Erforderliche Bewehrung** aus.

² In unserem Fall nach EN 1992-1-1, 9.2.1.1. Die Mindestbewehrung für die Rissbreitenbeschränkung nach 7.3.2 wird in diesem Diagramm nicht angezeigt. Sie ist bei den entsprechenden GZG Ergebnissen berücksichtigt.

³ **D-Bereich** ist die Bezeichnung für ein Diskontinuitätsbereich, wo im Unterschied zum B-Bereich (Kontinuitäts- oder Bernoulli-Bereich) die Grundhypothesen für Stabstatik (das Ebenbleiben der verformten Querschnitte, etc.) nicht gelten. Sie werden mit den Ersatzstabwerken bestehend aus Druck- und Zugstäben modelliert (siehe EN 1992-1-1 6.5).

⁴ Die hellblaue Diagrammfläche auf diesen Stellen ist die erforderliche Querbewehrung, die bis zum Öffnungsrand als ob für einen B-Bereich ermittelt wurde. Im Bezug auf die Unsicherheit bei der Modellierung der D-Bereiche mit Stabwerken, wird in unserem Programm für das interaktive Bewehren immer der größere von den beiden Werten verlangt.

⁵ Oder wir wählen auf der oberen Menüleiste **Ergebnisse ► GZG-Bemessung f. Rissbreiten ► Grenzdurchmesser** aus.

GZG BEMESSUNG f. Rissbreitenbeschränkung: Grenzdurchmesser

Min Ø unten/oben = 24,7/21,5 mm

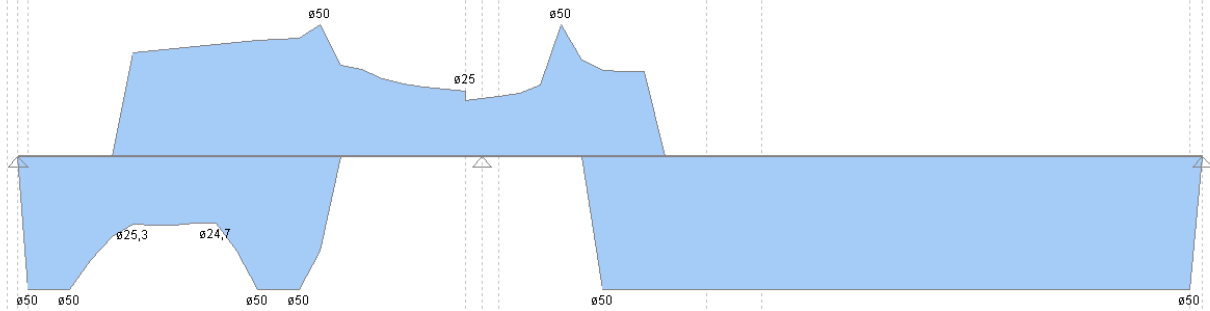
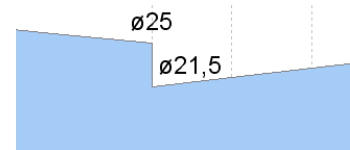


Abbildung 2.10: Max. mögliche Durchmesser der Längsbewehrung für Rissbreitenbeschränkung

In der Legende rechts oben können wir lesen, dass der kleinste max. mögliche Durchmesser auf dem ganzen Tragwerk unten **24,7** und oben **21,5**mm ist¹.

Bei dieser Gelegenheit sollten wir einen wichtigen **Tipp für Ergebnisdarstellungen** erwähnen. Wir können auf dem Diagramm den kleinsten Wert **21,5**mm nicht sehen, weil seine Beschriftung wegen einer Überlappung mit anderen grafischen Objekten unterdrückt war. Wenn Sie auf bestimmten Diagrammstellen die Wertbeschriftungen vermissen, **vergrößern Sie die Ansicht** (zoom) solange, **bis sie sichtbar werden**.

⇒ Klicken wir die Schaltfläche **Ansicht mit Fenster** an und auf die Eingabeaufforderungen **Erster Eckpunkt** und **Zweiter Eckpunkt** geben wir mit der **linken Maustaste** im gewünschten Bereich zwei gegenüberliegende Punkte eines Vergrößerungsausschnittes.



Die Beschreibung von anderen Ergebnisarten und weiteren Details der GZG-Bemessung finden Sie im Kapitel [3.6.3](#).

2.5.3. Durchbiegungen (GZG-Nachweis)

⇒ Wählen wir auf der Menüleiste oben **Ergebnisse ► GZG-Nachweis der Verformung ► Durchbiegungen** aus, um auch einen direkten Weg zur Ergebnisdarstellung zu zeigen wie unten abgebildet.



⇒ Prüfen wir, dass die Schaltfläche **Quasi-ständige Kombinationen** ausgewählt ist.

GZG NACHWEIS der Verformungen (quasi-ständ.Kombin.): Durchbiegungen

Max/Min w = 23,8 / -1,4 mm (L : 363 / L : -4000)

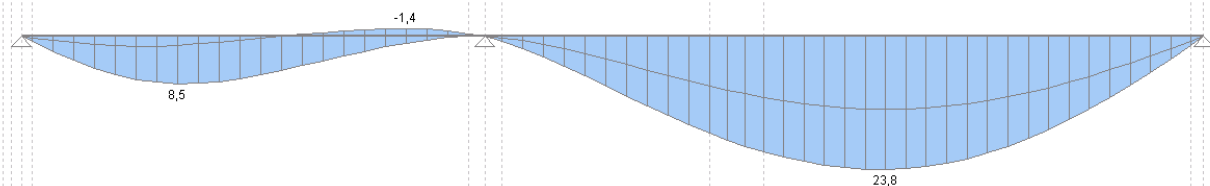


Abbildung 2.11: Durchbiegungen für quasi-ständige Lastkombinationen

⇒ Klicken wir nun die Schaltfläche **Durchbiegungszuwächse** an.

GZG NACHWEIS der Verformungen (quasi-ständ.Kombin.): Durchbiegungszuwächse

Max/Min w = 15,5 / -1,1 mm (L : 559 / L : -5266)

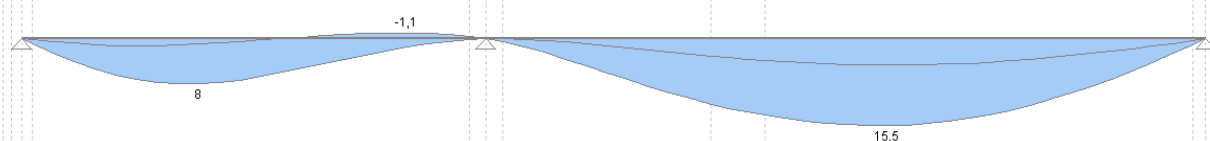



Abbildung 2.12: Durchbiegungszuwächse ab 80% der ständigen Lasten für quasi-ständige Lastkombinationen

¹ Die kleineren Durchmesser im linken Feld unten hat die dort relativ kleine erforderliche Bewehrung verursacht. Für die kleineren Werte über dem Innenaufleger war wieder die breite Betonzugzone – d.h. in beiden Fällen der niedrige Bewehrungsgrad der Betonzugzone – verantwortlich. Man kann den Bewehrungsgrad neben anderer Detailergebnisse ebenfalls darstellen.

In der Legende rechts oben können wir das größte Durchbiegungs-Spanweitenverhältnis **1/363** (bei der absoluten Durchbiegung 23,8mm) und das für die Durchbiegungszuwächse **1/559** (bei 15,5mm) ablesen, d.h. die Normwerte¹ 1/250 und 1/500 konnten bereits mit der erforderlichen Bewehrung eingehalten werden.


2.6. Bewehren

Nun werden wir die Längs- und Querbewehrung konstruieren.

⇒  Klicken wir auf der Symbolleiste ganz oben die Schaltfläche **Bewehren** an, um in diese Arbeitsumgebung zu gelangen.


2.6.1. Längsbewehrung


Unser interaktives Bewehren stellt nicht nur eine rechenunterstützte **Zugkraft-** oder **Druckkraftdeckung** dar, sondern auch das automatisierte Konstruieren der Bewehrung an **End- und Zwischenauflagern**. Das Programm erlaubt uns schrittweise „beliebige“ Abstufung der Längsbewehrung zu konstruieren, sorgt aber dafür, dass die erforderlichen **Verankerungs-** und **Übergreifungslängen eingehalten** werden – d.h. wenn es notwendig ist, wird jede von uns konstruierte Ablängungsstufe **automatisch** korrigiert.

⇒  Falls wir vorher die Querbewehrung bearbeitet haben, klicken wir auf der „zweiten“ Symbolleiste noch die Schaltfläche **Längsbewehrung** an, oder direkt mit der Menüwahl **Bewehren ► Längsbewehrung**. In der „zweiten“ Symbolleiste sind nun alle Befehle für das Konstruieren der Längsbewehrung, wie unten abgebildet.



Im oberen Bereich der Zeichenfläche sehen wir das Diagramm mit den erforderlichen Bewehrungsflächen in äußeren Lagen (siehe die [Abbildung 2.13](#)), das wir mit Ablängungsstufen schrittweise abdecken werden. Die Tragwerks-**Schalungsform** darunter (auf der [Abbildung 2.16](#)) ist nur eine „Anzeigegrafik“. Aber ihre bedeutsamen Koordinaten (vertikale gestrichelte Linien) können wir zur Definition der Bewehrung nutzen – d.h. mit dem Fadenkreuz-Rechteck **als Punkte fangen**. Fangen wir mit der **unteren Bewehrung im rechten Feld** an.

⇒  Der Befehl **untere Hauptbewehrung** aktiviert auch die Schaltflächen für Punkt- und Streckeneingabe.

⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Strecke definieren** an, damit wir die Bewehrung bis zum Innenaufleger führen können. Als **Streckenansfang** fangen wir mit dem Fadenkreuzrechteck den rechten Rand des Innenauflegers. Auf die Aufforderung **Streckenende** klicken wir mit der **linken Maustaste** auf beliebige Stelle innerhalb des erforderlichen As-Bereiches, das wir abdecken möchten. Auf der [Abbildung 2.13](#) sind die beiden Punkte mit roten gestrichelten Linien zu sehen. Die dicke violette horizontale Linie zeigt die **minimale Ablängungsstufenlänge**² – d.h. noch ohne notwendige Verankerungslängen. Beenden wir die Eingabe mit der **rechten Maustaste**.

Es erscheint ein Dialogfeld, wie rechts abgebildet. Klicken wir neben dem Textfeld **Profil** auf das Optionsfeld und wählen wir dort **ø20**. Das Programm zeigt uns die notwendige **Anzahl** der Stäbe für eine volle Abdeckung dieses erforderlichen As-Bereiches mit **6**. Wir möchten 50% der Bewehrung zum Innenaufleger führen, machen also zwei Ablängungsstufen je 3 Stäbe. Ändern wir die **Anzahl** auf **3** und schließen das Dialogfeld mit **OK** ab.

Bemerkung: Anklicken des Optionsfeldes neben der **Anzahl** würde uns umgekehrt das kleinste notwendige Profil für volle Abdeckung anzeigen – also für 3 Stäbe ø36.

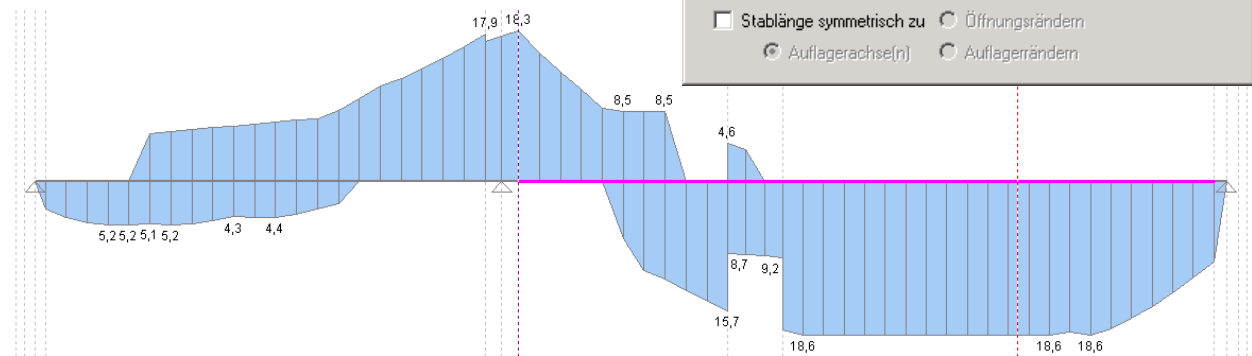


Abbildung 2.13: Minimale Ablängungsstufenlänge für untere Bewehrung für das ganze rechte Feld

¹ EN 1992-1-1, 7.4.1(5).

² Das Programm hat am Ende des erforderlichen As-Bereiches ein **Endaufleger** mit wenig oder keiner Einspannung erkannt und hat die minimale Abstufungslänge nur bis zu seinem Innenrand geführt (Anfang der Verankerungslänge, EN 1992-1-1, 9.2.1.4(3)).

Jetzt sollten wir auf der Zeichenfläche das gleiche Bild haben wie auf der [Abbildung 2.14](#) unten, aber ohne die violette horizontale Linie, die bereits die Eingabe der nächsten Ablängungstufe darstellt. Die blauen Kurven links und rechts zeigen die erforderlichen Verankerungsendpunkte. Die rote Fläche beim **Endauflager** zeigt einen Bereich der Längsstäbe, der **aus der Schalungsform hinausreicht**. Die von uns wählbare seitliche Betondeckung wird dabei berücksichtigt. Die linken Stabenden hat das Programm automatisch um eine Länge nach EN 1992-1-1, 9.2.1.5(2) über den rechten Rand des **Innenauflegers** geführt.

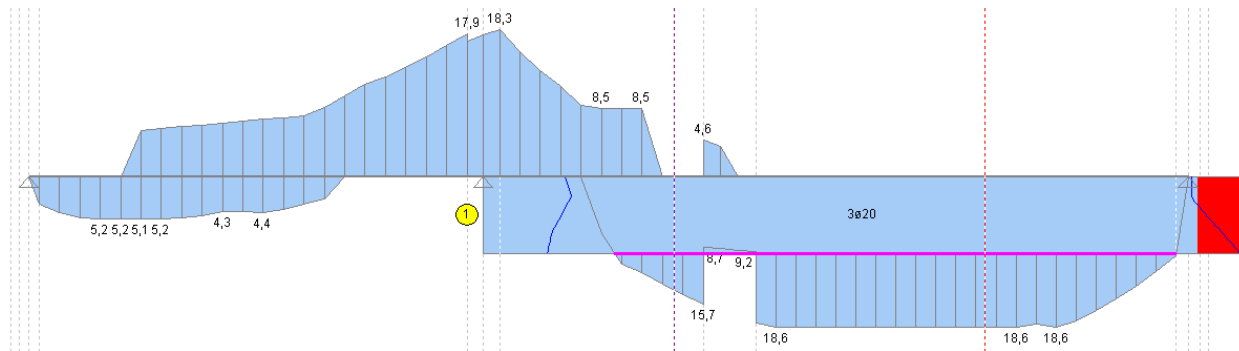


Abbildung 2.14: Große Verankerungslänge am Endauflager

Konstruieren wir die nächste Ablängungstufe, mit der wir den Rest dieses erforderlichen As-Bereichs abdecken.

⇒ Machen wir das Gleiche wie bei der ersten Stufe, aber geben die zwei Streckenpunkte ein, wie es auf der [Abbildung 2.14](#) die zwei gestrichelten Linien zeigen – diese Stufe soll nicht länger sein, als es für ihre Verankerung notwendig ist. In dem Dialogfeld wählen wir wieder $\varnothing 20$. Das Programm zeigt uns die notwendige **Anzahl** der Stäbe für die Abdeckung des restlichen erforderlichen As-Bereiches mit **3**. Kreuzen wir noch **Mit der Vorstufe koppeln** an und zwar nur am rechten Ende, wie rechts abgebildet. Wir versuchen durch eine gemeinsame Verankerung der rechten Stabenden¹ ihre **Verankerungslänge zu optimieren** (verkürzen) und die Bewehrung in die Schalung zu bekommen. Schließen wir das Dialogfeld mit **OK** ab.

Winkelhaken 90°	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Winkelhaken 135°	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Schlaufe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mit der Vorstufe koppeln	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Stablänge symmetrisch zu	<input type="radio"/> Öffnungsrandern	
<input type="radio"/> Auflagerachse(n)	<input type="radio"/> Auflagerändern	

Jetzt sollten wir auf der Zeichenfläche das gleiche Bild haben wie auf der [Abbildung 2.15](#), aber ohne die kurze violette horizontale Linie am rechten Ende, die bereits eine Eingabe der gestoßenen Schlaufen am Endauflager darstellt. Die rote Fläche ist zwar deutlich kleiner geworden aber die **Stäbe sind immer noch zu lang**.

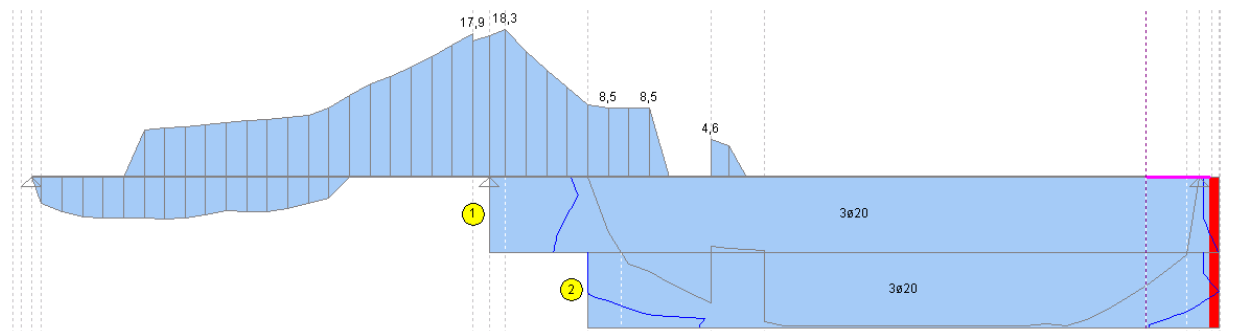



Abbildung 2.15: Optimierte Verankerungslänge am Endauflager durch Koppelung der Ablängungstufen

Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Verankerungslängen an dem **Endauflager** noch kürzer zu machen. Wir werden im Folgenden eine davon zeigen – die Stäbe $\varnothing 20$ vor dem Endauflager mit **Schlaufen** kleineren Durchmessers stoßen (ersetzen). Das Programm wird **automatisch** die notwendige **Anzahl** der **Schlaufen** samt der erforderlichen **Stoßübergreifungslänge** ermitteln, so dass die Bewehrung in die Schalungsform hineinpasst.

⇒ Der Befehl **untere Endauflagerbewehrung** aktiviert die Schaltflächen für Punkt- und Streckeneingabe. Wenn wir die Bewehrung über den linken **Endauflager**rand nicht weiter führen möchten, als es für die Verankerung notwendig ist, wählen wir **Punkt definieren** – mit dem Punkt bestimmen wir die Lage des **Stoßmittelpunktes** vor dem Auflager. Wenn aber die Bewehrung noch weiter führen soll (z.B. bis zum Trägerende), wählen wir **Strecke definieren** - einer der beiden Streckenpunkte, der vor dem Auflager liegt, ist der **Stoßmittelpunkt**, der andere im Auflagerbereich oder dahinter die Stelle bis zu der die Bewehrung mindestens geführt wird².

¹ Die erste Ablängungstufe (Vorstufe) kann dort für ihre Verankerungslänge auch die Fläche der zweiten Stufe einrechnen und dadurch die Stahlspannungen vermindern. Die zweite Ablängungstufe muss wiederum diese Zusatzspannungen für ihre eigene Verankerung berücksichtigen. Im Regelfall führt die Koppelung bei den Vorstufen zu kürzeren Stablängen, was auch die Gesamtmasse der Bewehrung reduzieren kann.

² Die erforderliche Verankerungslänge kann aber selbstverständlich verursachen, dass die Bewehrung noch länger sein wird.

⇒  Wir möchten die Bewehrung bis zum Trägerende führen, klicken also die Schaltfläche **Strecke definieren** an. Wir nehmen an, dass die Übergreifungslänge nicht größer als 1m sein wird und versuchen es mit dem Stoßmittelpunkt 0,5m vor dem Auflagerrand¹. Als Streckenanfang geben wir in dem Tastatureingabefeld unten **-0,5** ein und auf die Aufforderung **...Bezugspunkt fangen wir den** linken Rand des Endauflagers. Auf die Aufforderung **Streckenende** klicken wir mit der **linken Maustaste** irgendwo weiter rechts außerhalb des Trägers², wie es die zwei gestrichelten Linien auf der **Abbildung 2.15** zeigen und beenden die Eingaben weiterer Strecken mit der **rechten Maustaste** ab. Es erscheint ein Dialogfeld ähnlich dem für die „normalen“ Stäbe. Ordnen wir mit dem Optionsfeld **Schlaufe** diese an den rechten Stabenden an. Wählen wir das Profil **Ø12** und das Programm zeigt die **Mindestanzahl** der Stäbe **12**, die für die Übertragung der Kraft im Stoß und eventuell auch zum Abdecken der erforderlichen Bewehrung zwischen dem Stoßmittelpunkt und dem Auflagerrand nötig sind³. Schließen wir das Dialogfeld mit **OK** ab.

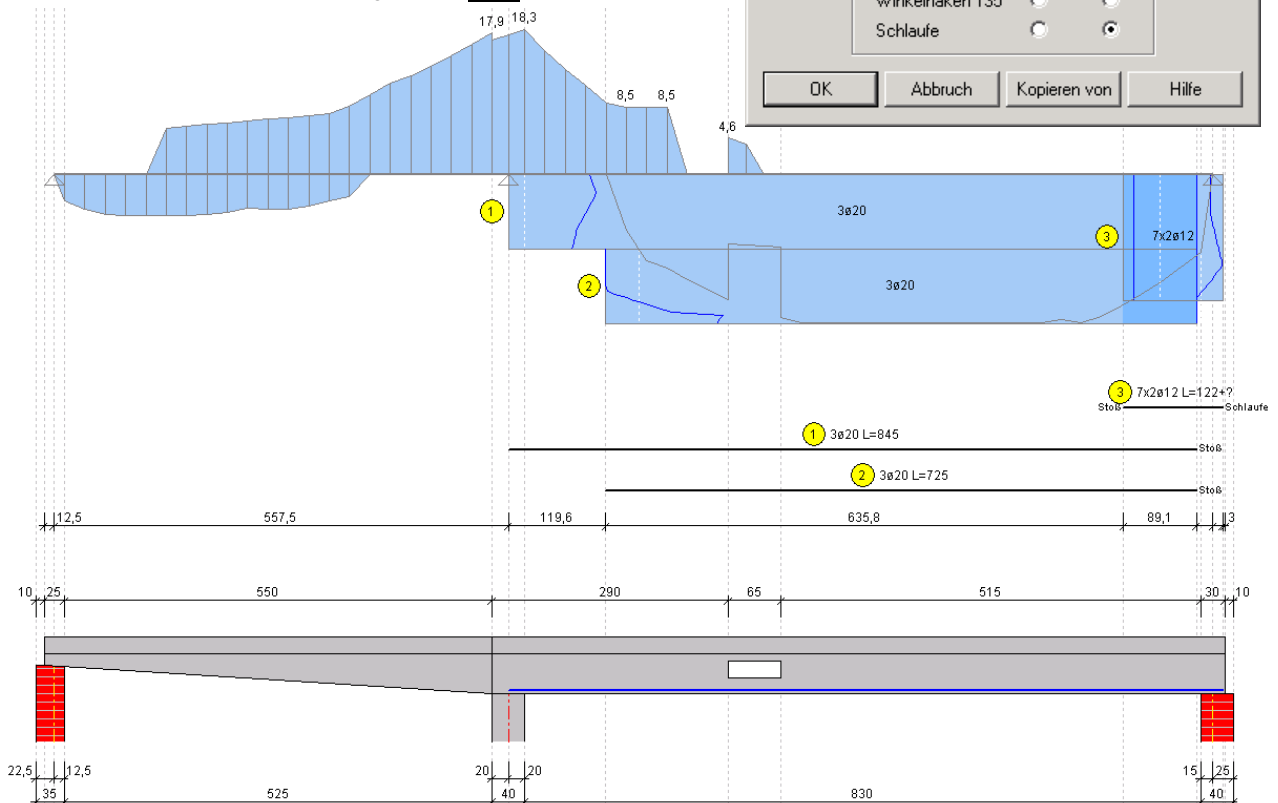


Abbildung 2.16: Gestoßene Schlaufen haben die Bewehrung am Endauflager in die Schalungsform gebracht

Das Programm hat eben die minimal notwendige **Anzahl** der **Schlaufen**⁴ mit **7** (d.h. 14 Einzelstäbe) ermittelt, damit die Bewehrung in die Schalungsform passt⁵, wie wir es auf der **Abbildung 2.16** oben sehen (keine rote Fläche mehr). An den Stabpositionen und Maßlinien unter dem Diagramm sehen wir auch, dass der ganze Stoßbereich vor dem Auflager liegt – die erforderliche **Übergreifungslänge** ist 89,1cm.

Wichtige Bemerkung: Wenn wir nachträglich bei der Endauflager- oder Hauptbewehrung die Stabprofile und/oder ihre Anzahl, Koppelung, etc. ändern möchten, genügt es sie auszuwählen und nach dem Auswahlabschluss erscheint das für diese Eingaben entsprechende Dialogfeld. Wenn wir es probieren möchten, machen wir einen Doppelklick auf die „zweite“ Ablängungsstufe 3Ø20 oder auf den Stab mit der Positionsnummer 2 und in dem Dialogfeld ändern wir die Anzahl der Stäbe von 3 auf 4. Das Programm **rechnet automatisch alles um**. Die Stäbe Nummer 2 und 3 hatten vorher eine Länge 725 und 122cm, jetzt nur 713 und 115cm. Durch die größere Stahlfläche wurde nicht nur die Verankerungslänge am linken Ende sondern auch die Übergreifungslänge kürzer⁶ – sie beträgt jetzt nur 76,4cm. Die erforderliche Anzahl der Endauflagerschlaufen hat sich in diesem Fall nicht geändert.

¹ Wir möchten, dass der ganze Übergreifungsbereich außerhalb des Auflagers liegt.

² Oder wir können den rechten Rand des Trägerkörpers mit dem Fadenkreuzrechteck fangen.

³ Die vom Programm angezeigte Mindestanzahl der einzelnen Stäbe (2-mal Anzahl der Schlaufen) lässt jedoch die Anzahl der gestoßenen Hauptbewehrungsstäbe außer Acht. Wäre die erforderliche Mindestanzahl in unserem Beispiel kleiner als 6, müssten wir sie selber auf 6 setzen, weil im Stoß die Kraft von jedem der 6 Hauptbewehrungsstäben einzeln zu übertragen ist.

⁴ Es müssen nicht nur Schlaufen sein. Ebenso können Stäbe mit geradem Ende oder Haken am Endauflager gestoßen werden.

⁵ Die seitliche Betondeckung 3cm wurde dabei berücksichtigt.

⁶ Weil die Übergreifungslänge der Hauptbewehrungsstäbe mit den größeren Profilen für die gemeinsame Stoßlänge maßgebend ist.

Wenn wir aber z.B. den Stoßmittelpunkt ändern möchten, müssen wir die Ablängungstufe am Endauflager löschen und neu konstruieren.

- ⇒ Bewehren wir nun auf die ähnliche Weise die **untere Bewehrung** des **linken Feldes** jedoch ohne die Schlaufen. Die erste Ablängungstufe mit der Streckeneingabe – als Streckenanfang fangen wir den linken Rand des Innenauflegers und das Streckenende definieren wir links außerhalb des Trägers – und mit $3\phi 12$ Stäben. Die zweite Ablängungstufe mit der Punkteingabe – irgendwo in dem noch nicht abgedeckten As-Bereich mit der linken Maustaste klicken – und auch mit $3\phi 12$ Stäben, die wir aber am linken Ende mit der Vorstufe koppeln. Es sollte an diesem Endauflager keine rote Fläche angezeigt werden (siehe die [Abbildung 2.17](#)).
- ⇒ Konstruieren wir jetzt die **obere Bewehrung**. Die erste Ablängungstufe repräsentiert die verteilte Plattenbewehrung $\phi 10$ à 15cm – d.h. $7\phi 10$. Sie geht über die ganze Trägerlänge, wir kreieren sie also mit der Streckeneingabe und beiden Punkten außerhalb des Trägers (oder wir fangen Anfang und Ende des Trägerkörpers). Die zweite Ablängungstufe $2\phi 16$ dann mit der Punkteingabe – eine Stelle irgendwo in dem noch nicht abgedeckten As-Bereich anklicken – und mit $5\phi 16$ Stäben. Kreuzen wir in diesem Dialogfeld noch das Kontrollkästchen **Stablänge symmetrisch zu** und das Optionsfeld **Auflagerrändern** an. Nachher sollten wir auf der Zeichenfläche das gleiche Ablängungsdiagramm sehen wie auf der [Abbildung 2.17](#) unten.

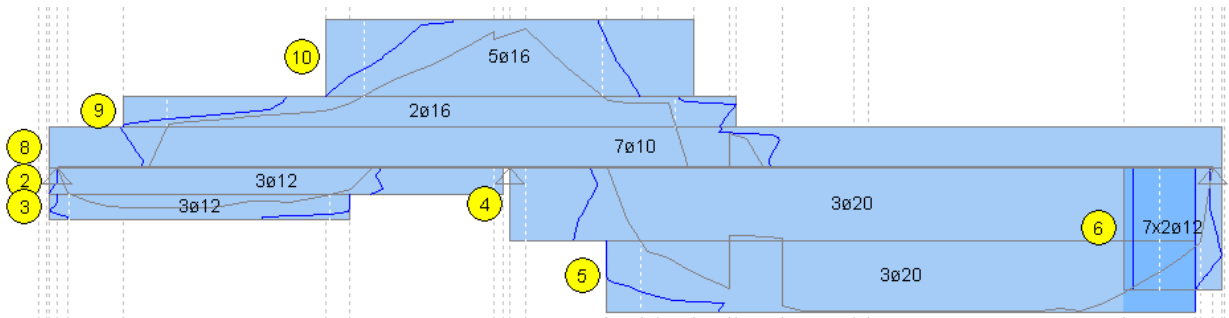


Abbildung 2.17: Ablängungsdiagramm nach der abgeschlossenen Eingabe der Stäbe in äußeren Lagen

Das Konstruieren der **Öffnungsbewehrung** (die inneren Lagen der Öffnungsurte) erfolgt identisch.

- ⇒ Der Befehl **innere Öffnungsbewehrung unten** aktiviert wieder die Schaltflächen für die Punkt- und Streckeneingabe und zeigt uns nun das Diagramm der erforderlichen Bewehrungsflächen in den inneren Lagen der Öffnungsurte.
- ⇒ Klicken wir die Schaltfläche **Punkt definieren** an und mit der **linken Maustaste** klicken wir auf irgendeine Stelle irgendwo in dem erforderlichen As-Bereich unterhalb des Trägerachse. Beenden wir die Eingabe weiterer Punkte mit **der rechten Maustaste**. Es erscheint das uns bereits bekannte Dialogfeld, wo wir **4** Stäbe **$\phi 16$** wählen. Um zu verhindern, dass man auf der Baustelle die Stäbe verkehrt verlegt, machen wir sie symmetrisch um die Öffnungsränder, wie rechts abgebildet.
- ⇒ Machen wir das Gleiche für die Bewehrung oberhalb der Öffnung und wählen wir **4** Stäbe **$\phi 16$** .

Winkelhaken 135°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schlaufe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit der Vorstufe koppeln	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Stablänge symmetrisch zu	<input checked="" type="radio"/> Öffnungsrändern	
<input type="radio"/> Auflagerachse(n)	<input type="radio"/> Auflagerrändern	

Nachher sollten wir auf der Zeichenfläche das gleiche Ablängungsdiagramm sehen wie auf der [Abbildung 2.18](#) unten.

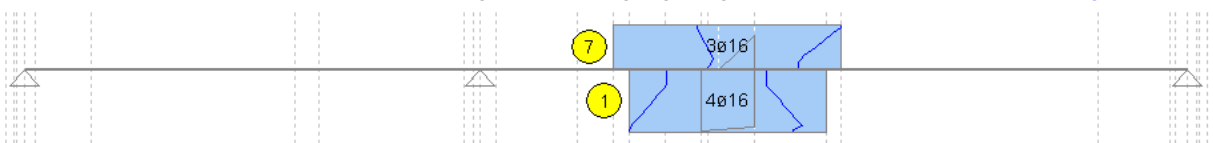


Abbildung 2.18: Ablängungsdiagramm nach der abgeschlossenen Eingabe der Stäbe in inneren Lagen

Verwenden Sie die Schaltflächen **äußere Lagen zeigen** und **innere Lagen zeigen** wenn Sie diese Bewehrung sichten möchten, ohne zuerst für sie die Konstruktionsbefehle starten zu müssen.

Mehr über das Konstruieren der Längsbewehrung erfahren Sie im Kapitel [3.7.1](#) und [3.5.4](#). Damit sind wir mit der Längsbewehrung fertig. Jetzt könnten wir gleich alle GZG-Nachweise durchführen. Wir werden zuerst aber noch die Querbewehrung konstruieren.

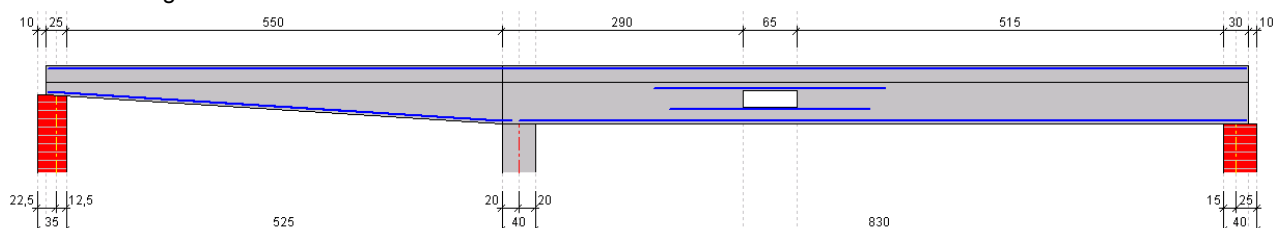



Abbildung 2.19: Ansicht des Unterzugs mit konstruierter Längsbewehrung


2.6.2. Querbewehrung


Das Programm ermöglicht zurzeit nur Bereiche aus geschlossenen **2- bis 8-schnittigen Bügeln** mit Winkelhaken zu konstruieren, die sich im Steg der Querschnitte befinden.

- ⇒  Falls wir vorher die Längsbewehrung bearbeitet haben, klicken wir auf der „zweiten“ Symbolleiste die Schaltfläche **Querbewehrung** an, oder direkt mit der Menüwahl **Bewehren ► Querbewehrung**. In der „zweiten“ Symbolleiste sind nun alle Befehle für das Konstruieren der Querbewehrung, wie unten abgebildet.



Im oberen Bereich der Zeichenfläche sehen wir das Diagramm mit den erforderlichen Bewehrungsflächen und max. erlaubten Bügelabständen (wie auf der [Abbildung 2.9](#)), das wir schrittweise mit den Bügelbereichen abdecken werden. Versuchen wir zuerst einen **Grundbügelraster** über den ganzen Träger **à 20cm** zu legen, so dass wir dann die stärker beanspruchten Bereiche nachher verdichten oder mit stärkeren Bügeln versehen können.

- ⇒  Klicken wir die Schaltfläche **auch untere Öffnungsgurte** an, um dem Programm mitzuteilen, wenn die von uns definierte Bügelbereichsstrecke auch einen Öffnungsbereich beinhaltet, meinen wir dort die Bügel im unteren Öffnungsgurt.

- ⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Bügelbereich** an. Es funktioniert genau wie eine Streckeneingabe. Als **Streckenansfang** und **Streckenende** klicken wir mit der **linken Maustaste** links und rechts außerhalb des Trägers (oder fangen wir den linken und rechten Rand des Trägerkörpers) und beenden die Eingaben weiterer Bügelbereiche mit der **rechten Maustaste**.

Es erscheint ein Dialogfeld, wie rechts abgebildet. Es funktioniert ähnlich wie das Dialogfeld für die Längsstäbe. Wenn wir das Optionsfeld neben dem Textfeld **Profil** anklicken, zeigt uns das Programm den notwendigen Bügelabstand, um die erforderliche Bewehrungsfläche innerhalb des von uns gewählten Bügelbereichs voll abzudecken. Das Anklicken des Optionsfeldes neben **Abstand** zeigt wiederum das dafür notwendige Profil. Klicken wir neben dem Textfeld **Profil** auf das Optionsfeld und wählen dort **ø6**. In das Textfeld **Abstand** geben wir **20** ein und schließen das Dialogfeld mit **OK** ab. Im oberen Bereich der Zeichenfläche sollten wir das Deckungsdiagramm mit darunter dargestellten Bügelpositionen wie auf der [Abbildung 2.20](#) sehen.

Erforderlich		Gewählt	
As	10,01 cm²/m	As	2,83 cm²/m
Abstand	19,5 cm	Abstand	20 cm
Neigung	90°	Profil	ø6 mm
		Schnittigkeit	2 x

Bereichslänge dem gewählten Abstand genau anpassen

Ausdehnen Schrumpfen
 Symmetrisch zu Auflager Achse(n) Rändern

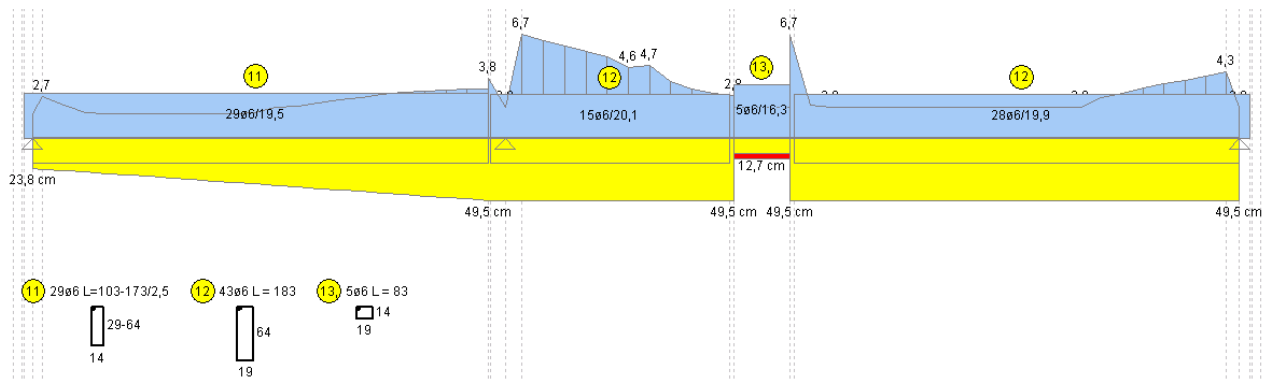
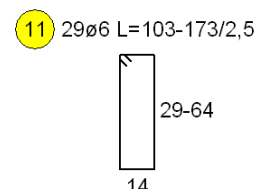



Abbildung 2.20: Bügelbewehrung kreiert mit einem Bügelbereichsbefehl für den Abstand 20cm

Das Programm hat 4 getrennte Bügelbereiche mit 3 unterschiedlichen Bügelpositionen kreiert, weil die von uns definierte Bügelbereichsstrecke 4 Trägerbereiche mit wechselnden Stegabmessungen inkludiert, davon 3 voneinander unterschiedlich. Die wählbare seitliche Betondeckung (hier 3cm) wird bei den Bügelabmessungen berücksichtigt. Die Bügel in einem **linear veränderlichen Querschnittsbereich** werden zu einer Bügelposition erfasst, wie wir es bei der Positionsnummer 11 rechts sehen. In dem linken Feldbereich befinden sich 26 Bügel mit veränderlicher Höhe von 29 bis 64cm, mit Gesamtablänge 103 bis 173cm und der Gesamtlängenunterschied zwischen zwei benachbarten Bügeln 2,5cm – d.h. $103 + 28 \times 2,5 = 173$.

Auf der [Abbildung 2.20](#) sehen wir, dass der Abstand 20cm überall bis auf den unteren Öffnungsgurt (die rote Fläche) ausreichend ist, aber im mittleren Trägerbereich, rechts von der Öffnung (Aufhängebewehrung) und beim rechten Endauflager konnten wir die erforderliche Bewehrungsfläche nicht voll abdecken. Wir versuchen bei dem Profil ø6 zu bleiben und nur mit kleineren Abständen diese Teilbereiche abzudecken.



Fangen wir mit dem Bereich bei dem rechten Endauflager an.

- ⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Bügelbereich** an. Klicken wir dann mit der **linken Maustaste** ungefähr auf die Stelle, wo die erforderliche Bewehrungsfläche aus dem bestehenden Bügelbereich hinausragt und als Streckenende rechts außerhalb des Trägers, wie es die zwei roten gestrichelten Linien auf der **Abbildung 2.21(a)** darstellen. Die dicke violette horizontale Linie zeigt die Anfangsstrecke des Bügelbereichs. Beenden wir die Eingaben mit der **rechten Maustaste**.

Es erscheint das uns bereits bekannte Dialogfeld. Das Programm zeigt für das Profil $\varnothing 6$ den notwendigen **Abstand** $13,2$ cm, damit die größte erforderliche Bewehrungsfläche $4,27$ cm²/m in diesem Bereich voll abgedeckt wäre. Wählen wir den **Abstand** $13,0$ cm und füllen wir im unteren Dialogbereich die Optionsfelder aus, wie rechts abgebildet. Damit wollen wir, dass der **gewählte Abstand** 13cm genau **eingehalten** wird und wenn es dafür notwendig ist, wird der Bügelbereich am linken Ende (Richtung Innenaullager) **ausgedehnt**. Schließen wir das Dialogfeld mit **OK** ab. Auf der Zeichenfläche sollten wir das Deckungsdiagramm wie auf der **Abbildung 2.21(b)** sehen.

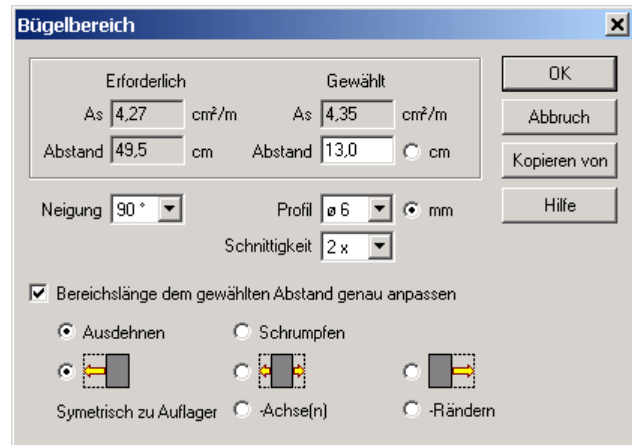
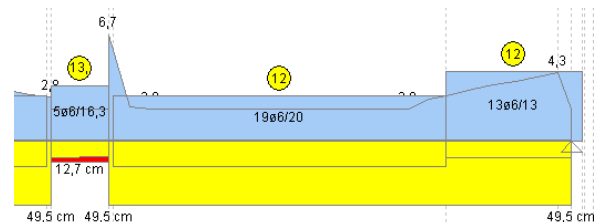
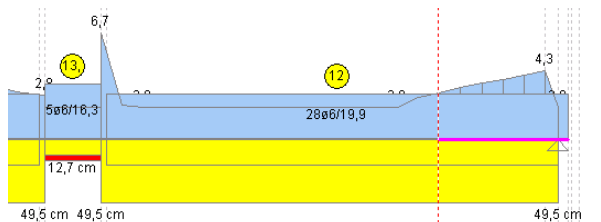
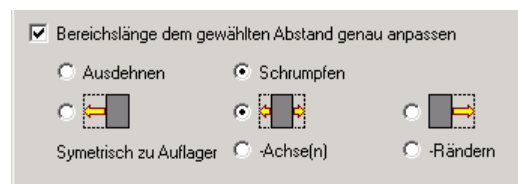



Abbildung 2.21: a) Anfangsstrecke des Bügelbereichs



b) Abgeschlossene Bügelbereichsdefinition

Das Programm hat mit dem neuen Bügelbereich 13ø6/13 auf der definierten Strecke **den alten** 28ø6/19,9 nicht nur **ersetzt** (abgeschnitten), sondern auch den ursprünglichen Vorgaben bestmöglich entsprechend auf 19ø6/20 **geändert**. Wir können also über bestehende Bügelbereiche neue definieren und das Programm sorgt dafür, dass die dadurch neu entstandenen Bereiche sich den ursprünglichen Vorgaben (gewünschter Abstand, Dehnungsrichtung, Symmetrie etc.) bestmöglich anpassen werden.

- ⇒ Decken wir nun auf ähnliche Weise den kurzen **Bereich rechts von der Öffnung** (die Aufhängebewehrung) ab. Als Streckenanfang fangen wir den rechten Öffnungsrand und als Streckenende klicken wir ungefähr auf die Stelle, wo die erforderliche Bewehrungsfläche aus dem bestehenden Bügelbereich hinausragt. In dem erscheinendem Dialogfeld wählen wir Profil $\varnothing 6$ und Abstand 8 cm, so dass die Aufhängebewehrung mindestens aus 3 Bügeln besteht.
- ⇒ Machen wir einen **Doppelklick** auf den bestehenden Bügelbereich im **unteren Öffnungsgurt**, wo wir den Abstand kleiner machen müssen. In dem erscheinenden Dialog sehen wir in dem Textfeld oben links (in der Spalte „Erforderlich“) den max. möglichen Abstand 12,0cm. Wählen wir also einen neuen Abstand 12 cm und füllen wir im unteren Dialogbereich die Optionsfelder aus, wie rechts abgebildet. Damit wollen wir, dass der **gewählte Abstand** 12cm genau **eingehalten** wird und wenn es dafür notwendig ist, wird der Bügelbereich symmetrisch zur Mitte **geschrumpft**¹. Schließen wir das Dialogfeld mit **OK**. Jetzt sollte die rote Fläche im Diagramm verschwinden.
- ⇒ Machen wir einen **Doppelklick** auf den bestehenden Bügelbereich **zwischen dem Innenaullager und der Öffnung**. In dem Dialogfeld klicken wir auf das Optionsfeld neben dem Textfeld **Profil**, damit uns das Programm erneut den notwendige Abstand für das Profil $\varnothing 6$ anzeigt – $8,5$ cm. Ändern wir den Abstand auf $8,0$ cm und lassen den Bereich wie vorher auf beiden Enden **symmetrisch** zu seiner Mitte **schrumpfen**.
- ⇒ Machen wir einen **Doppelklick** auf den bestehenden Bügelbereich im **linken Feld**. In dem Dialogfeld ändern wir den Abstand $19,5$ auf genau $20,0$ cm, lassen den Bereich **am rechten Ende schrumpfen** und schließen das Dialogfeld mit **OK**.



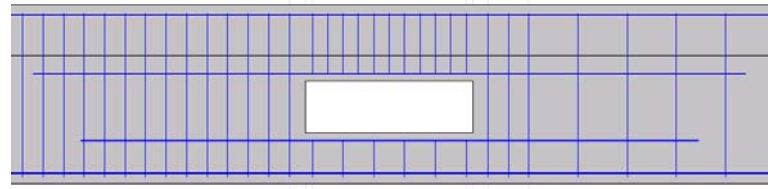
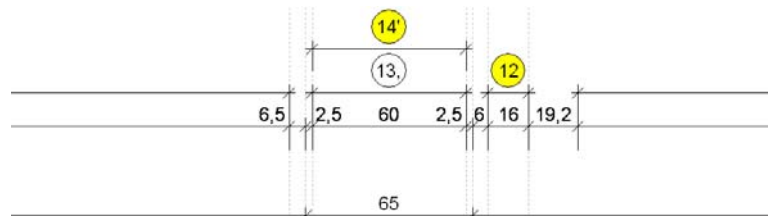
Vergessen wir nicht die Bügel noch im **oberen Öffnungsgurt** anzuordnen.

- ⇒  Klicken wir die Schaltfläche **auch obere Öffnungsgurte** an.
- ⇒  Klicken wir die Schaltfläche **Bügelbereich** an. Als Streckenanfang und –Ende fangen wir die beiden Öffnungsänder und beenden die Eingabe weiterer Bügelbereiche mit der **rechten Maustaste**. In dem Dialogfeld

¹ Ausdehnen würde nichts bewirken, weil die anliegenden Trägerbereiche andere Querschnitts(steg)abmessungen haben.

zeigt das Programm fürs Profil $\varnothing 6$ den notwendigen Abstand $6,2$ cm. Wählen wir genau $6,0$ cm und lassen den Bereich wie für den unteren Gurt **symmetrisch** zu seiner Mitte **schrumpfen**. Schließen wir den Dialog mit **OK** ab. Jetzt sollten wir auf der Zeichenfläche den gleichen Inhalt haben wie auf der [Abbildung 2.22](#).

⇒ Mit **Ansicht mit Fenster** zoomen wir uns die Öffnungsbewehrung ein, bis wir alle Maßlinienbeschreibungen sehen können. Mit den Tastenkombinationen **Strg+Num+** oder **Strg + Num-** etc. können wir die Ansicht weiter justieren.



QUERBEWEHRUNG

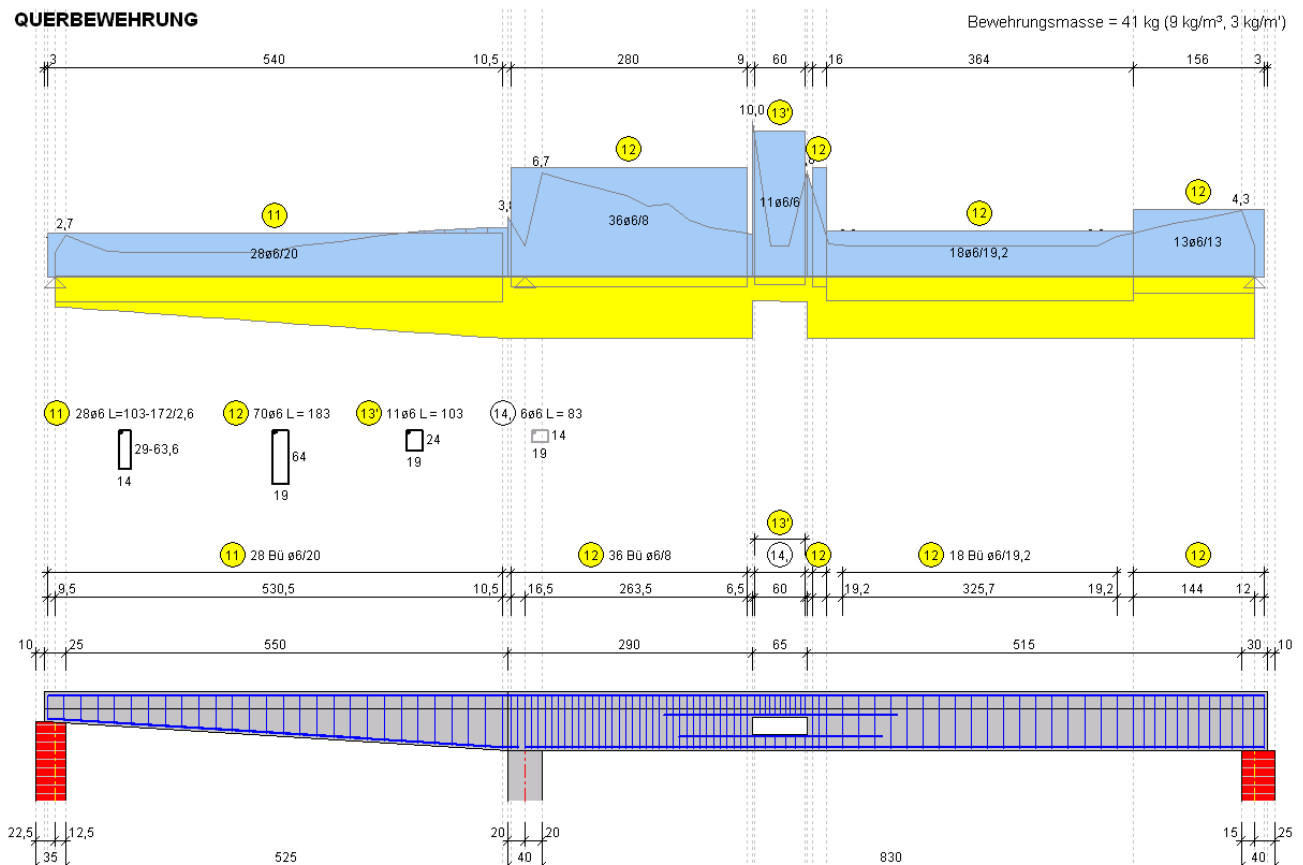


Abbildung 2.22: Inhalt der Zeichenfläche nach den abgeschlossenen Querbewehrungseingaben

2.7. Konstruierte Bewehrung mit GZG-Nachweisen prüfen

Im Kapitel [2.5](#) haben uns bereits die Bemessungsergebnisse signalisiert, dass die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit erfüllt werden, wenn wir die erforderliche Bewehrung mit der konstruierten abdecken und bei der Längsbewehrung nicht kleinere Stabprofile als 20mm verwenden. Dass muss aber nicht immer der Fall sein. Oft kann die **Gebrauchstauglichkeit** (Rissbreiten und/oder Durchbiegungen) erst mit einer gezielt konstruierten **Überbewehrung** erreicht werden. Wir werden zwecks Demonstration diese Nachweise aber trotzdem durchführen.

2.7.1. Tatsächlich vorhandene Rissbreiten

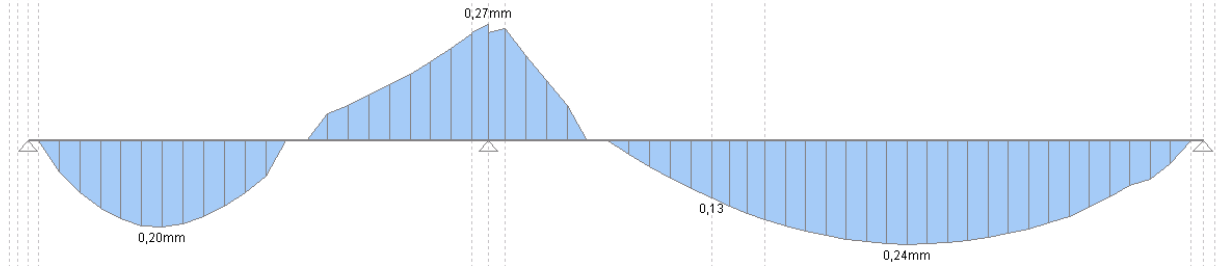
Für die Ermittlung der tatsächlichen Rissbreiten ist eine konstruierte Längsbewehrung notwendig, weil für die Berechnungen auch die Stabdurchmesser bekannt werden müssen.

⇒ Wählen wir auf der Menüleiste oben **Ergebnisse ► GZG-Nachweis der Rissbreiten ► Rissbreiten** aus.

⇒ Klicken wir die Schaltfläche **Quasi-ständige Kombinationen** an. Wir sollten im oberen Bereich der Zeichenfläche ein Diagramm mit den tatsächlichen Rissbreiten wie auf der [Abbildung 2.23](#) sehen. Den Diagrammbeschriftungen oder der Legende rechts oben können wir entnehmen, dass die größten Rissbreiten unten $0,24$ mm und oben $0,27$ mm betragen – also weniger, als unsere Anforderungen $0,4$ mm im Kapitel [2.5](#).

GZG NACHWEIS der Rissbreiten (quasi-ständ.Kombin.): Rissbreiten

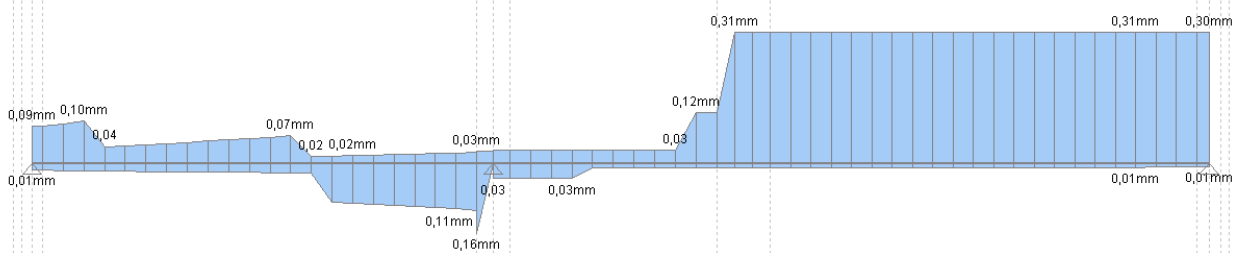
Max Wk unten/oben = 0,24/0,27 mm

**Abbildung 2.23:** Tatsächliche Rissbreiten unter quasi-ständigen Lastkombinationen

⇒ Klicken wir die Schaltfläche **Zwang (Mindestbewehrung)** an, um auch die Rissbreiten zu überprüfen, die eventuell beim Abfließen der Hydratationswärme im jungen Beton entstehen können (siehe dazu unsere Berechnungsanforderung am Anfang des Kapitels 2.5). Der **Abbildung 2.24** können wir entnehmen, dass auch hier unsere Anforderung auf maximale Rissbreite 0,4mm nicht überschritten wurde.

GZG NACHWEIS der Rissbreiten (Mindestbew. f. Zwang): Rissbreiten

Max Wk unten/oben = 0,16/0,31 mm

**Abbildung 2.24:** Tatsächliche Rissbreiten beim Abfließen der Hydratationswärme im jungen Beton

2.7.2. Durchbiegungen

Im Kapitel 2.5.3 haben die Durchbiegungen und deren Zuwächse bereits für die erforderlichen Bewehrungsmengen die Normkriterien erfüllt. Mit der konstruierten Bewehrung sollte es daher keine Überraschungen geben. Das Sichten der Ergebnisse erfolgt identisch wie im Kapitel 2.5.3. Es ist dem Leser überlassen, es selber durchzuführen. Wie erwartet, sind die Durchbiegungen für die konstruierte Bewehrung kleiner geworden. Das größte Durchbiegungs-Spannweitenverhältnis war **1/363**, jetzt ist es **1/387**. Das für die Durchbiegungszuwächse war **1/559**, nun ist es **1/606**.

2.8. Drucker Ausgaben

2.8.1. Allgemeines

Wir können vom Programm ein **Statikprotokoll**, einen **Bewehrungsplan** und eine **Stahlliste** erhalten. Ähnlich wie beim Sichten der Ergebnisse können wir jederzeit, nachdem wir das Tragwerk, die Belastung oder Berechnungsanforderungen geändert haben, die Dokumentation sofort sichten oder ausdrucken. Das Programm verfolgt, was sich geändert hat und führt die **notwendigen Berechnungen** für die zu dokumentierenden Ergebnisse **automatisch** durch.

⇒ Klicken wir **Dokumentation** auf der Symbolleiste oben an, oder auf der Menüleiste **Einstellungen ► Dokumentation einrichten...**. Oder noch einfacher mit der Tastenkombination **Strg+D**. Es erscheint ein Dialogfeld, wie rechts abgebildet. Mit dem Optionsfeld **• Statikprotokoll** und **• Bewehrungsplan** werden die für das jeweilige Dokument relevante Eingabefelder einblendend.

2.8.2. Statikprotokoll

⇒ Wählen wir das Optionsfeld **• Statikprotokoll** aus und füllen das Dialogfeld, wie rechts abgebildet.

Das Statikprotokoll kann wahlweise alle Eingaben und Ergebnisse in Form eines kontinuierlichen Dokuments mit Bildern, Tabellen und Text beinhalten.

Dokumentation

Statikprotokoll drucken Anderes Datum

Bewehrungsplan drucken Startseite

Statikprotokoll Bewehrungsplan

Farbzig Hochformat Beschreibungen
 Schwarz-weiß Querformat Erklärungen

Tragwerk Zeichnung Eigenschaften
Einwirkungen Zeichnungen Eigenschaften

Charakteristische Auswirkungen
 Schnittkräfte Auflagerkräfte Verformungen
 Auflagerkräfte von einzelnen Einwirkungen

GZT Tragfähigkeit Erforderliche Bewehrung Bruchsicherheit GK Schnittkräfte Auflagerkräfte EK

GZG Rißbreiten Grenzprofile Zw Rissbreiten QK Schnittkräfte HK Auflagerkräfte SK

Bewehren Ablängungsdiagramm Bügeldeckungsdiagramm

GZG Verformungen Durchbiegungen VI Zuwächse QK Schnittkräfte HK Auflagerkräfte SK


Maßstab maximal 1 :


Buttons: OK, Abbruch, Drucker..., Erweitert..., Alles aus, Bemessungen, Nachweise, als Standard, Hilfe

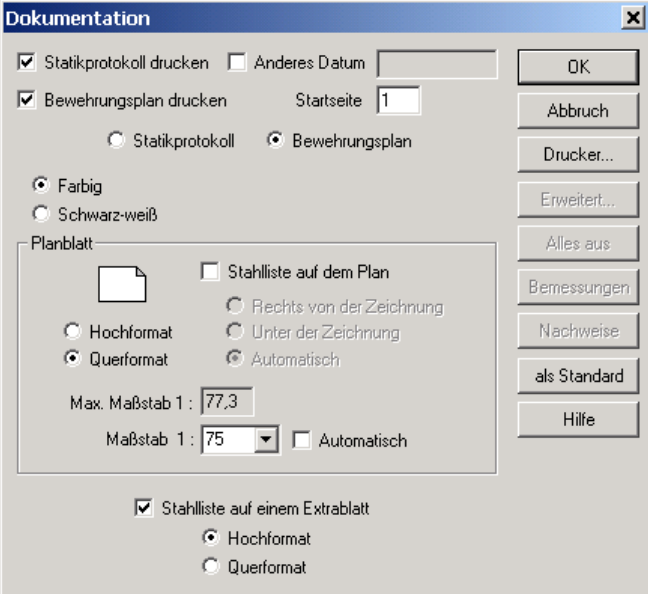
Das Protokolldokument ist in logische Kapitel wie Tragwerk, Einwirkungen, Bemessung, Nachweis, etc. gegliedert, deren Umfang und Gestaltung wir in diesem Dialogfeld bestimmen können.

2.8.3. Bewehrungsplan

⇒ Wählen wir das Optionsfeld **Bewehrungsplan** aus und füllen das Dialogfeld aus, wie rechts abgebildet. Das Programm berechnet den maximal möglichen Maßstab als 1 : 77,3 und wenn das Kontrollkästchen **Automatisch** angekreuzt ist, setzt den nächst kleineren technischen Maßstab ein. Wir probieren es hier mit einem ein bisschen größeren 1 : aus.

⇒  Klicken wir **Dokumentation sichten** auf der Symbolleiste oben an, um noch vor dem Ausdrucken das Aussehen der Dokumentation auf dem Bildschirm zu prüfen¹. Die Vorschau des Ausdrucks bezieht sich immer auf die momentan eingestellten Eigenschaften des momentan ausgewählten Druckers.

⇒  Wenn wir mit der Vorschau zufrieden sind, starten wir die Ausgabe mit dem Befehl **Drucken**, oder der Tastenkombination **Strg+P**.



Manchmal kann ein **separates Drucken** von **Statikprotokoll** und **Bewehrungsplan** notwendig sein, wenn die beiden Dokumente z.B. auf verschiedenen Papiergrößen oder Druckern ausgegeben werden sollen, z.B. das Protokoll auf einem A4- und der Bewehrungsplan auf einem A3- oder A2-Format und auf einem Drucker-Plotter. In diesem Fall kreuzen wir nur eines der Kontrollkästchen **Statikprotokoll drucken** oder **Bewehrungsplan drucken** an und mit der Dialogschaltfläche **Drucker** wählen wir den gewünschten Drucker und seine Eigenschaften für diese Ausgabe aus.

Mehr über die Druckerausgaben finden Sie im Kapitel [3.8](#).

¹ Weil die Bildschirmauflösung wesentlich niedriger als die der heutigen Drucker ist, kann bei der Vorschau auch die angezeigte Aufteilung des Dokumentationsinhalts auf die einzelnen Seiten von dem Ausdruck leicht abweichen.


3. Programmbedienung


Das Programm hält sich streng an die **Microsoft-Konventionen** für Bedienung von **Windows-Applikationen**. Die CAD-spezifischen Bedienungselemente wurden mit Anlehnung an **AutoCAD** implementiert. Häufig durchzuführende Aufgaben können Sie mit Benutzung von bestimmten Tasten oder Tastenkombinationen erreichen (siehe das Kapitel [3.1.2](#)). Viele Programmfunktionen wurden bei dem Beispiel im Kapitel [2](#) „live“ gezeigt. Es wird dringend **empfohlen** das **Beispiel** vorher Schritt für Schritt auf dem Computer durchzugehen.


3.1. Allgemeine Funktionen

3.1.1. Programmhilfe

Die Hilfe erscheint im eigenständigen Hilfe-Fenster - dem Hilfe-Navigator, in dem wir uns gleich wie in einem Internet-Browser bewegen können. Während des Arbeitens im Programm gibt es zwei Grundarten von Hilfestellung:

 Die **Kontexthilfe** wird durch das Anklicken dieser Schaltfläche oder das Drücken der Taste **[F1]** aktiviert. Es wird ein Hilfethema angezeigt, das sich auf Ihre momentane Situation im Programm bezieht. Wenn Sie z.B. die erforderliche Bewehrung als Ergebnisse am Bildschirm betrachten und wissen möchten, welche Ergebnisse die verschiedenen Diagramm-Komponenten darstellen, drücken Sie einfach diese Taste oder klicken Sie auf diese Schaltfläche und Sie erhalten sofort die Erklärung in dem Hilfe-Navigator.

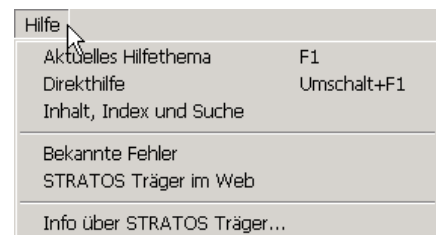
 Die **Direkthilfe** wird durch das Anklicken dieser Schaltfläche oder die Tastenkombination **[Umschalt+F1]** aktiviert. Es erscheint ein Fragezeichen-Cursor und mit dem Anklicken einer Schaltfläche auf den Symbolleisten oder einer Menüwahl erhalten Sie die Information über diesen Befehl.

 Die **Kontexthilfe** zum angezeigten **Dialog** erscheint mit dem Anklicken dieser Dialogschaltfläche. Mit der Menüwahl **[Hilfe ► Nach neuen Updates suchen]** suchen werden die **neuesten Updates** für Ihre Anwendung angezeigt. Es gibt auch eine automatische Updatesuche, deren Häufigkeit Sie selber einstellen können.

Mit der Menüwahl **[Hilfe ► Bekannte Fehler & Tipps]** können Sie auf die Support-Webseiten des Softwareherstellers gelangen, wo zu jeder Programm-version alle bekannten Fehler als auch Tipps aufgelistet sind.

Mit der Menüwahl **[Hilfe ► STRATOS-Träger im Web]** gelangen Sie zur Homepage des Softwareherstellers, wo Sie Informationen über neue Programm-Updates, Unterstützung, etc. erhalten.

Mit der Menüwahl **[Hilfe ► Info über STRATOS-Träger...]** erfahren Sie z.B. die Version Ihres Programms etc.



Für **ausführlichere Informationen** schlagen Sie immer in diesem **Handbuch** nach. In der Programm-Hilfe sind nicht alle Themen vorhanden bzw. sind oft in einer abgekürzten Fassung behandelt.

3.1.2. Ausführen von Befehlen

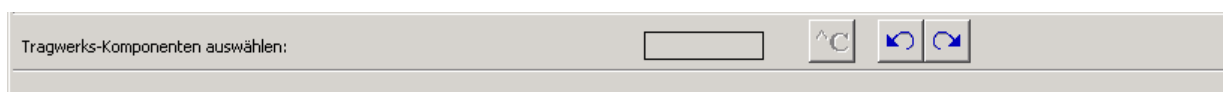
Die Programmbedienung wird von einer Reihe von Befehlen verwirklicht. Der Zugang zu den meisten Befehlen kann immer durch mehrere Wege führen.

- Klicken mit der linken Maustaste auf die entsprechende **Schaltfläche** auf einer der Symbolleisten, die sich standardmäßig im oberen Fensterbereich unter der Menüleiste befinden.
- Auswählen des Befehls im entsprechenden **Menü** auf der oberen Menüleiste.
- Auswählen des Befehls im **Kontextmenü**, das durch das Klicken mit der **rechten Maustaste** innerhalb der Zeichenfläche eingeblendet wird. Das Kontextmenü enthält nur Befehle, die für die momentane Bedienungssituation relevant sind. Nach der Befehlswahl verschwindet das Menü wieder.
- Durch eine **Tastenkombination**. Häufig durchzuführende Aufgaben können Sie mit einer Tastenkombination beschleunigen. Das Drücken der Tastenkombination **[Strg+Z]** beispielsweise macht den zuletzt durchgeführten Befehl rückgängig, **[Strg+Y]** stellt ihn wieder her und die **[Esc]** Taste bricht jeden Befehl ab. **[Strg-S]** speichert die gerade bearbeitende Datei, **[Strg-A]** wählt alle relevanten Objekte auf der Zeichenfläche aus, **[Strg+C]** kopiert sie, mit **[Strg+V]** können wir sie versetzen, mit **[Entf]** Löschen, etc. Welche Tastenkombinationen zu welchen Befehlen gehören, können Sie am einfachsten in Menüs oder in den Schaltflächen-Tooltips ablesen.

Die Bedienungselemente für die oben angeführten Methoden sind für den Befehl **[Versetzen]** von Tragwerksteilen (weil wir uns auf den Bildern in der Arbeitsumgebung „Tragwerkseingabe“ befinden) in der [Abbildung 3.1](#) dargestellt.

Nach dem Start des Befehls **[Versetzen]** werden wir in der unteren Leiste mit dem Text „Tragwerks-Komponente auswählen“ zur Auswahl der Tragwerksteile aufgefordert, die versetzt werden sollen.

Verfolgen Sie daher immer diese **Textanzeige** bei allen geometrischen Befehlen. Sie gibt Ihnen den Hinweis, was Sie als Nächstes tun sollen oder können.



Die drei Schaltflächen auf der Leiste sind die Befehle **[Abbruch]**, **[Rückgängig]** und **[Wiederherstellen]**.

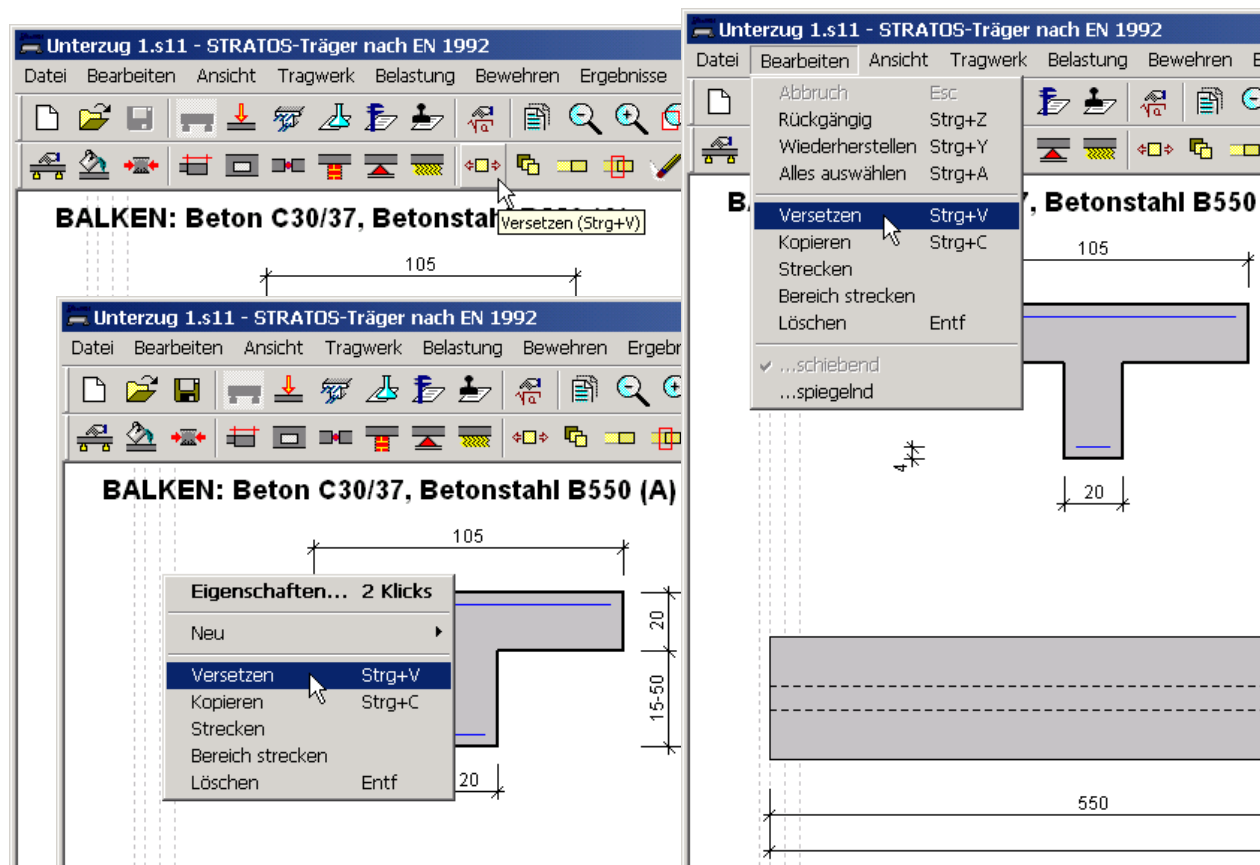


Abbildung 3.1: Ausführen vom Befehl **Versetzen** mit Anklicken der Symbol-Schaltfläche oder den Menüwahlen

Wichtiger Hinweis: Wenn Sie in einem Dialogfeld keine Eingabenänderungen gemacht haben, schließen Sie ihn immer mit **Abbruch** ab. Das Beenden mit **OK** betrachtet das Programm meistens als eine Eingabenänderung, die bei der Ergebnisdarstellung oder dem Drucken eine Neuberechnung verursachen kann.

3.1.3. Geometrische Grundfunktionen

Beim Erzeugen von Tragwerks-, Last- und Bewehrungskomponenten oder bei deren geometrischen Änderungen werden wir aufgefordert für ihre horizontalen Positionen oder Abmessungen **Punkte** oder **Strecken** zu definieren. Die geometrischen Funktionen beziehen sich daher nur auf die Koordinaten **entlang des Tragwerks**, die immer in **Metern** einzugeben sind. Die Querabmessungen oder Positionen (z.B. Querschnittsabmessungen) werden dann in den entsprechenden Dialogfeldern als Eigenschaften der jeweiligen Komponenten definiert.

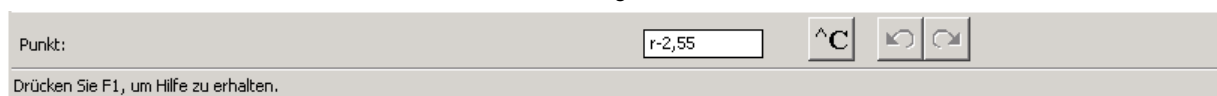
3.1.3.1. Punkte definieren



Anklicken der Schaltfläche **Punkt definieren** startet die Eingabe von mehreren Punkten. Sie bleibt solange aktiv, bis wir sie mit der **rechten Maustaste** **beenden**. Alle Zahleneingaben in der unteren Leiste oder Fangen mit dem Fadenkreuz-Rechteck werden somit als Koordinaten von Punkten interpretiert. Auf diese Weise kann nicht nur ein einzelner Punkt, sondern eine ganze Kette von Punkten in einem Arbeitsgang eingegeben werden. Dies kann häufig z.B. bei der Eingabe von Auflagern oder bei einer Serie von Einzellasten verwendet werden.

Nach dem Befehlsstart wird das Eingabefeld auf der unteren Leiste aktiv (siehe das Bild unten), womit wir den Punkt mit einem **Koordinatenwert** von der Tastatur eingeben können. Dabei haben wir diese drei Möglichkeiten:

- **absolute** Koordinate, z. B. **a12,5**.
- **relativ zur letzten Position**, z. B. **7,55**. Der zuletzt eingegebene Punkt innerhalb des gleichen Befehls wird dabei als Bezugspunkt verwendet. Dessen Position ist auf der Zeichenfläche mit einer roten gestrichelten horizontalen Linie dargestellt. Ist kein Bezugspunkt vorhanden wird zur Eingabe eines Bezugspunktes aufgefördert.
- **relativ zur beliebigen Position**, z.B. **r-2,55**. Es wird zur Eingabe eines Bezugspunktes aufgefördert. Diesen will man dann meistens mit dem Fadenkreuz-Rechteck fangen.



Falls wir es brauchen, können wir mit der Schaltfläche **Punkte fangen** das Fangen von Punkten (de)aktivieren.

3.1.3.2. Strecken definieren



Anklicken der Schaltfläche **Strecke definieren** startet die Eingabe von mehreren Strecken. Sie bleibt solange aktiv, bis wir sie mit der **rechten Maustaste** **beenden**. Eine Strecke wird durch die Eingabe von zwei Punkten definiert.

3.1.4. Erstellen von Objekten und Ändern ihrer Eigenschaften

Alle Objekte wie Tragwerk, Last- und Bewehrungskomponenten, können wir mit dem jeweiligen Befehl (Schaltfläche auf einer Symbolleiste oder eine Menüwahl) entweder neu erstellen oder nur ihre Eigenschaften ändern.

Z.B. nach dem Starten des Befehls **Punkt-Auflager** erscheint auf der unteren Eingabeleiste die Aufforderung **Punkt-Auflager auswählen oder Punkte für neue definieren**. Wenn wir uns fürs **Erstellen** entscheiden, starten wir anschließend den Befehl **Punkt definieren**. Falls wir nur Auflagerbedingungen (Eigenschaften) von bereits existierenden Punkt-Auflagern ändern möchten, wählen wir sie mit der Fadenkreuzöffnung einfach aus und in dem eingeblendeten Dialog weisen ihnen die neuen Werte zu.

Geometrische Definition oder Auswahl von existierenden Objekten wird immer mit der **rechten Maustaste** abgeschlossen. Weil wir innerhalb eines Befehls mehrere Auflager (mehrere Punkte für sie) erstellen oder mehreren vorhandenen die gleichen Auflagerbedingungen zuweisen können, erfährt das Programm dadurch, wann die Erstellung bzw. Auswahl abgeschlossen ist - d.h. wann es mit dem Einblenden des jeweiligen Dialogs zur Definition ihrer Eigenschaftswerte übergehen kann.

Für das **Erstellen** von neuen Objekten können wir auch die entsprechende Wahl im **Kontextmenü** verwenden (z.B. **Neu ► Punkt-Auflager**). Dieser Befehl startet auch automatisch die Punktedefinition. Das Kontextmenü wird mit der **rechten Maustaste** aktiviert.

3.1.5. Auswählen von Objekten

Das Auswählen von Tragwerks- und Lastkomponenten richtet sich völlig nach den **Microsoft Konventionen für Windows-Applikationen**. Vergleichen Sie es z.B. mit Auswählen von Symbolen in dem Windows-Explorer. Die Fenster-Auswahltechniken wurden mit Anlehnung an AutoCAD implementiert. Wir können für einen Befehl mehrere Objekte auswählen – die **Auswahl** muss mit der **rechten Maustaste** **abgeschlossen** werden.

Mit dem Begriff „Anklicken eines Objektes“ verstehen wir im Weiteren das einfache Klicken mit der **linken Maustaste** auf dieses Objekt.

- **Anklicken** eines Objektes wählt diese aus, wobei alle übrigen nicht ausgewählt werden (exklusives Auswählen).
- **Doppeltes Anklicken** wählt dieses Objekt aus und lässt uns sofort durchs Einblenden des entsprechenden Dialoges seine Eigenschaften ändern.
- **Umschalt+Anklicken** wählt dieses Objekt aus, wobei der Zustand der anderen Objekte unverändert bleibt.
- **Strg+Anklicken** ändert den Zustand des Objektes zwischen ausgewählt und nicht ausgewählt.
- **Fenster voll** funktioniert gleich wie bei AutoCAD. Linke Maustaste drücken und gleichzeitig nach **rechts** unten/oben ziehen. Das Fenster über die gewünschten Objekte ziehen und loslassen. Alle Objekte, die sich vollständig innerhalb des Fensters befinden, werden dadurch ausgewählt.
- **Fenster kreuzen** funktioniert ebenfalls gleich wie bei AutoCAD. Linke Maustaste drücken und gleichzeitig nach **links** unten/oben ziehen. Das gestrichelte Fenster über die gewünschten Objekte ziehen und loslassen. Objekte, die sich zumindest teilweise innerhalb des Fensters befinden, werden ausgewählt.

Das Auswählen durch ein **Fenster** kann ähnlich wie beim Anklicken mit den Tasten **Umschalt** und **Strg** kombiniert werden.

3.1.6. Ändern der Objektgeometrie



Die Befehle **Versetzen**, **Kopieren**, **Strecken**, **Bereich strecken**, **Löschen** können auf alle Objekte (Tragwerks- und Lastkomponenten) in gleicher Weise angewendet werden.

Wir können entweder den Befehl starten und dann die Objekte auswählen oder mit der Objektauswahl beginnen und dann auf der Symbolleiste oder im Kontextmenü den Befehl starten (siehe die [Abbildung 3.1](#) für den Befehl **Versetzen**).

3.1.6.1. Versetzen und kopieren von Objekten



Mit Anklicken der Schaltfläche **Versetzen** bzw. **Kopieren** oder dem Drücken der Tastenkombination **Strg+V** bzw. **Strg+C** wird dieser Befehl gestartet.

Der weitere Verlauf hängt davon ab, welche Bewegungsart im Moment aktiv ist – schieben oder spiegeln.



Wenn die Schaltfläche **...schiebend** ausgewählt ist, brauchen wir einen Verschiebungsweg, der direkt durch eine Zahl oder durch zwei Punkte definiert werden kann. Dementsprechend sehen wir auf der unteren Leiste die Aufforderung **Verschiebungsweg oder Basispunkt**. Wenn wir in dem Eingabefeld auf der unteren Leiste eine Zahl eingeben, wird es als **Verschiebungsweg** verstanden. Fangen eines bestehenden Punktes wir als **Basispunkt** (erster Punkt des Verschiebungsweges) verstanden. In diesem Fall müssen wir noch den **Verschiebungspunkt** (zweiter Punkt des Verschiebungsweges) eingeben.

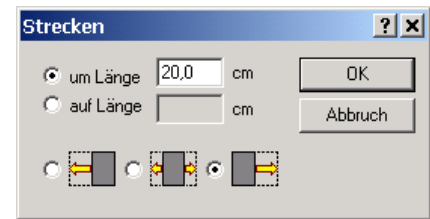


Wenn die Schaltfläche **...spiegelnd** ausgewählt ist, brauchen wir nur einen Spiegelungspunkt einzugeben.

3.1.6.2. Strecken von Objekten



Nach dem Anklicken der Schaltfläche **Strecken** wählen wir die zu streckenden Objekte aus und schließen mit der **rechten Maustaste** die Auswahl ab. In dem erscheinenden Dialogfeld haben wir nun die Möglichkeit, die horizontalen Abmessungen der ausgewählten Objekte entweder **um** oder **auf** bestimmte **Länge** zu verändern. Die drei Optionsschaltflächen bestimmen dann welches Ende des Objektes sich bei der Veränderung bewegen soll.



Der Befehl **Bereich strecken** ist **sehr leistungsfähig**, bedarf allerdings näherer Erklärung. Er funktioniert gleich wie in AutoCAD, mit dem Unterschied, dass die Objekte natürlich nur horizontal gestreckt bzw. versetzt werden. Der zu streckende Bereich ist immer mit einem Fenster (meistens durch die Auswahl **Fenster kreuzen**) zu definieren. Alle Längskoordinaten der Objekte, die sich innerhalb des Fensters befinden, werden geschoben, wobei die, die außerhalb sind, stehen bleiben.

So kann man z.B. das Mittelfeld eines Trägers mit einem einzigen Befehl verlängern oder verkürzen, wobei die übrige Trägergeometrie erhalten bleibt. In diesem Fall würde man den Streckbereich mit einem **Fenster kreuzen** so definieren, dass der linke Fensterrand dieses Feld schneidet und nach rechts erstreckt sich das Fenster hinter das Trägerende. Mit Angabe des Verschiebungsweges z.B. -1,5 werden alle Trägerkoordinaten, die sich innerhalb dieses Fensters befinden um 1,5m nach links geschoben - d.h. das Feld wird um 1,5m verkürzt.

Wenn man z.B. dieses Mittelfeld verkürzen möchte, aber gleichzeitig das rechts angrenzende Feld um gleiches Maß verlängern, definiert man den Streckbereich mit Fenster kreuzen, das diese beiden Felder schneidet. Dann verschiebt sich nur das Auflager und ggf. alle Querschnittsprünge etc., die sich innerhalb des Fensters befinden.

Eines ist noch wichtig: Das Schieben der Objektkoordinaten kann nur bei einem Objekt erfolgen, das selektiert wurde. Man kann vor der Ausführung dieses Befehls einzelne Objekte mit allen Auswahlmitteln dazu selektieren oder aus der Gesamtselektion herausnehmen. Das **zuletzt definierte Fenster** bestimmt dann den Bereich, in dem die Koordinaten geschoben werden.



Wir fangen wieder entweder mit Anklicken der Schaltfläche **Löschen** bzw. Drücken der Taste **Entf** an, wählen dann die zu löschenden Objekte aus und schließen deren Auswahl mit der **rechten Maustaste** ab. Wir können auch mit der Objektauswahl anfangen und nach derer Abschließen den Befehl Löschen starten.

3.1.7. Eigenschaftsübernahme von anderem Objekt



In allen Dialogfeldern für die Eingabe der Eigenschaften von Tragwerks-, Last- oder Bewehrungs-komponenten finden wir diese **sehr nützliche** Schaltfläche. Wenn wir z.B. den Querschnittsbereichen Eigenschaften zuweisen möchten, die gleich oder ähnlich den Eigenschaften eines anderen Querschnittsbereichs sind, klicken wir diese Schaltfläche an. Das Dialogfeld verschwindet und wir sehen auf der unteren Fensterleiste die Aufforderung **Tragwerksteil-Vorbild auswählen**. Mit der kleinen Fadenkreuzöffnung klicken wir auf den Querschnittsbereich, dessen Eigenschaften wir übernehmen möchten. Es erscheint ein Dialogfeld mit den Eigenschaften des gerade ausgewählten Vorbilds. Wir können sie beliebig verändern oder gleich mit **OK** unverändert übernehmen.

3.1.8. Ansichtsfunktionen



Beachten Sie im Menü die rechts von jedem Befehl angeführten Tastenkombinationen für einen schnellen Befehlsaufruf. Ansichtsbefehle sind jederzeit auch innerhalb aller anderen graphischen Befehle möglich. So können wir z.B. bei einer Detailansicht eine Strecke definieren, deren Endpunkt wir außerhalb der momentanen Zeichenfläche fangen möchten. Nach Eingabe des Anfangspunktes können wir die Ansicht z.B. mit der Tastenkombination **Strg+Pfeil nach rechts** so lange verschieben, bis der gewünschte Endpunkt erscheint.

Die Tastenkombinationen **Strg+Num +/-**, etc. bedeuten, dass bei der gedrückten Strg-Taste die Tasten +/- auf dem numerischen Tastaturblock (auf der Tastatur rechts) zu verwenden sind.



Der Befehl **Neuzeichnen** hat besondere Bedeutung für **Ergebnisdarstellungen** (siehe das Kapitel [3.6.6](#)).



Der Befehl **Verkleinern** bzw. **Vergrößern** zoomt entsprechend den Zeichenflächeninhalt ca. um 10%.



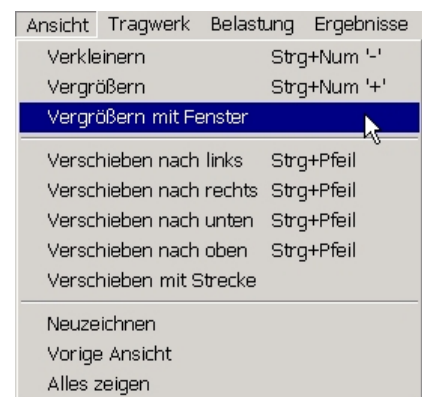
Der Befehl **Vergrößern mit Fenster** vergrößert den Zeichenflächeninhalt durch ein definiertes Rechteck, das mit seinen zwei gegenüberliegenden Eckpunkten mit der linken Maustaste einzugeben ist.



Der Befehl **Vorige Ansicht** zeigt den vorherigen Inhaltsausschnitt.



Der Befehl **Alles zeigen** zeigt den ganzen Zeichenflächeninhalt.





Der Befehl **Verschieben mit Strecke** verschiebt den Bildschirminhalt um einen Vektor, der durch zwei Punkte definiert ist. Die Richtung der Verschiebung geht vom ersten zum zweiten Punkt.

Die Tastenkombinationen **Stg+Pfeil nach links**, **...nach rechts**, **...nach unten** oder **...nach oben** verschieben die Ansicht ca. um 10% seiner momentanen Breite bzw. Höhe nach links, rechts, unten oder oben.

3.2. Anfängen

Auf der obersten Symbolleiste befinden sich alle Befehle, die praktisch in jeder Programmsituation ausführbar sind.



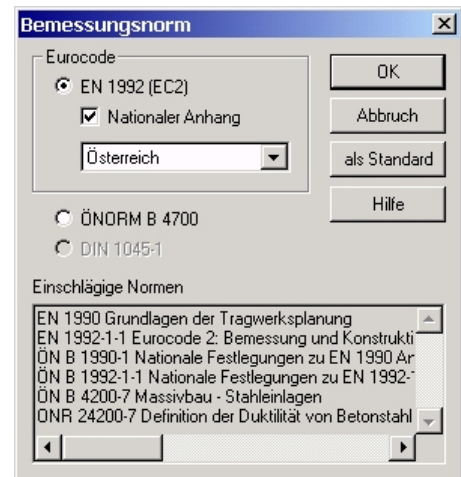
3.2.1. Neue Datei anlegen oder vorhandene öffnen



Das Programm speichert alle Eingaben in eine Datei, deren Namen und Platzierung auf der Festplatte Sie selber bestimmen. Die Befehle dazu sind identisch mit den üblichen Windows Programmen und befinden sich im Menü Datei oder als erste drei Schaltflächen auf der oberen Symbolleiste. Zu jedem Tragwerk existiert also nur diese einzige Datei mit der Erweiterung **s11** (z.B. "Beispiel 1.s11").

3.2.2. Auswahl der Bemessungsnorm

⇒ Mit der Menüwahl **Datei ► Bemessungsnorm...** erscheint ein Dialog für die Normauswahl. Im Falle von **EN 1992 (EC2)** können wir optional für ein bestimmtes Land den **Nationalen Anhang** wählen. Danach sehen wir in der Titelleiste des Programmfensters neben dem Dateinamen auch die gewählte Bemessungsnorm wie in der Abbildung unten (hier EN 1992(A) bedeutet EN 1992 für Austria).



Das Anklicken der Dialogschaltfläche **als Standard** speichert die Normauswahl auf dem Computer und auch nach einem neuen Programmstart wird sie jedem neuen Tragwerk (neuer Datei) zugewiesen.

Die **Bemessungsnorm** kann auch nach getätigten Tragwerks- und Lasteingaben **jederzeit geändert** werden. Das Programm versucht dabei äquivalente Materialien zu verwenden, die Einwirkungseigenschaften möglichst ähnlich festzulegen, etc. Mit einer Meldung wird man an die möglichen Abweichungen aufmerksam gemacht. Danach sollte man diese Eingaben durchgehen, um sie eventuell zu korrigieren.

3.2.3. Arbeitsumgebungen des Programms



Damit die Programmbedienung übersichtlicher wird, gibt es vier visuelle thematisch gegliederte Arbeitsumgebungen, zwischen denen wir z.B. mit den oben dargestellten Schaltflächen beliebig wechseln können.

- Tragwerkseingaben (Tastenkombination **Strg+T**)
- Lasteingaben (Tastenkombination **Strg+L**)
- Bewehren (Tastenkombination **Strg+B**)
- Tragwerksanalyse (z.Z. nur charakteristische Auswirkungen)
- Bemessungen
- Nachweise

Wie schon ihre Namen verraten, werden wir in den ersten zwei Umgebungen alle **Eingaben** für Tragwerk und Belastung erledigen. In der dritten Umgebung können wir rechenunterstützt die **Bewehrung konstruieren**. Die übrigen drei dienen zur **Ergebnisdarstellung** der jeweiligen Aufgaben.

Es gibt Befehle, die wir in jeder dieser Umgebungen ausführen können (sind aktiv) - z.B. das Anlegen oder Öffnen einer neuen Datei, das Ausdrucken der Statikdokumentation, das Ändern der Berechnungsanforderungen und selbstverständlich das Wechseln zwischen den Arbeitsumgebungen. Die Schaltflächen für diese Befehle befinden sich auf der Symbolleiste ganz oben, die dort immer eingeblendet bleibt.

Wiederum Befehle, die z.B. speziell der Tragwerkseingabe dienen, werden nur in dieser Arbeitsumgebung aktiv und eine Symbolleiste mit ihren Schaltflächen wird nur hier angezeigt. Wenn man also einen Befehl ausführen möchte, der sich auf eine andere Arbeitsumgebung bezieht, muss man zuerst in diese Umgebung mit dem entsprechenden Befehl wechseln.

Nach dem Anlegen oder Öffnen einer Datei befindet sich das Programm automatisch in der Umgebung Tragwerkseingabe.

In jeder Arbeitsumgebung und jeder Situation kann man mit der rechten Maustaste ein **Kontextmenü** einblenden, in dem nur die für diese Situation relevanten Befehle angeführt und aktiv sind.

3.3. Tragwerkseingaben

Viele der möglichen Tragwerkseingaben wurden bereits in dem Beispiel (im Kapitel 2.3) gezeigt. Wir werden hier nur die dort nicht erwähnten Themen erörtern.

3.3.1. Allgemeines

Mit dem Anklicken dieser Schaltfläche **Tragwerkseingabe** auf der oberen Symbolleiste oder Drücken der Tastenkombination **Strg+T** gelangen wir in diese Arbeitsumgebung. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheinen Schaltflächen für alle dazu verfügbaren Befehle.



Der Hauptunterschied zu herkömmlichen Programmen besteht hier darin, dass die Eingaben nicht feldweise erfolgen müssen. Das Erstellen als auch Änderung des **Trägerkörpers** (der Schalungsform) ist von den anderen Tragwerkskomponenten, wie Auflager, etc. völlig unabhängig. Man kann bei bestehenden Trägerkörpern ein **Auflager**, **elastische Bettung** oder **Gelenk** auf beliebige Stelle platzieren oder mit ihnen die Tragwerkseingabe anfangen. Der Körper kann aus beliebig vielen **Querschnittsbereichen** (Körpersegmenten) bestehen.

3.3.2. Tragwerkseigenschaften

Mit Anklicken der Schaltfläche **Tragwerkseigenschaften** oder einem **Doppelklick** mit **linker Maustaste** auf die Zeichenfläche außerhalb des Tragwerks gelangen wir zu dem rechts abgebildeten Dialogfeld, in dem wir Eigenschaften definieren, die **für das ganze Tragwerk** gelten. Der Inhalt des Textfeldes **Bezeichnung** erscheint in der Kopfzeile jeder Seite der Druckerausgabe. Die **Beschreibung** kann in der Druckerausgabe bei den Tragwerkseingaben optional erscheinen.

Mit den **Bauteil**-Optionsschaltflächen bestimmen wir den Tragwerkstyp, der hauptsächlich Einfluss auf die Ermittlung der erforderlichen Querbewehrung¹ hat.

Jeder Träger muss entweder **obere** oder **untere Kanten horizontal** und auf dem **gleichen Niveau** haben. Mit den Dialogschaltflächen **Materialien...** und **Kriechen...** können wir alternativ zu separaten Befehlen den Beton- und Betonstahl auswählen und die Endkriechzahl sowie auch die Schwinddehnung definieren.

3.3.3. Materialien

Mit dem Befehl **Materialien** erscheint das rechts abgebildete Dialogfeld, wo wir **dem ganzen Tragwerk** ein Beton- und Betonstahlmaterial zuweisen. Das Optionsfeld **Normalbeton** bezieht sich auf das normale spezifische Gewicht und beinhaltet daher außer **Normalfest-** auch **Hochfestbetone**². Mit dem Optionsfeld **Leichtbeton** können wir ein **Leichtbeton**material wählen. Bei seiner Auswahl müssen wir zuerst im unteren Listfeld (auf unserer Abbildung für den Normalbeton leer) die gewünschte Rohdichte³ und dann im oberen Listfeld die gewünschte Festigkeitsklasse⁴ auswählen. Für jede ausgewählte Rohdichte werden automatisch nur die max. machbaren Festigkeitsklassen zur Auswahl angezeigt. Mit der Dialogschaltfläche **Eigenschaften...** werden alle Berechnungsparameter etc. für das momentan ausgewählte Material angezeigt.

¹ Für **Platten** und **Balken mit untergeordneter Bedeutung** kann unter gewissen Umständen auf die Querbewehrung völlig verzichtet werden (EN 1992-1-1 6.2.1(4) oder ÖN B 4700 3.4.4.4(1)). Für diese Bauteile wertet das Programm den Querkraftwiderstand des Betonquerschnitts (Gleichung (6.2) oder (39)) aus und auf Stellen mit kleineren Bemessungsquerkräften wird keine Querbewehrung bemessen. Für **Balken** wird immer die erforderliche als auch Mindestbewehrung ermittelt und grafisch angezeigt.

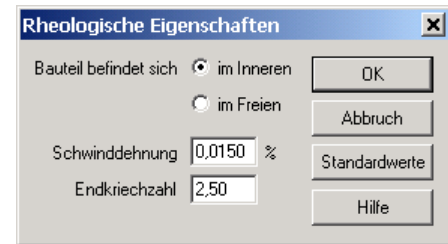
² Eurocode Tabelle 3.1, ÖN B 4710-1 4.3.1 Tabelle 7

³ Eurocode Tabelle 11.1, ÖN B 4710-1 4.3.1 Tabelle 9

⁴ Eurocode Tabelle 11.3.1, ÖN B 4710-1 4.3.1 Tabelle 8

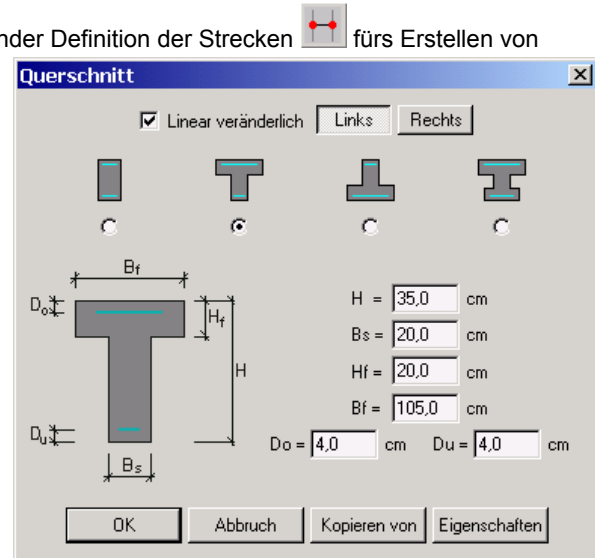
3.3.4. Schwind- und Kriecheigenschaften

Mit dem Befehl **Kriechen, Schwinden** erscheint das rechts abgebildete Dialogfeld, wo wir **dem ganzen Tragwerk** das **Endschwindmaß** und die **Endkriechzahl** zuweisen. Mit den Optionsfeldern **im Inneren** und **im Freien** werden in die Textfelder die dafür üblichen Werte eingesetzt. Nach deren Änderung können sie mit der Schaltfläche **Standardwerte** auf diese wieder zurückgesetzt werden. Über die Modellierung von Kriechen und Schwinden in unserem Programm können Sie in den Berechnungsgrundlagen [1] erfahren.



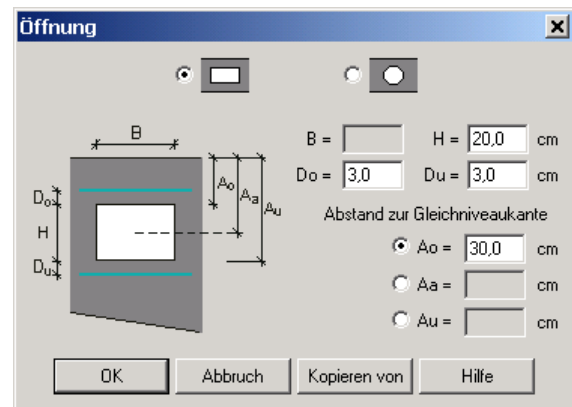
3.3.5. Querschnittsbereiche

Mit dem Befehl **Querschnitts-Bereiche** und anschließender Definition der Strecken fürs Erstellen von neuen, oder Auswahl der bestehenden Querschnittsbereiche und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfeld wie rechts für einen Plattenbalken mit linear veränderlichen Abmessungen abgebildet. Die Eingabe von prismatischen sowie auch linearveränderlichen Querschnittsbereichen wurden in dem Beispiel im Kapitel 2.3.2 gezeigt. **Alle Abmessungen** sowie auch die für die Längsbewehrungslagen **können sich individuell** entlang des Querschnittsbereiches **linear ändern**. Dadurch kann man z.B. sowohl in der Höhe als auch in der Breite Vouten, Sattelträgerformen, etc. gestalten. Je nach der Eingabe welche Trägerkanten auf gleichem Niveau sein sollen (siehe das Dialogfeld im Kapitel 3.3.2), bleibt die oberste oder unterste Querschnittskante entlang dieses Bereiches horizontal. Die Breitenabmessungen verändern sich dann symmetrisch zu der Längsträgerachse.



3.3.6. Öffnungen

Mit dem Befehl **Öffnungen** und anschließender Definition der Punkte (Öffnungsachse) oder Strecken (Öffnungsränder) fürs Erstellen von neuen oder Auswahl der bestehenden Öffnungen und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfeld, wie rechts abgebildet. Die vertikale Öffnungsposition wird durch einen der Abstände A_o , A_a oder A_u immer zu der horizontalen Trägerkante (die Kanten gleichen Niveaus) definiert. Mit den D_o und D_u Werten werden die inneren Längsbewehrungslagen bestimmt. Die Öffnungen müssen gewisse **Mindestlänge** haben, damit man ihre Gurte statisch noch als B-Bereiche betrachten kann. Ebenso einen **Mindestabstand** zu einem Auflager(rand), einem Gelenk, den Trägerändern oder zwischen zwei Öffnungen¹, der einen Übergang von den seitlichen D-Bereichen in den „ungestörten“ B-Bereich darstellt. Andernfalls wird die Öffnung bei den Berechnungen ignoriert. Obwohl man diese Grenzen in den Berechnungsanforderungen selber definieren kann (siehe das Kapitel 3.5.1), werden vom Programm die in [14] empfohlenen Mindestabstände nicht unterschritten.



3.3.7. Gelenke

Mit dem Befehl **Gelenke** und anschließender Definition der Punkte fürs Erstellen von neuen, oder Auswahl der bestehenden Gelenke und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfenster für die Definition ihrer Eigenschaften. Ein Gelenk kann auf beliebige Stelle des Tragwerks platziert und auf Biegung als **starr**, **frei** oder **elastisch** mit einer Drehfeder definiert werden. Falls das Gelenk auf gleicher Stelle mit einem nicht frei drehbarem Auflager liegt, sollten wir bestimmen, wie es **konstruktiv ausgebildet** ist – eigentlich, wie das Gelenk statisch wirken soll. Dementsprechend platzieren wir es mit den zwei Optionsfeldern entweder „knapp“ davor oder danach. Falls das Gelenk nicht auf solcher Tragwerkstelle liegt, hat diese Auswahl keine Bedeutung. Sollte es aber z.B. später auf so eine Stelle versetzt werden, wird die vorher eingegebene Option selbstverständlich berücksichtigt.



¹ Der Mindestabstand zwischen zwei Öffnungen beträgt den doppelten Wert eines Mindestabstandes z.B. zum Auflager.

3.3.8. Konstruktive Auflager

Mit dem Befehl **Konstruktive Auflager** und anschließender Definition der Strecken oder Punkte fürs Erstellen von neuen oder Auswahl der bestehenden Auflager und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfeld für die Definition ihrer Eigenschaften. Mit der **Streckeneingabe** werden Positionen der Auflagerränder definiert und man kann wahlweise die statische Auflagerachse automatisch ermitteln lassen oder ihre Position relativ zu den Auflagerrändern selber bestimmen. Mit der **Punkteingabe** wird die Position der statischen Auflagerachse voraus definiert und in dem Dialogfeld muss man noch die Auflagerbreite B und die relative Position der Achse zu den Rändern b_1/B oder b_2/B eingeben, wie rechts abgebildet. Die Kontrollkästchen **Reaktionen nach oben**, **Reaktionen nach unten**, **erzeugen Druck** entscheiden, ob im Verankerungsbereich der Längsbewehrung Querdruck¹ entstehen kann. **Lose Verbindung** oder **Monolith. Verbindung** hat Einfluss auf die optionale Schnittkraftreduktion im Auflagerbereich und auf die automatische Ermittlung der statischen Auflagerachse.

Indirekte Lagerung beeinflusst die zusätzlich erforderliche Längsbewehrung infolge der Querkraft. Für indirekte Auflager wird auch kein Querdruck im Verankerungsbereich berücksichtigt.

Mit den Optionsfeldern **Statische Achse** kann man diese vom Programm automatisch ermitteln lassen² oder ihre Position relativ zu den Rändern selber bestimmen.

Das Anklicken dieser Dialogschaltfläche blendet das Dialogfeld für die **Steifigkeitsberechnung** eines elastischen Auflagers ein, das z.B. eine Rahmenstütze repräsentieren kann. Das Abschließen dieses Dialogfeldes mit **OK** setzt die berechneten Steifigkeitswerte in die entsprechenden Textfelder des Auflagerdialogfeldes. Zur Steifigkeitsberechnung der Stütze wird nur ihr Betonquerschnitt herangezogen.

3.3.9. Punktauflager

Mit dem Befehl **Punktauflager** und anschließender Definition der Punkte fürs Erstellen von neuen oder Auswahl der bestehenden Auflager und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfeld für die Definition ihrer Eigenschaften. Wenn wir die Eingabemöglichkeiten der beiden Auflagertypen vergleichen, wird uns klar, dass wir im Stahlbetonbau eigentlich nur konstruktive Auflager verwenden sollen, weil man bei Punktaulagern wichtige Informationen für die Bemessung und das Bewehren des Tragwerks nicht haben kann.

3.3.10. Elastische Bettungen

Mit dem Befehl **Elastische Bettungen** und anschließender Definition der Strecken fürs Erstellen von neuen, oder Auswahl der bestehenden Bettungen und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfeld wie rechts abgebildet. Die **Bettungsziffer C** [MN/m³] gibt an, wie groß die Spannung (d.h. die Bodenpressung) σ [MN/m²] sein muss, um den Boden um 1m zusammenzudrücken. Weil unser Programm keine Angaben über die Breite der Kontaktfläche des Tragwerks mit der Bettung erhalten hat, verwendet es eine **Bettungsziffer C_L** [MN/m²] bezogen auf 1m Länge (entlang des Tragwerks). Die ermittelten **Bodenpressungen σ_L** [MN/m] beziehen sich dann ebenfalls auf 1m Länge. Wenn wir also mit dem Programm z.B. eine Fundamentplatte modellieren und das Tragwerk einen 1m breiten Plattenstreifen darstellt, sind die beiden Bettungszifferwerte identisch. Wenn wir aber z.B. einen 0,6m breiten Fundamentstreifen haben, muss der vom Bodengutachter erhaltene Bettungszifferwert C mit dieser Breite vorher multipliziert werden. Die vom Programm ermittelten Bodenpressungen σ_L müssen wir nachher wieder mit dieser Breite dividieren, um sie mit den zulässigen Werten σ_{zul} [MN/m²] vergleichen zu können.

¹ EN 1992-1-1 8.4.4(1) und Tabelle 8.2, 9.2.1.4(3) für Endauflager mit wenig oder keiner Einspannung, ÖN B 4700 5.5.3(2).

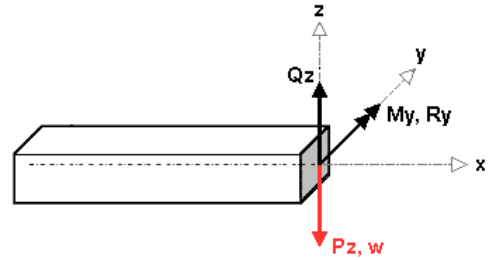
² Nach EN 1992-1-1 5.3.2.2.

3.4. Lasteingaben

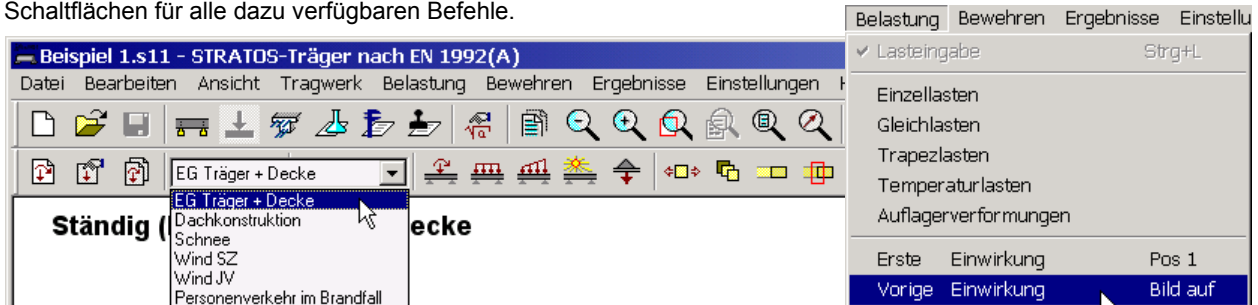
Einige der möglichen Lasteingaben wurden bereits in dem Beispiel (im Kapitel 2.4) gezeigt. Wir werden hier nur die dort nicht erwähnten Themen ausführlicher erörtern.

3.4.1. Allgemeines

Alle **Lasten** und **Verformungen** sind als Vektoren gleich mit den Koordinatenachsen X, Y und Z orientiert, wie wir es auf der Abbildung rechts sehen. Die einzige **Ausnahme** sind die **vertikalen Lasten** und **Verschiebungen**, die gegen die Z-Richtung – also von oben nach unten – positiv sind. Das Programm verfügt über sehr **leistungsfähige** Automatik bei der **Bildung** von allen möglichen **Lastkombinationen**, wobei wir diese auch sehr fein steuern können.



☚ Anklicken der Schaltfläche **Lasteingaben** auf der oberen Symbolleiste oder Drücken der Tastenkombination **Strg+L** bringt uns in diese Arbeitsumgebung. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheint eine Symbolleiste mit Schaltflächen für alle dazu verfügbaren Befehle.



Es ist noch wichtig zu bemerken, dass wir in dieser Arbeitsumgebung nur die Lasten definieren können. Die Tragwerks-**Schalungsform** im unteren Bereich der Zeichenfläche ist nur eine „Anzeigegrafik“. Ihre sämtlichen bedeutsamen Koordinaten (vertikale gestrichelte Linien) können wir jedoch zur Definition einzelner Lasten nutzen – d.h. mit dem Fadenkreuz-Rechteck **als Punkte fangen**.

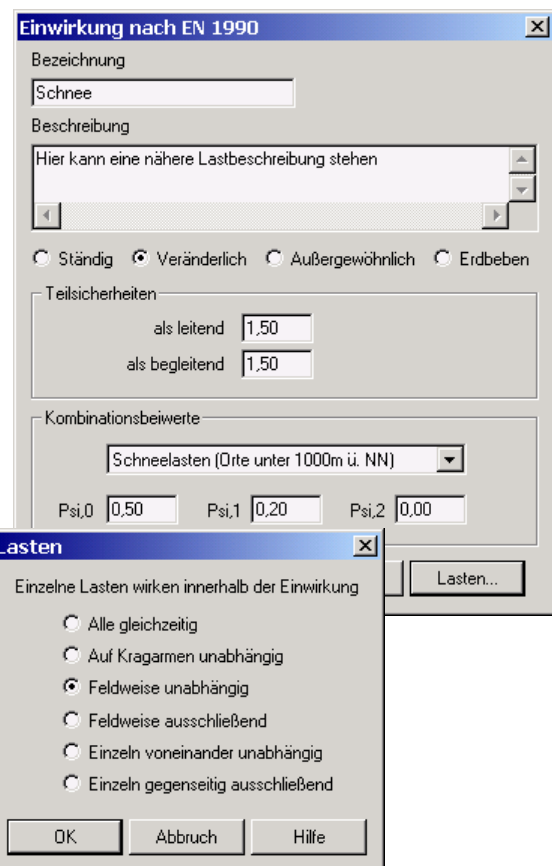
3.4.2. Arbeiten mit Einwirkungen

Gemäß heutigen Normen besteht die Belastung aus einzelnen Einwirkungen. Jede **Einwirkung** kann mehrere Lastbilder (Lastteile) beinhalten, die durch ihre Geometrie und charakteristische Werte (Kräfte, Momente, Kraftintensitäten, etc.) definiert sind. Außer den Lastbildern beinhaltet jede Einwirkung auch Eigenschaften wie z.B. ihre Situations- und Zeitwirkung (ständig, veränderlich, außergewöhnlich oder Erdbeben), die Teilsicherheiten etc. Diese Betrachtungsweise wird in unserem Programm konsequent umgesetzt.

☚ Mit dem Befehl **Neue Einwirkung** erscheint ein Dialogfeld für die Einwirkungs-Eigenschaften. In den Optionsfeldern **• Ständig**, **• Veränderlich**, **• Außergewöhnlich** oder **• Erdbeben** wählen wir ihre Situations- und Zeitwirkung. Das Vorhandensein einer dieser Einwirkungsart bestimmt **automatisch**, welche **Bemessungssituationen** für die Tragfähigkeit berücksichtigt werden. Wenn wir z.B. eine Erdbebeneinwirkung anlegen, werden automatisch auch alle möglichen Erdbebenlastkombinationen gebildet und bei den Berechnungen berücksichtigt.

Auf dem rechts abgebildeten Dialog wird eine veränderliche Einwirkung nach EN 1990 angelegt. Veränderte Teilsicherheiten als auch nutzungskategorieabhängige Kombinationsbeiwerte können mit der Dialogschaltfläche **Normwerte** wieder auf ihre Normwerte¹ zurückgesetzt werden.

Die Dialogschaltfläche **Lasten...** bringt das rechts abgebildete Dialogfeld hervor, in dem wir die Wirkung der einzelnen Lasten dieser Einwirkung untereinander bestimmen



¹ Die Erscheinung dieses Dialogs hängt von der ausgewählten Norm ab. Z.B. nach ÖNORM sind die Teilsicherheiten für die Fälle, wenn die Einwirkung allein oder gemeinsam mit anderen auftritt, einzugeben und es gibt nur einen Kombinationsbeiwert Ψ_2 für die quasi-ständige Lastkombinationen.

können¹. Die Standardvoreinstellung für ständige Einwirkungen ist „Alle gleichzeitig“, für veränderliche Einwirkungen „Feldweise unabhängig“.



Mit dem Befehl **Einwirkungen-Eigenschaften** können wir die oben erwähnten Eigenschaften der auf der Zeichenfläche momentan dargestellten Einwirkung ändern.

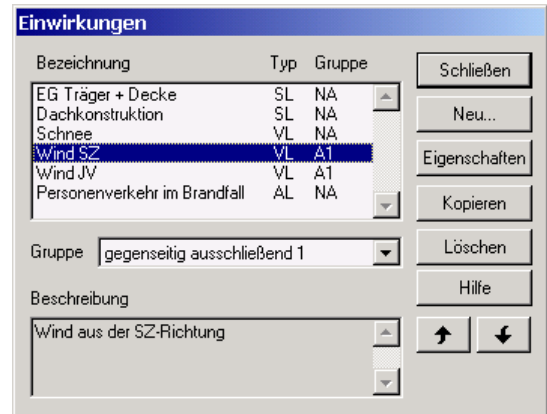
Mit der Einwirkungsauswahl in der Dropdownliste auf der Symbolleiste oben bringen wir diese Einwirkung auf die Zeichenfläche, wo wir ihre Lasten eingeben bzw. ändern können.

Zwischen den Einwirkungen können wir auf der Zeichenfläche mit den Tasten **Bild auf** und **Bild ab** einfach hin und her **blättern**. Mit der Taste **Pos1** bzw. **Ende** wird die erste bzw. letzte Einwirkung auf der Zeichenfläche dargestellt (siehe die Menüabbildung am Anfang dieses Kapitels).




Mit dem Befehl **Einwirkungen verwalten** gelangen wir zum Dialogfeld, wo wir neue Einwirkungen **anlegen**, vorhandene Einwirkungen **kopieren**, **löschen** oder nur ihre Eigenschaften **ändern** können. Mit der Dropdownliste unten können wir sie speziellen Gruppen zuweisen, in denen sich die Einwirkungen **gegenseitig ausschließen** – d.h. nicht gleichzeitig wirken dürfen. In dem Listenfeld sehen wir alle Einwirkungen aufgelistet. In der zweiten Spalte **Typ** steht der erste Buchstabe für die Situations- und Zeitwirkung - **S, V, A** oder **E** für ständig, veränderlich, außergewöhnlich oder Erdbeben – und der zweite Buchstabe für die Art – **L** für Lasten. In der Spalte **Gruppe** bedeutet **NA** nicht gegenseitig ausschließend, **A** gegenseitig ausschließend von einer Gruppennummer folgend. In einem Zeitpunkt kann z.B. nur eine Einwirkung aus der Gruppe „gegenseitig ausschließend 1“ wirken, aber jede beliebige kann gemeinsam mit einer Einwirkung aus der Gruppe „gegenseitig ausschließend 2“ wirken.

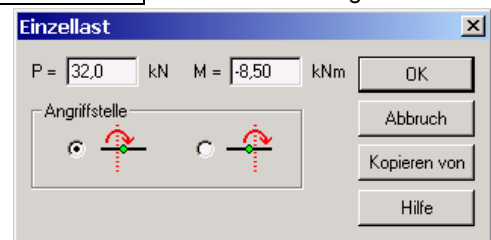
Wichtige Eigenschaften sehen wir auch auf der Zeichenfläche links oben (wie rechts abgebildet). Außer der Zeitwirkung, Art, und Bezeichnung sehen wir hier in Klammern die Information **(Grp, Fa)**, dass diese Einwirkung einer Gruppe zugeteilt wurde und dass ihre Lasten feldweise ausschließend wirken. Im Folgenden sind alle diese Abkürzungen gemeinsam mit ihrer Bedeutung - in der gleichen Reihenfolge wie auf dem Dialogfeld - aufgelistet: **(L)**asten **(g)**leichzeitig, **(K)**ragarme **(u)**nabhängig, **(F)**elder **(u)**nabhängig, **(F)**elder **(a)**usschließend, **(L)**asten **(u)**nabhängig, **(L)**asten **(a)**usschließend,.



3.4.3. Einzellasten




Mit dem Befehl **Einzellasten** und anschließender Definition der Punkte  fürs Erstellen von neuen oder Auswahl der bestehenden Einzellasten und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfeld für die Definition ihrer Eigenschaften. Eine Einzellast kann Werte für eine vertikale **Kraft** und ein **Moment** beinhalten. Falls die Einzellast ein Moment hat und auf gleicher Stelle ein Gelenk liegt, müssen wir noch die **Angriffsstelle** wie im Dialogfeld rechts abgebildet bestimmen. Dies wird sich am Verlauf der Biegemomente auswirken. Falls die Einzellast außerhalb von solchen Stellen liegt, ist die Wahl unbedeutend. Sollte sie aber nachher auf so eine Stelle versetzt werden, wird die vorher eingegebene Option selbstverständlich berücksichtigt.



3.4.4. Trapezlasten



Mit dem Befehl **Trapezlasten** und anschließender Definition der Strecken  fürs Erstellen von neuen oder Auswahl der bestehenden Trapezlasten und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfeld für die Definition ihrer Eigenschaften, wie rechts abgebildet.


Eine Trapezlast beinhaltet nur die vertikalen Kraftintensitäten. Entsprechend der Auswahl des Lastbildes werden ein oder zwei Intensitätswerte sowie auch ihre Abstände von den Lasträndern verlangt. Diese können **absolut** oder **relativ** zu der Lastlänge definiert werden.



¹ Einzelne Last in diesem Sinne ist z.B. eine Einzellast, eine Gleich- oder Trapezlast oder auch eine Auflagerverformung – d.h. eine Last, die mit einem Punkt oder einer Strecke definiert ist. Die Einwirkung kann dadurch eine Art von „Sub-Lastkombinationen“ darstellen – d.h. bereits ihre Auswirkungen können Min/Maxwerte ausweisen. Diese Verhaltensweise folgt konsequent dem **Eurocode-Prinzip** (EN 1990).

3.4.5. Gleichlasten



Mit dem Befehl **Gleichlasten** und anschließender Streckeneingabe  fürs Erstellen von neuen oder Auswahl der bestehenden Gleichlasten und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfeld für die Definition ihrer Eigenschaften. Eine Gleichlast kann nur eine vertikale **Kraftintensität** beinhalten.


3.4.6. Temperaturlasten



Mit dem Befehl **Temperaturlasten** und anschließender Streckeneingabe fürs Erstellen von neuen oder Auswahl der bestehenden Temperaturlasten und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfeld für die Definition ihrer Eigenschaften, wie rechts abgebildet. In dem einzigen Textfeld ist ein Temperaturunterschied zwischen der oberen und unteren Tragwerkskante einzugeben. Ein positiver Unterschied von z.B. **15**° bedeutet, dass die Oberkante um 15°C höhere Temperatur als die Unterkante hat.

3.4.7. Auflagerverformungen



Mit dem Befehl **Auflagerverformungen** und anschließender Punkteingabe  fürs Erstellen von neuen oder Auswahl der bestehenden Auflagerverformungen und Abschließen mit der **rechten Maustaste** erscheint ein Dialogfeld für die Definition ihrer Eigenschaften, wie rechts abgebildet. Die Auflagerverformungen sind ähnlich wie Einzellasten einzugeben, aber sie müssen auf Stellen der Punktauhlager oder statischer Achsen konstruktiver Auflager definiert werden¹. Eine Verschiebung oder Verdrehung ist nur dann **wirksam**, wenn bei dem Auflager die gleiche Verformung **starr** verhindert ist. Auf alle Fälle wird der Anwender vor der ersten Berechnung über eventuelle Wirkungslosigkeiten mit einer Meldung informiert. Einzelne Auflagerverformungen können genauso **wie Lasten** behandelt werden – sie können z.B. innerhalb von ständigen oder veränderlichen Einwirkungen auch gemeinsam mit „echten“ Lasten vorkommen und innerhalb einer Einwirkung unabhängig voneinander oder ausschließend wirken (unabhängige Stützungsenkungen, etc.).

3.5. Berechnungsanforderungen



Mit dem Befehl **Berechnungs-Anforderungen** erscheint ein Dialogfeld, wo wir Parameter für alle Berechnungen sowie auch interaktives Bewehren ändern können. Auf jeder Registerkarte des Dialogs befindet sich die Schaltfläche **Standardwerte**, mit der die Angaben auf immer die gleichen Standardeinstellungen zurückgesetzt werden können. Mit der Dialogschaltfläche **als Standard** werden gegenwärtige Eingaben aus allen Registerkarten am Computer gespeichert und für alle neuen Tragwerke (neue Eingabedateien) als deren Voreinstellung angewendet.

3.5.1. Allgemein

Die Einstellungen in dieser Registerkarte haben praktisch Einfluss auf alle Ergebnisse.

Kragarme beibehalten mit Mindestlänge L_k der Querschnittshöhe hat folgende Bedeutung. Für die Standardeinstellung $L_k = 1$ wird eine Auskrugung (Überhang) des Tragwerkkörpers über die Achse eines Punktauhlagers um weniger als die einfache Höhe des Querschnittes (auf dieser Stelle) im statischen Model ignoriert. Für die $L_k = 0$ bleiben alle Auskrugungen im statischen Model erhalten.

Die **Öffnungen** müssen gewisse **Mindestlänge** haben, damit man ihre Gurte statisch noch als B-Bereiche betrachten kann. Ebenso einen **Mindestabstand** zu einem Auflager(rand), einem Gelenk, den Trägerändern oder zwischen zwei Öffnungen², der einen Übergang von den seitlichen D-Bereichen in den „ungestörten“ B-Bereich darstellt. Andernfalls wird die Öffnung bei den Berechnungen ignoriert. Obwohl man diese Grenzen selber definieren kann, werden vom Programm die in [14] empfohlene Mindestabstände³ nicht unterschritten.

Optional können **Biegemomente** und **Querkräfte** im Bereich konstruktiver Auflager **reduziert**⁴ werden.

Mit den letzten zwei Kontrollkästchen können auch **außergewöhnliche** und **Erdbebeneinwirkungen** bei den

¹ Wir können alle diese Stellen mit dem Fadenkreuz-Rechteck fangen.

² Der Mindestabstand zwischen zwei Öffnungen beträgt den doppelten Wert eines Mindestabstandes z.B. zum Auflager.

³ Der absolute einfache Mindestabstand nach DAfStb, Heft 399 ist **0,3 der Querschnittshöhe**.

⁴ EN 1992-1-1 5.3.2.2(3) und (4) bzw. ÖN B 4700 3.3.3.1(2), Bild 4.

extremen charakteristischen Auswirkungen¹, wie Schnittkräfte, Auflagerkräfte etc. berücksichtigt werden. Mit der Dialogschaltfläche **Erweitert...** erscheint ein Dialogfeld, wo wir für Eurocode die Form der **Spannungs-Dehnungslinie des Betonstahls** wählen können².

3.5.2. Tragfähigkeit (GZT)

Die Optimierung der **erforderlichen Längsbewehrung** infolge der Biegung wird für den minimalen Gesamtstahlverbrauch in jedem Querschnitt durchgeführt und bedarf daher keiner weiteren Einstellungsoptionen.

Die **erforderliche Querbewehrung** wird für senkrechte Bügel in den Querschnittsstegen ermittelt. Weil die Querkraft auch auf die der Längsbewehrungsmenge Einfluss hat³, wird unter drei folgenden Optimierungskriterien unterschieden.

• **Min. Querbewehrung**. Das Ersatzfachwerk⁴ hat im Bezug auf die maßgebende Querkraft in einzelnen Querschnitten die möglichst größte Betondruckstrebenneigungen, was zur kleinsten erforderlichen Quer- aber zur größten zusätzlichen Längsbewehrung führt.

• **Min. Zusatz-Längsbewehrung**. Das Ersatzfachwerk hat die möglichst kleinsten Neigungen der Betondruckstreben, was zur kleinsten zusätzlich erforderlichen Längs- aber zur größten Querbewehrung führt.

• **Max. Sprödbruchsicherheit** kann man punkto Stahlverbrauch auch als einen Kompromiss zwischen den beiden vorhergehenden Kriterien betrachten. Es resultiert bei senkrechten Bügeln zur konstanten Druckstrebenneigung von 45° und bietet die größte Sicherheit (Reserve) gegen das Versagen der Betondruckstreben (des Betons).

■ **Druckstreben-Neigungswinkel begrenzen**. Das Programm ermittelt für die beiden Randkriterien die Neigungen der Druckstreben selbstverständlich immer auch mit Rücksicht auf ihre absolut zulässigen Grenzen⁵. Trotzdem kann man mit dieser Option diese Grenzen noch einengen.

■ **Längsbewehrung für max. Moment nicht überschreiten** entspricht zwar einer Normregel⁶, gilt aber nicht allgemein.

Mit der Dialogschaltfläche **Erweitert...** können weitere Parameter eingestellt werden. Die **Material-Teilsicherheiten**⁷ sowie auch die Beiwerte α_{cc} bzw. α_{1cc} für die **Bemessungsbetonfestigkeiten**⁸ sind auf die entsprechenden Normwerte voreingestellt⁹. Für Eurocode der ψ_1 oder ψ_2 Beiwert¹⁰ für **veränderliche Einwirkungen in außergewöhnlichen Kombinationen** gewählt werden.

Material-Teilsicherheiten	Beton	Stahl	Spannstahl
Grundkombinationen	1,50	1,15	
außergewöhnliche Kombinationen	1,20	1,00	
Erdbeben-Kombinationen	1,50	1,15	

3.5.3. Gebrauchstauglichkeit (GZG)

3.5.3.1. Allgemein

Die Einstellungen in dieser Registerkarte gelten für alle GZG-Bemessungen und –Nachweise (Rissbreiten und Verformungen). Min **■ Kriechen ...** und **■ Schwinden berücksichtigen** wird nur entscheiden, ob ihr Einfluss eingerechnet werden soll. Die Werte für die Schwinddehnung und Endkriechzahl sind separat einzugeben (siehe das Kapitel 3.3.4).

Die Option **■ Schwinden ist konstruktiv vollständig verhindert** bedeutet, dass die eingegebene Schwinddehnung „eins-zu-eins“

¹ Es sind Auswirkungen der charakteristischen Lasten, wie wir sie eingegeben haben (d.h. ohne jegliche Teilsicherheiten oder Beiwerte), früher **Gebrauchslasten** genannt. Sie sind kein Bestandteil einer Bemessung oder eines Nachweises. Sie dienen nur einer schnellen Information, wie sich die Lasten auswirken etc.

² Die Form wird für GZT- als auch GZG-Berechnungen angewendet. Die ÖN B 4700 erlaubt nur die Form mit dem horizontalen Ast.

³ EN 1992-1-1 6.2.3(7), ÖN4700 3.4.4.1(15)

⁴ EN 1992-1-1 6.2.3(1), ÖN4700 3.4.4.2(3)

⁵ EN 1992-1-1 6.2.3(2), ÖN B 1992-1-1 4.6, ÖN B 4700 3.4.4.2(8). Nach ÖNORM sind die Grenzen auch von den Stahlspannungen in Längsbewehrung abhängig. Die größte zulässige Neigung von 22° ist nur auf Stellen mit Längsbewehrung ohne Zugspannung möglich. Der Wert 31° für minimale Querbewehrung beispielweise repräsentiert die flachste Neigung bei voller Zugspannung (f_{yd}) in der Längsbewehrung und führt daher oft zur konstanten Neigungen über große Trägerbereiche. Wenn die notwendige Sicherheit gegen das Versagen der Betondruckstreben nicht im Rahmen des gewählten Kriteriums oder der Begrenzung erreicht werden könnte, versucht das Programm diese automatisch mit der Neigung 45° zu erreichen.

⁶ EN 1992-1-1 6.2.3(7), ÖN4700 3.4.4.2 (15). Diese Regel ist jedoch bei größeren Querschnittsprüngen, zwei gegengerichteten Einzellasten, die nah einander liegen etc. bedenklich.

⁷ EN 1992-1-1 2.4.2.4 Tabelle 2.1N, fürs Erdbeben EN 1998-1 5.2.4(2) bzw. ÖN B 1998-1-1 4.5.1.3 (ungünstig für DCM, DCH) oder ÖN B 4700 3.1(2), Tabelle 1.

⁸ EN 1992-1-1 3.1.6(1) und 11.3.5(1). Bei ausgewählter ÖNORM sind die Eingabefelder inaktiv.

⁹ EN 1992-1-1 2.4.2.4 Tabelle 2.1N oder ÖN B 4700 3.1(2), Tabelle 1, fürs Erdbeben in EN 1998-1 bzw. ÖN B 1998-1-1.

¹⁰ Nach EN 1990 ist es im nationalen Anhang zu entscheiden. In ÖN B 1990-1 ist dafür ψ_2 , in ÖN B 1990-2 ψ_1 festgelegt.

die Betonzugfestigkeit vermindert. Das könnte z.B. bei einer beidseitigen Balkeneinspannung zutreffen. Den Rissmomenten unter der Tragwerksbelastung steht dann nur diese restliche Betonzugfestigkeit zur Verfügung. Im anderen Fall wird das Schwinden nur von der Längsbewehrung behindert, so dass die Schwinddehnung einerseits eine Stauchung der Längsbewehrung verursacht und andererseits die Betonzugfestigkeit vermindert.

■ **Andere mittlere Betonzugfestigkeit** kann definiert werden, wenn man z.B. in einem Fertigteilwerk für höhere Zugfestigkeiten spezielle Betongüte herstellt oder Faserbeton verwendet.

Mehr über den Einfluss von Kriechen und Schwinden können Sie in [1] erfahren.

3.5.3.2. Rissbreiten

In dieser Registerkarte werden hauptsächlich die für eine GZG-Bemessung **maximal erlaubten Rissbreiten** festgelegt. Es werden danach entlang des Tragwerks max. mögliche Längsbewehrungsdurchmesser ermittelt, so dass diese

Rissbreiten nirgends überschritten werden. Die meisten Normen schreiben diese max. Rissbreiten nur für quasi-ständige Lastkombinationen vor¹. In unserem Programm kann man auch für andere GZG-Lastkombinationen als auch für die Mindestbewehrung die Rissbreiten beschränken.

Für die GZG-Bemessung sowie auch –Nachweis kann man einen **anderen Mittelwert der wirksamen Betonzugfestigkeit $f_{ct,eff}$** als Prozentsatz des Mittelwertes² f_{ctm} definieren. Es kann nützlich sein, wenn wir Rissbreiten auch zu einem Zeitpunkt beschränken möchten, wenn die Betonzugfestigkeit ihren Mittelwert nach 28 Tagen noch nicht erreicht hat – z.B. für den Zwang aus dem Abfließen der Hydratationswärme im jungen Beton³.

Mehr über die Rissbreiten können Sie in [1] erfahren.

3.5.3.3. Verformungen

■ **Das Tragwerk ist bereits vorgerissen von**. Wie viel vom Tragwerk sich unter der Belastung noch im ungerissenen Zustand I befindet, hat einen enormen Einfluss auf die Größe der Durchbiegungen. Z.B. ein „altes“ Tragwerk wurde sicher schon früher mehrmals von höheren Lasten als den quasi-ständigen auch auf anderen Stellen bereits gerissen. Auf solchen Stellen wird sich das Tragwerk auch bei niedrigeren quasi-ständigen Lasten ähnlich wie im Zustand II verhalten. Mit den Optionsschaltflächen **quasi-ständige**, **häufige** und **seltene Lastkombinationen** wählen wir die Lasten, mit denen das Tragwerk zum Zeitpunkt unseres Nachweises bereits vorgerissen hätte sein können.

■ **Alle Lasten wirken innerhalb einer Einwirkung gleichzeitig**. Für die Verformungen werden von Programm intern Lastfälle für alle möglichen Lastkombinationen generiert, die dann einzeln nicht-linear (Zustand I/II) berechnet werden. In Einwirkungen, die z.B. Nutzlasten darstellen, ist es für die GZT-Bemessung sinnvoll, dass ihre Lasten feldweise unabhängig wirken⁴. Wenn der Träger viele Felder hat, es gibt mehrere solche Einwirkungen, etc., können für diese nicht-lineare Berechnung enorm viele Lastfälle generiert werden müssen, was zu **langen Rechenzeiten** führen kann. Mit dieser Option kann man nur für die Verformungsberechnungen die Lasten gleichzeitig wirken lassen, womit man die Anzahl der möglichen Lastkombinationen wesentlich reduzieren kann.

Durchbiegungszuwächse ab 60 % der ständigen Lasten ist ein Anteil der ständigen Einwirkungen, der die Referenzbelastung für Durchbiegungszuwächse⁵ darstellt (siehe das Kapitel 3.6.5).

■ **Größere Bewehrung (erforderlich, konstruiert) einbeziehen** ist eigentlich selbsterklärend. Es wird auf jeder Stelle entlang des Tragwerks der größere Wert von den beiden genommen.

Es ist nützlich, wenn wir z.B. erfahren möchten, ob eine nur auf bestimmten Stellen konstruierte Überbewehrung die Durchbiegungen auf das erforderliche Maß vermindert – d.h. wir brauchen vorher nicht das ganze Tragwerk zu bewehren.

¹ EN 1992-1-1, 7.3.1(5) abhängig von den Expositionsklassen, ÖN B 4700 4.2.1(2) für normale Umweltbedingungen.

² Wenn wir in der Registerkarte GZG-Allgemein eine andere Betonzugfestigkeit eingegeben haben, bezieht sich der Prozentsatz eben auf diesen Wert.

³ Siehe z.B. DIN 1045-1, 11.2.2(5).

⁴ Es ist auch die Programmvoreinstellung für alle veränderlichen Einwirkungen.

⁵ Z.B. EN 1992-1-1, 7.4.1(5) verlangt für die quasi-ständigen Lasten außer der Durchhangbeschränkung auf L/250 auch die Beschränkung des **Durchbiegungszuwachses** z.B. nach dem Aufbau der Trennwende, etc. auf L/500.

• Falls vorhanden nur konstruierte Bewehrung berücksichtigen ist wiederum typisch, wenn wir Durchbiegungen mit Ablängungstufen ermitteln möchten, die das Diagramm der erforderlichen Bewehrung nicht voll abdecken – d.h. wir probieren, was bei einer kleineren als für die Tragfähigkeit erforderlichen Bewehrung passiert.

Mit der Dialogschaltfläche **Genauigkeit** erscheint das rechts unten abgebildete Dialogfeld für die verlangte Berechnungsgenauigkeit. Für die in der Baupraxis üblichen Fälle sollte ihre **Standardeinstellung ausreichend** sein. Für den Fall, dass Sie vom Programm eine Meldung erhalten, dass die verlangte Genauigkeit nicht erreicht werden konnte, werden Sie wahrscheinlich deren Parameter korrigieren wollen (siehe auch das Kapitel [3.6.5.3](#)).

Max. erlaubte Anzahl der Iterationen dient als obere Schranke fürs Verhindern der langen Rechenzeiten, falls ein Nachweis mit der verlangten Genauigkeit nicht möglich ist. Wenn der Iterationsprozess nicht konvergiert, gibt das Programm die Berechnung erst auf, wenn diese Iterationsanzahl ausgeschöpft wurde.

Max. mittlere Abweichung der Durchbiegungen ist eine mit der Größe der Durchbiegungen gewichtete mittlere relative Abweichung von zwei nacheinander folgenden Iterationen. D.h. Tragwerksstellen mit größeren Durchbiegungen werden in der Statistik wesentlich größere Bedeutung haben als die mit kleineren. Dadurch ist der Standardwert 5% völlig ausreichend.

Max. mögliche Abweichung der Durchbiegungen ist die auf dem ganzen Tragwerk größte und nicht gewichtete absolute Abweichung von zwei nacheinander folgenden Iterationen. Ihr Standardwert ist 0,2mm.

Damit diese Einstellungen für alle Fälle geeignet sind, betrachtet das Programm die Genauigkeit als erreicht, wenn in allen Lastfällen¹ zumindest einer der zwei oben beschriebenen Parameter unterschritten wurde. Für schlanke Bauteile mit großen Spannweiten, wo man Durchbiegungen in der Größe von mehreren cm erwarten kann, wird wahrscheinlich die relative Abweichung 5% wirksam (und sinnvoll). Wiederum für Bauteile mit wesentlich kleineren Durchbiegungen können Zehntel von mm große relative Abweichungen darstellen, obwohl es im Bauwesen kaum Bedeutung hat, mit einer größeren absoluten Durchbiegungsgenauigkeit als 0,2mm zu rechnen.

Mehr über die Verformungen können Sie in [\[1\]](#) erfahren.

3.5.4. Bewehren

In dieser Registerkarte werden Einstellungen für das rechenunterstützte Konstruieren der Bewehrung gemacht.

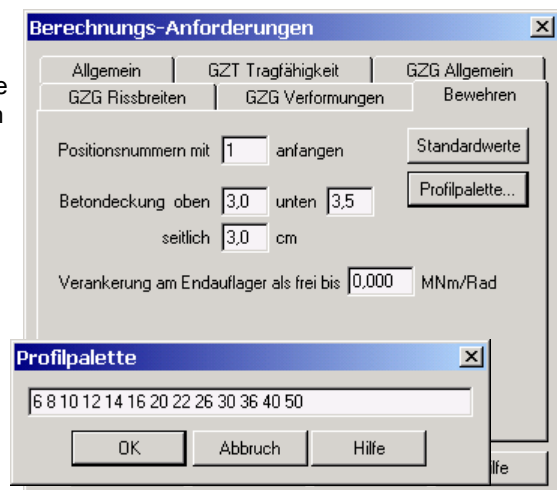
Positionsnummern mit 1 anfangen bedeutet, dass die niedrigste Positionsnummer der Längsstäbe und Bügel im Bewehrungsplan 1 wird.

Betondeckung oben 3,0 und unten 3,5 cm hat einen Einfluss nur auf die **Bügelabmessungen**. Die vertikalen Positionen der Längsstäbe sind mit den **D_o**, **D_u**-Werten der Querschnitteingabe bestimmt².

Die horizontale **Betondeckung seitlich 3,0 cm** bestimmt nicht nur die horizontalen Abmessungen der Bügel, sondern auch die äußerst möglichen Bewehrungspositionen in der Tragwerkslängsrichtung. Sie hat gemeinsam mit den **D_o**, **D_u**-Werten auch Einfluss auf die erforderlichen **Verankerungslängen** der Längsbewehrung³ (siehe [\[1\]](#)). Z.B. im Eurocode 2 ist für stehende Haken die seitliche Betondeckung maßgebend, wobei für wagerechte Schlaufen die untere/obere Betondeckung (d.h. die **D_o**, **D_u**-Querschnittswerte). Dadurch kann die Anordnung von **Haken** oder **Schlaufen** in bestimmten Fällen zu **größeren Verankerungslängen** als für gerade Stäbe führen.

Verankerung am Endauflager als frei bis 10,0 MNm/Rad bedeutet, dass für konstruktive Auflager mit Verdrehungssteifigkeit weniger als 10 MNm/Rad die Verankerung der Längsbewehrung im Sinne von EN 1992-1-1 9.2.1.4(2) oder ÖN B 4700 5.7.2(1) behandelt wird. Dies wird bereits bei der Ermittlung der erforderlichen Längsbewehrung für die Tragfähigkeit berücksichtigt, indem die normal steiler werdende Neigung der Betondruckstreben Richtung Auflagerkante hier nicht zum Tragen kommt.

Mit der Dialogschaltfläche **Profilpalette...** erscheint das oben abgebildete Dialogfeld, wo wir **eigene Palette** der **Betonstahldurchmesser** definieren können. Sie wird mit jeder Eingabedatei gespeichert. Mit der Dialogschaltfläche **als Standard** steht sie neben den anderen Berechnungsanforderungen für alle neuen Tragwerke als Voreinstellung zur Verfügung.



¹ Wegen dem nichtlinearen Verhalten müssen für jede GZG-Einwirkungskombination **alle** möglichen **Lastfälle** gebildet und die Durchbiegungen ermittelt werden.

² Diese Positionen werden auch bei den GZG-Nachweisen mit konstruierter Längsbewehrung in Rechnung gestellt.

³ Die horizontale Betondeckung der Längsbewehrung wird als diese eingegebene seitliche Betondeckung plus Bügel ϕ_6 angenommen. Für die Beiwerte α_1 , α_2 nach EN 1992-1-1 8.4.4 setzen wir voraus, dass die horizontalen Stababstände nicht kleiner als die zweifache vertikale bzw. horizontale Betondeckung sind.

3.6. Berechnungen und Ergebnisdarstellung



Mit diesen Schaltflächen **Tragwerksanalyse**, **Bemessung** und **Nachweis** auf der oberen Symbolleiste gelangen wir zur Ergebnisdarstellung dieser Aufgaben. Das Programm verfolgt, welche Eingaben geändert wurden, und wenn nötig, führt die **Berechnungen** für die darzustellenden Ergebnisse **automatisch** durch. Weil es zwei Arten von Bemessungen (für die Tragfähigkeit und Rissbreitenbeschränkung) sowie auch Nachweisen (für die Rissbreiten und Verformungen) gibt, ist es manchmal schneller, **mit einer Menüwahl direkt** zu der gewünschten **Ergebnisgruppe** zu gelangen, wie unten dargestellt. Hier geht man von der Tragwerkseingabe direkt zur Darstellung der Schnittkräfte des Rissbreitennachweises.



In der folgenden **Tabelle 3.1** ist eine Übersicht von allen **Berechnungsaufgaben** (Spalten) und ihren möglichen **Ergebnisgruppen** (Zeilen). Aus der Tabelle folgt z.B., dass die Schnittkräfte und Auflagerkräfte (die zwei letzten Zeilen) für alle Aufgaben dargestellt werden können¹. Die grau gefüllten Tabellenzellen zeigen Ergebnisgruppen, die eigentlich das Hauptziel der jeweiligen Aufgabe sind.

Für jede Ergebnisgruppe wird in der Tabelle auch die **Berechnungsmethode**² angeführt. Die Abkürzungen **linear** bzw. **nichtlin.** bedeuten lineare bzw. nichtlineare³ Berechnung, **unbew.** bzw. **bew.** dann, dass bei den Berechnungen die Anwesenheit der Bewehrung⁴ nicht berücksichtigt bzw. berücksichtigt wurde. Z.B. beim Nachweis der Verformungen können Ergebnisse der nichtlinearen als auch linearen Berechnung gesichtet werden, in beiden Fällen wurden sie am bewehrten Tragwerk ermittelt. Wenn für die gerade dargestellten Ergebnisse die Anwesenheit der konstruierten Bewehrung berücksichtigt wurde, wird das Tragwerk auf der Zeichenfläche unten mit der vorhandenen Bewehrung angezeigt.

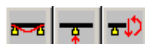
Tabelle 3.1: Ergebnisgruppen und Berechnungsmethoden

	Charakter. Auswirkungen	Bemessung f. Tragfähigkeit	Bemessung f. Rissbreiten	Nachweis der Rissbreiten	Nachweis der Verformung
erford. Bewehrung		nichtlin./ bew.			
Grenzdurchmesser			nichtlin./ bew.		
Rissbreiten				nichtlin./ bew.	
Verformungen	linear / unbew.				(nicht)lin./ bew.
Schnittkräfte	linear / unbew.	linear / unbew.	linear / unbew.	linear / unbew.	(nicht)lin./ bew.
Auflagerkräfte	linear / unbew.	linear / unbew.	linear / unbew.	linear / unbew.	(nicht)lin./ bew.

3.6.1. Charakteristische Auswirkungen



Mit dem Anklicken der Schaltfläche **Tragwerksanalyse** auf der oberen Symbolleiste gelangen wir zu den z.Z. einzigen Ergebnissen dieser Gruppe – den charakteristischen Auswirkungen. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheinen Schaltflächen für dazu relevante Befehle **Verformungen**, **Auflagerreaktionen** und **Schnittkräfte**.



Es sind Auswirkungen der Lasten, wie wir sie eingegeben haben (früher **Gebrauchslasten** genannt) – d.h. ohne jegliche Teilsicherheiten oder Beiwerte. Sie sind **kein Bestandteil** einer **Bemessung** oder eines **Nachweises** für das Tragwerk. Sie dienen eher einer schnellen Information, wie sich die Lasten auswirken oder als Belastung für angeschlossene Tragwerke⁵ (z.B. Gebrauchslasten für Fundamente, etc.).

¹ Ihre Extremwerte separat für alle GZT- bzw. GZG-Lastkombinationen.

² In dieser Programmversion werden die Trägeröffnungen nur bei der GZT-Bemessung berücksichtigt. Bei den charakteristischen Auswirkungen als auch allen GZG-Bemessungen und –Nachweisen wird auf diesen Stellen mit einem „vollen“ Querschnitt und dementsprechender erforderlicher bzw. konstruierter Längsbewehrung in den äußeren Lagen gerechnet.

³ Es ist damit die physikalische Nichtlinearität gemeint – d.h. die lastabhängige Tragwerks- oder Querschnittssteifigkeit.

⁴ Erforderliche oder konstruierte Bewehrung, je nach der Aufgabe und unseren Eingaben in den Berechnungsanforderungen.

⁵ Die Auflager- und Betungsreaktionen der einzelnen Einwirkungen können in Form einer Tabelle ausgedruckt werden.

3.6.2. GZT-Bemessung (für die Tragfähigkeit)



Mit Anklicken der Schaltflächen **Bemessung** und **Tragfähigkeit** nacheinander (auf der oberen und unteren Symbolleiste) gelangen wir zu den zuletzt dargestellten oder standardmäßig voreingestellten Ergebnissen der GZT-Bemessung (erforderliche Bewehrung, Schnittkräfte und Auflagerreaktionen). Für die **erforderlichen Bewehrungsflächen** werden entlang des Tragwerks nur die kritischen (größten) Werte der dafür maßgebenden GZT-Lastkombination¹ angezeigt. Die **Schnittkräfte** und **Auflagerkräfte** können für jede GZT-Lastkombination getrennt dargestellt werden. Mehr über die Tragfähigkeitsbemessung können Sie in [1] erfahren.

3.6.2.1. Allgemeines

Wie bereits in den Kapiteln 3.3.6 und 3.5.1 erwähnt, müssen die **Öffnungen** gewisse Mindestlänge sowie auch einen Mindestabstand zu einem Auflager(rand), Träger(rand), etc. haben, damit sie bei der Bemessung berücksichtigt werden. Wenn es bei einigen Öffnungen nicht zutrifft, erhalten wir die unten abgebildete Meldung und bei allen Ergebnisdarstellungen werden solche Öffnungen mit der „Betonfarbe“ ausgefüllt, wie wir es auf der Abbildung unten für die linke Öffnung sehen, die zu nah an dem Auflagerrand liegt.

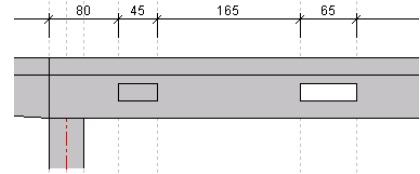
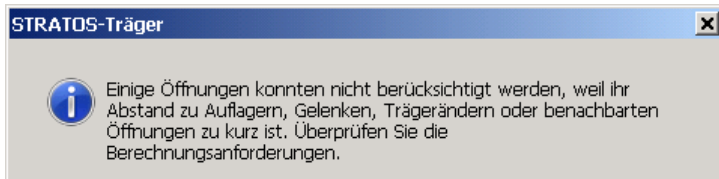
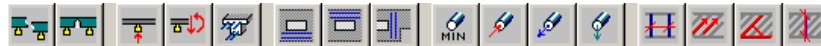


Abbildung 3.2: Eine bei den Berechnungen ignorierte Öffnung

3.6.2.2. Erforderliche Bewehrung



Falls andere Ergebnisse angezeigt werden, klicken wir die Schaltfläche **Erforderliche Bewehrung** an, um die **erforderlichen Längs- und Querbewehrungsflächen** gemeinsam mit anderen Nebenergebnissen entlang des Tragwerks darzustellen. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheinen Schaltflächen für dazu relevante Befehle. Oder mit der Wahl **Ergebnisse ▶ GZT-Bemessung f. Tragfähigkeit ▶ Erforderliche Bewehrung** auf der oberen Menüleiste gelangen wir direkt zu diesen Ergebnissen.



Mit einem Klick mit der **rechten Maustaste** auf der Zeichenfläche erscheint ein Kontextmenü, wo wir alternativ zu der Symbolleiste die Darstellung aller Nebenergebnisse auswählen können. Auf dem rechts dargestellten Menü entsprechen die 11 Einträge den letzten (von rechts) 11 Schaltflächen auf der oben dargestellten Symbolleiste.

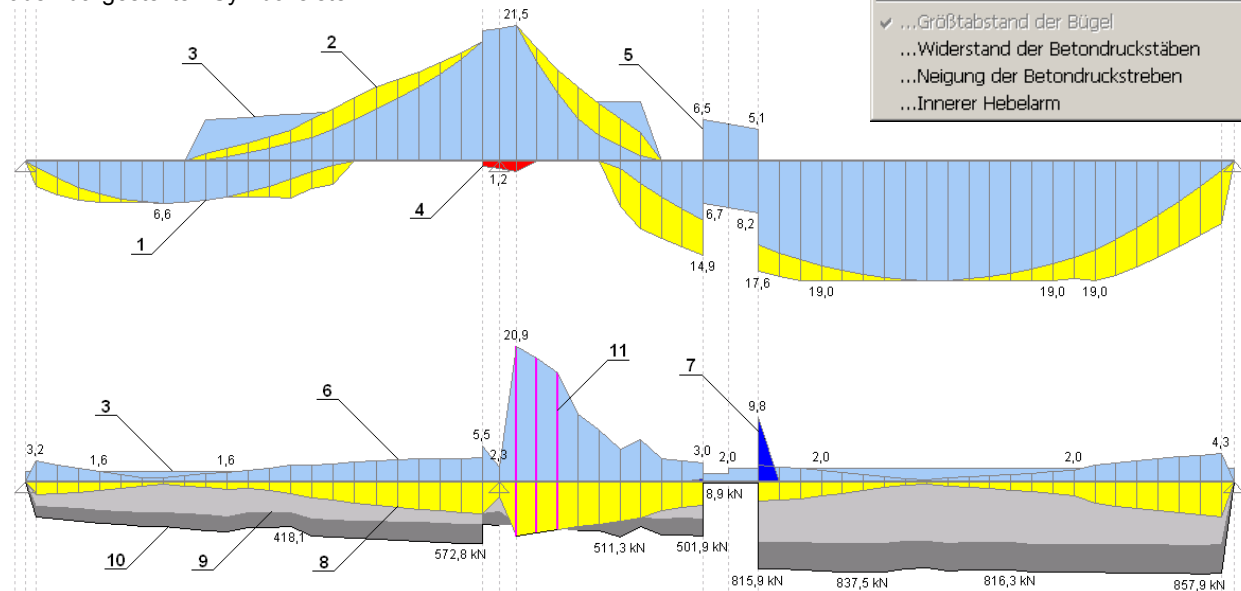
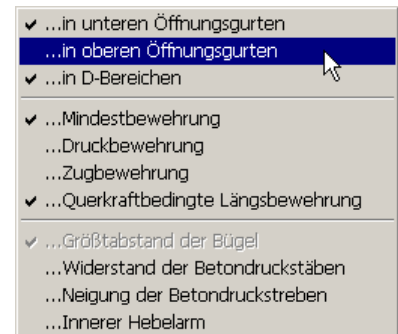


Abbildung 3.3: Ergebnisdarstellung der erforderlichen Bewehrung

Das obere Diagramm auf der **Abbildung 3.3** zeigt die erforderliche **Längsbewehrung** in cm^2 , das untere die **Querbewehrung** in cm^2/m als ob für **einschnittige Bügel**, hier gemeinsam mit der Beanspruchung und Widerstand der Betondruckstreben. Diese Nebenergebnisse der Querbewehrung (unterhalb der Stab- bzw. Diagrammachse) entsprechen dem Querschnittszustand, in dem maximale Querbewehrungsfläche erforderlich war.

¹ Grundkombination und außergewöhnliche oder Erdbebenkombination, falls wir solche Einwirkungen eingegeben haben.



In Öffnungsbereichen können gleichzeitig nur Ergebnisse in oberen oder unteren Gurten erscheinen. Mit **in unteren Öffnungsgurten** und **in oberen Öffnungsgurten** können wir sie wechselweise darstellen. Auf der Abbildung oben sind sie für den unteren Öffnungsgurt angezeigt (5).



Mit **in D-Bereichen** wird in den zur Öffnung seitlich anliegenden D-Bereichen die erforderliche Querbewehrung (Aufhängebewehrung) dunkelblau eingeblendet (7).



Mit **Mindestbewehrung** wird zusätzlich zu der erforderlichen Bewehrung die Mindestbewehrung¹ dargestellt (3).



Mit **Druckbewehrung** wird der Anteil der erforderlichen Längsdruckbewehrung eingeblendet (4).



Mit **Zugbewehrung** wird der Anteil der erforderlichen Längszugbewehrung eingeblendet.



Mit **Querkraftbedingte Längsbewehrung** wird die zusätzlich erforderliche Längsbewehrung infolge der Querkraft² eingeblendet (2).



Mit **Größtabstand der Bügel** werden die maximal erlaubten Bügelabstände³ dargestellt.



Mit **Widerstand der Betondruckstreben** werden Detailergebnisse eingeblendet, wie auf der [Abbildung 3.3](#) unten dargestellt. Die Diagrammfläche (8) ist die Bemessungsquerkraft V_d , die für die erforderliche Querbewehrung maßgebend war. (9) ist der tatsächlicher Widerstand der Betondruckstreben⁴ V_{Rdc} projiziert in die vertikale Richtung. (10) ist der maximal mögliche Widerstand der Betondruckstreben $V_{Rdc,max}$ bei ihrer Neigung 45° projiziert in die vertikale Richtung. Falls dieser von der Querkraft überschritten wird, wie es die dicke violette Schraffur (11) signalisiert, muss man z.B. den Querschnitt breiter machen, Beton mit höherer Druckfestigkeit anwenden oder andere Maßnahmen setzen.



Mit **Neigung der Betondruckstreben** werden die Winkel der Betondruckstreben mit der Stabachse dargestellt.



Mit **Innerer Hebelarm** wird eigentlich die Höhe des Schub-Ersatzfachwerkes angezeigt, die entlang des Tragwerks mit nichtlinearen Querschnittsberechnungen ermittelt wird. Zum Vergleich wird im Hintergrund die Querschnittshöhe dargestellt.

3.6.2.3. Andere Lastauswirkungen



Mit **Grund...**, **außergewöhnliche...** und **Erdbebenkombinationen** werden die Extrembemessungswerte der Schnitt- oder Auflagerkräfte separat für diese GZG-Lastkombinationen angezeigt.



klicken wir die Schaltfläche **Schnittkräfte** an, um die Schnittkräfte, die der GZT-Bemessung zugrunde lagen, darzustellen. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheinen Schaltflächen für dazu relevante Befehle.

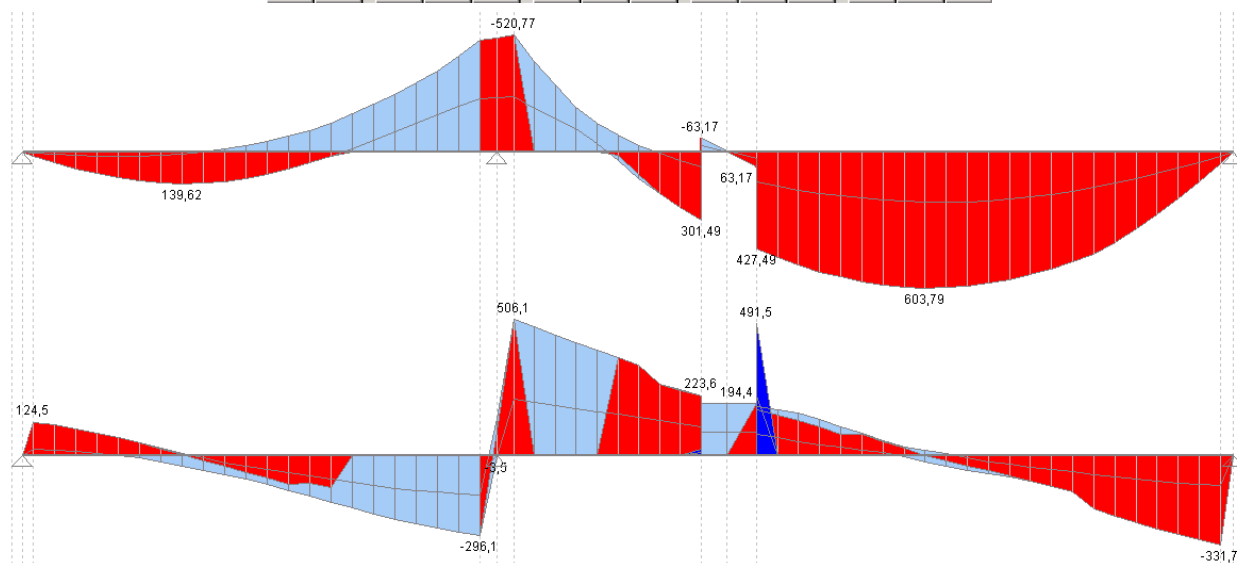


Abbildung 3.4: Extreme Schnittkräfte der Grundkombinationen (rot maßgebend für die untere Längsbewehrung)

¹ EN 1992-1-1, 9.2.1.1 oder ÖN4700 3.4.9.4-5(2)

² EN 1992-1-1 6.2.3(7) oder ÖN B 4700 3.4.4.2(15)

³ EN 1992-1-1 9.2.2 oder ÖN B 3.4.4.2(11)

⁴ EN 1992-1-1 6.2.3(4) oder ÖN B 4700 3.4.4.2(9)



In Öffnungsbereichen können gleichzeitig nur Schnittkräfte in oberen oder unteren Gurten erscheinen. Mit **in unteren Öffnungsgurten** und **in oberen Öffnungsgurten** können wir sie wechselweise darstellen.



Mit **in D-Bereichen** werden in den zur Öffnung seitlich anliegenden D-Bereichen die extremen vertikalen Kräfte eingeblendet, die für die Bemessung der Aufhängebewehrung dienen (auf der [Abbildung 3.4](#) dunkelblau).



Mit **maßgebend für untere...**, **...für obere Längsbewehrung** und **...für Querbewehrung** werden Schnittkräfte eingeblendet, die für die jeweilige erforderliche Bewehrungsflächen maßgebend waren. Es kann besonders nützlich sein, wenn wir auch außergewöhnliche und/oder Erdbebeneinwirkungen haben und sehen möchten, welche von diesen Bemessungssituationen für die erforderliche Bewehrung auf bestimmten Stellen maßgebend sind. Auf der [Abbildung 3.4](#) sind die maßgebenden Schnittkräfte für die untere Längsbewehrung rot dargestellt. Z.B. um das Innenauflager sind es die negativen Biegemomente für die untere Druckbewehrung, die als die rote Diagrammfläche (4) auf der [Abbildung 3.3](#) zu sehen sind.



Mit **Auflager- und Bettungsreaktionen** werden diese auf ähnliche Weise wie Schnittkräfte dargestellt. Reaktionen, die in positiver Z-Richtung wirken (nach oben) sind rot, in negativer Z-Richtung blau dargestellt¹. Für die richtige Interpretation der Bettungsreaktionen als **Bodenpressungen** sehen Sie das Kapitel [3.3.10](#).

3.6.3. GZG-Bemessung für die Rissbreitenbeschränkung



Mit Anklicken der Schaltflächen **Bemessung** und **Rissbreiten** nacheinander (auf der oberen und unteren Symbolleiste) gelangen wir zu den zuletzt dargestellten oder standardmäßig voreingestellten Ergebnissen dieser GZG-Bemessung (Grenzdurchmesser, Schnittkräfte oder Auflagerreaktionen). Für die **Grenzdurchmesser** werden entlang des Tragwerks nur die kritischen (kleinsten) Werte der dafür maßgebenden GZG-Lastkombination², angezeigt. Die **Schnittkräfte** und **Auflagerkräfte** können für jede GZG-Lastkombination getrennt dargestellt werden. Mehr über die Rissbreitenbeschränkung können Sie in [\[1\]](#) erfahren.

3.6.3.1. Grenzdurchmesser

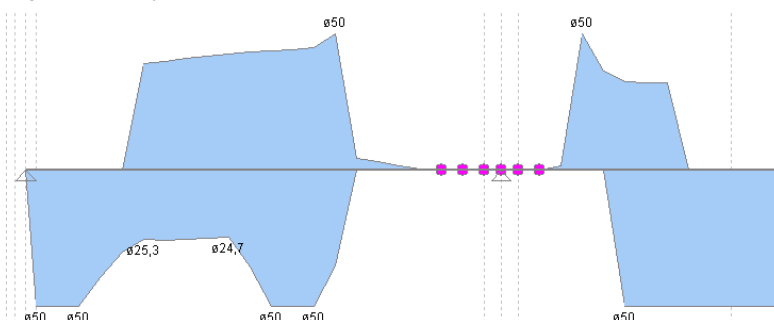
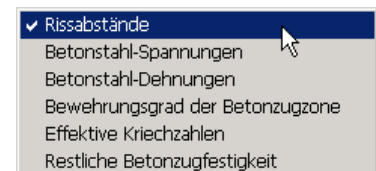
Abhängig von den Eingaben in den Berechnungsanforderungen (Kapitel [3.5.3.2](#)) – für welche Lastkombinationen maximal erlaubte Rissbreiten definiert waren – werden auf jeder Tragwerksstelle die kritischen (kleinsten) Grenzdurchmesser angezeigt. Sie sind **aufgrund** der **erforderlichen Längsbewehrung** aus der GZT-Bemessung ermittelt. Ihre Darstellung finden wir in unserem Beispiel auf der [Abbildung 2.10](#).



Falls andere Ergebnisse angezeigt werden, klicken wir die Schaltfläche **Grenzdurchmesser** an, um sie gemeinsam mit anderen Nebenergebnissen darzustellen. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheinen Schaltflächen für dazu relevante Befehle. Wir gelangen ebenso mit der Wahl **Ergebnisse ► GZG-Bemessung f. Rissbreiten ► Grenzdurchmesser** auf der oberen Menüleiste direkt zu diesen Ergebnissen.



Mit einem Klick mit der **rechten Maustaste** auf der Zeichenfläche erscheint ein Kontextmenü, wo wir alternativ zu der Symbolleiste die Darstellung aller Nebenergebnisse auswählen können. Auf dem rechts dargestellten Menü entsprechen die 6 Einträge den letzten (von rechts) 6 Schaltflächen auf der oben dargestellten Symbolleiste.



Auf Tragwerksstellen, wo die von uns angegebenen max. erlaubten Rissbreiten mit keinem Durchmesser zu erreichen sind oder wenn dort der Querschnitt versagt³, erscheinen violette Bällchen, wie es für die obere Längsbewehrung über dem inneren Auflager auf der [Abbildung 3.5](#) links der Fall ist. Auf diesen Stellen können auch keine Nebenergebnisse angezeigt werden.

Abbildung 3.5: Tragwerksstellen, wo die max. erlaubten Rissbreiten mit keinem Durchmesser zu erreichen sind

Mit Ausnahme der restlichen Betonzugfestigkeit, entsprechen alle folgenden **Nebenergebnisse** (auf der Zeichenfläche im unteren Diagramm) dem Querschnittszustand, bei dem der **kleinste** (kritische) **Grenzdurchmesser** erreicht wurde⁴. Mehr über die Bedeutung der einzelnen Nebenergebnisse können Sie in [\[1\]](#) erfahren.

¹ Bei einer elastischen Bettung unter dem Tragwerkskörper stellen die positiven (roten) Reaktionen die Bodenpressungen dar.

² Quasi-ständige, häufige und seltene Lastkombinationen. Falls wir als Bemessungsnorm die ÖN B 4700 ausgewählt haben, können wir die Bemessung nur für die quasi-ständigen Lastkombinationen durchführen (in ÖNORM als Dauerlasten genannt). Die ÖNORM kennt keine anderen Gebrauchstauglichkeitslasten.

³ Kommt selten vor, weil auf diesen Stellen die erforderliche Bewehrung aus der GZT-Bemessung dementsprechend größer ist.

⁴ D.h. dem auf dieser Tragwerksstelle dafür kritischen Lastfall einer der GZG-Lastkombinationen, für die max. erlaubte Rissbreiten definiert wurden.

Mit **Rissabstände** werden entlang des Tragwerks die Rissabstände dargestellt. Sie können nur dort angezeigt werden, wo das Tragwerk gerissen ist – d.h. sie markieren die gerissenen Tragwerksbereiche.

Mit **Betonstahl-Spannungen** werden Spannungen der Zugbewehrung im Riss angezeigt¹.

Mit **Betonstahl-Dehnungen** werden Dehnungen der Zugbewehrung im Riss angezeigt.

Mit **Bewehrungsgrad der Betonzugzone** wird der Bewehrungsgrad der wirksamen Betonzugzone² angezeigt.

Mit **Effektive Kriechzahlen** werden die lastabhängigen rechnerischen Kriechzahlen dargestellt.

Mit **Restliche Betonzugfestigkeit** wird die vom Schwinden verminderte Betonzugfestigkeit dargestellt (siehe dazu auch die Erklärungen bei den Berechnungsanforderungen im Kapitel [3.5.3.1](#)).

3.6.3.2. Andere Lastauswirkungen

Mit **Seltene...**, **Häufige...** und **Quasi-ständige Kombinationen** werden die Extremwerte der Schnitt- oder Auflagerkräfte separat für diese GZG-Lastkombinationen angezeigt.

Klicken wir die Schaltfläche **Schnittkräfte** an, um die Schnittkräfte, die der GZG-Bemessung zugrunde lagen, darzustellen. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheinen Schaltflächen für dazu relevante Befehle.



Mit **Rissmomente** werden im oberen Diagramm der Biegemomente die Rissmomente eingeblendet. Sie werden aus Übersichtsgründen nur auf Tragwerksstellen angezeigt, die auch biegebeansprucht sind. Mit ihrer Hilfe können wir beobachten, welche Bereiche entlang des Trägers gerissen sind (sich im Zustand II befinden) - es sind Strecken, wo die Biegemomente größer als die Rissmomente sind. Man kann auch beobachten, wie die Längsbewehrung kleinen Einfluss auf ihre Größe hat. Auf der [Abbildung 3.6](#) im Auflagerbereich steigt ihr Wert nur geringfügig an.

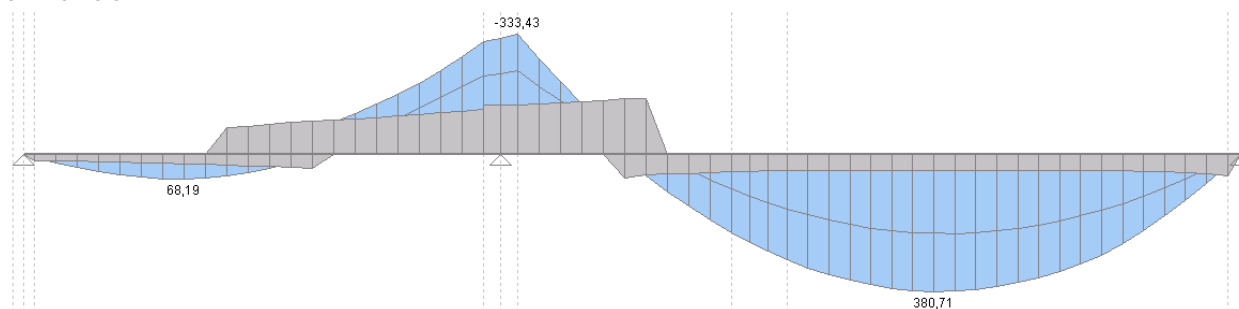


Abbildung 3.6: Biegemomente der quasi-ständigen Lasten des Beispiels 1 mit Rissmomenten (grau dargestellt)

Mit **Auflager- und Bettungsreaktionen** werden diese auf ähnliche Weise wie Schnittkräfte dargestellt. Reaktionen, die in positiver Z-Richtung wirken (nach oben) sind rot, in negativer Z-Richtung blau dargestellt³. Für die richtige Interpretation der Bettungsreaktionen als **Bodenpressungen** sehen Sie das Kapitel [3.3.10](#).

3.6.4. GZG-Nachweis der Rissbreiten

Mit Anklicken der Schaltflächen **Nachweis** und **Rissbreiten** nacheinander gelangen wir zu den zuletzt dargestellten oder standardmäßig voreingestellten Ergebnissen dieses GZG-Nachweises (Rissbreiten, Schnittkräfte oder Auflagerreaktionen). Alle Ergebnisse können für jede GZG-Lastkombination⁴ getrennt dargestellt werden. Die Berechnung der **tatsächlichen Rissbreiten** erfordert eine vorher **konstruierte Längsbewehrung** mit definierten Durchmessern.

3.6.4.1. Rissbreiten

Mit **Rissbreiten** werden die tatsächlichen Rissbreiten für einzelne GZG-Lastkombinationen und die Mindestbewehrung dargestellt. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheinen Schaltflächen für dazu relevante Befehle.



¹ Ähnlich wie die Rissabstände können sie nur dort angezeigt werden, wo das Tragwerk gerissen ist.

² $\rho_{p,eff}$ nach EN 1992-1-1 7.3.4(2) und 7.3.2(3)

³ Bei einer elastischen Bettung unter dem Tragwerkskörper stellen die positiven (roten) Reaktionen die Bodenpressungen dar.

⁴ Quasi-ständige, häufige und seltene Lastkombinationen. Falls wir als Bemessungsnorm die ÖN B 4700 ausgewählt haben, können wir die Bemessung nur für die quasi-ständigen Lastkombinationen durchführen (in ÖNORM als Dauerlasten genannt). Die ÖNORM kennt keine anderen Gebrauchstauglichkeitslasten.

Die Rissbreitendarstellungen finden wir in unserem Beispiel auf der [Abbildung 2.23](#) und [Abbildung 2.24](#). Die Befehle für die Auswahl der GZG-Lastkombinationen sowie auch die für alle Nebenergebnisse haben die gleiche Bedeutung wie bei der GZG-Bemessung im Kapitel [3.6.3.1](#). Der einzige Befehl, der hier dazukommt ist gleich unten angeführt.



Mit **Zwang (Mindestbewehrung)** werden Rissbreiten dargestellt, die in der Situation unmittelbar nachdem eine fiktive Kraft in der Betonzugzone einen Riss verursacht hat, entstehen können – d.h. für die Mindestbewehrung im Sinne von EN 1992-1-1 7.3.2. Solche Rissbreiten sind z.B. auf der [Abbildung 2.24](#) dargestellt.

Mit Ausnahme der restlichen Betonzugfestigkeit entsprechen alle **Nebenergebnisse** (auf der Zeichenfläche im unteren Diagramm) dem Querschnittszustand, bei dem die **größte** (kritische) **Rissbreite** erreicht wurde¹. Mehr über die Bedeutung der einzelnen Nebenergebnisse können Sie in [\[1\]](#) erfahren.

Auf Tragwerksstellen, wo es zum Querschnittsversagen kommt, werden ähnlich wie auf der [Abbildung 3.5](#) anstelle der Rissbreitenwerte violette Bällchen angezeigt. Es kann passieren, wenn wir z.B. absichtlich beim Konstruieren der Längsbewehrung die erforderliche Bewehrung nur teilweise abdecken.

3.6.4.2. Andere Lastauswirkungen

Die Darstellung der Schnittkräfte und Auflagerreaktionen ist mit der bei der GZG-Bemessung identisch.

3.6.5. GZG-Nachweis der Verformungen

In den meisten Normen soll der **Durchhang**² unter den **quasi-ständigen** Lasten dauerhaft auf **L/250** begrenzt werden³, um das Erscheinungsbild und die Gebrauchstauglichkeit des Bauteils nicht zu beeinträchtigen. Als Richtwert zur Vermeidung von Schäden an angrenzenden Bauteilen, wie z.B. leichten Trennwänden, sollte nach dem Einbau dieser Bauteile der **Durchbiegungszuwachs** für **quasi-ständige**⁴ oder **häufige**⁵ Lasten den Wert **L/500** nicht überschreiten. Weitere Angaben zu Durchbiegungen sowie deren Grenzwerte können der ISO 4356 [\[18\]](#) entnommen werden.

In unserem Programm können Durchbiegungen und ihre Zuwächse für alle GZG-Lastkombinationen⁶ ermittelt werden. Die Ergebnisse kann man dann direkt mit den in Normen festgesetzten Grenzwerten vergleichen. Als Ausgangsbelastung für die Durchbiegungszuwächse – ein Zustand kurz bevor man mit der Errichtung der Ausbauten anfängt – kann man einen **Anteil der ständigen Einwirkungen** definieren (Kapitel [3.5.3.3](#)). Die von Normen festgesetzten Grenzwerte beziehen sich auf die größten Durchbiegungen bzw. deren Zuwächse, nachdem der Kriech- sowie auch Schwindprozess abgeschlossen ist. Daher sollte man sowohl die Kriechzahl als auch die Schwinddehnung immer mit ihren Endwerten einsetzen. Bei der Ausgangsbelastung für die Durchbiegungszuwächse ist das Kriechen noch nicht wirksam – vom Programm nicht berücksichtigt. Mehr über den Vorformungsnachweis können Sie in [\[1\]](#) erfahren.



Mit Anklicken der Schaltflächen **Nachweis** und **Durchbiegungen** nacheinander gelangen wir zu den zuletzt dargestellten oder standardmäßig voreingestellten Ergebnissen dieses GZG-Nachweises (Durchbiegungen, Schnittkräfte oder Auflagerreaktionen). Alle Ergebnisse können für jede GZG-Lastkombination getrennt dargestellt werden. Der Durchbiegungsnachweis erfolgt für **erforderliche** oder **konstruierte Längsbewehrung**.

3.6.5.1. Durchbiegungen



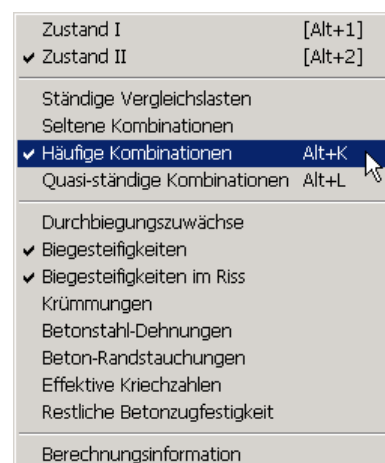
Klicken wir die Schaltfläche **Durchbiegungen** an, um diese und ihre Zuwächse für separate GZG-Lastkombinationen darzustellen. Oben in der „zweiten Reihe“ erscheinen Schaltflächen für dazu relevante Befehle.



Mit einem Klick mit der **rechten Maustaste** auf die Zeichenfläche erscheint ein Kontextmenü, wo wir alternativ zu der Symbolleiste die Darstellung aller Nebenergebnisse auswählen können. Auf dem rechts dargestellten Menü entsprechen die 15 Einträge den letzten (von rechts) 15 Schaltflächen auf der oben dargestellten Symbolleiste.

Die Berechnung erfolgt physikalisch **nichtlinear** – d.h. mit **lastabhängigen Steifigkeiten** der Querschnitte, die sich im **Zustand II** oder **I** befinden können. Weil hier das Superpositionsprinzip nicht gilt, müssen für jede GZG-Lastkombination **alle möglichen Lastfälle** gebildet werden. Die Umhüllende aller von diesen Lastfällen verursachten Durchbiegungen stellt dann ihre extremen Werte auf jeder Tragwerksstelle dar.

Mit Ausnahme der restlichen Betonzugfestigkeit entsprechen alle **Nebenergebnisse** (auf der [Abbildung 3.7](#) im unteren Diagramm) dem Querschnittszustand, bei dem die **größte** Querschnitts**krümmung** erreicht



¹ D.h. dem auf dieser Tragwerksstelle dafür kritischen Lastfall der jeweils dargestellten GZG-Lastkombinationen.

² Durchhang ist die vertikale Bauteilverformung bezogen auf die Verbindungslinie der Unterstützungspunkte (Auflager) – d.h. die ermittelte Durchbiegung minus eine eventuelle Überhöhung.

³ EN 1992-1-1, 7.4.1(4), DIN 1045-1, 11.3.1(8), ÖN B 1990-1, 4.2.1, ÖN B 4700, 4.3.1(2)

⁴ EN 1992-1-1, 7.4.1(5), DIN 1045-1, 11.3.1(10), ÖN B 4700, 4.3.1(3)

⁵ ÖN B 1990-1, 4.2.1

⁶ Quasi-ständige, häufige und seltene. Für ÖN B 4700 können wir den Nachweis nur für die quasi-ständigen Lastkombinationen führen (in ÖNORM als Dauerlasten genannt). Diese ÖNORM kennt keine anderen Gebrauchstauglichkeitslasten.

wurde¹. Viele der Befehle für die Auswahl der GZG-Lastkombinationen sowie auch der Nebenergebnisse haben wir bereits bei den Rissbreitenbeschränkungen kennengelernt. Hier werden wir nur die für diesen GZG-Nachweis speziellen erörtern.



Mit **Zustand I** und **Zustand II** können wir alle Ergebnisse der **linearen** sowie auch **nichtlinearen** Berechnung darstellen. Mit der Auswahl von beiden gleichzeitig können wir Werte beider Berechnungen **vergleichen**.



Mit **Ständige Vergleichslasten** werden alle Ergebnisse für jenen Anteil der ständigen Einwirkungen angezeigt, den wir als Referenz für die Durchbiegungszuwächse definiert haben (siehe das Kapitel [3.5.3.3](#)).



Mit **Durchbiegungszuwächse** werden die Durchbiegungszuwächse für die gerade ausgewählte GZG-Lastkombination angezeigt. Ein wiederholtes Anklicken zeigt wieder die Gesamtdurchbiegungen.



Mit **Biegesteifigkeiten** werden die Querschnittsbiegesteifigkeiten für die größten Querschnittskrümmungen dargestellt, die der Verformungsberechnung zugrunde lagen – d.h. sie beinhalten alle Einflüsse wie Kriechen, Schwinden, die Zugwirkung des Betons zwischen den Rissen (sog. tension stiffening) etc.



Mit **Biegesteifigkeiten im Riss** werden die Querschnittsbiegesteifigkeiten im Riss angezeigt – d.h. ohne die Zugwirkung des Betons zwischen den Rissen, manchmal als nackter Zustand II genannt. Sie können nur auf Tragwerksstellen gezeigt werden, die gerissen wurden (wo das Rissmoment überschritten wurde). Das Vorkommen dieser Werte entlang des Trägers markiert also gleichzeitig **Bereiche**, wo sich das Tragwerk im **Zustand II** befindet.



Mit **Krümmungen** werden die extremen Querschnittskrümmungen (Querschnittszustand im Riss) dargestellt, die gleichzeitig auch den Bezugswert für andere Nebenergebnisse repräsentieren.



Mit **Beton-Randstauchungen** werden diese für den Querschnittszustand im Riss dargestellt. Sie beinhalten auch die Stauchungsanteile infolge Schwindens und Kriechens.

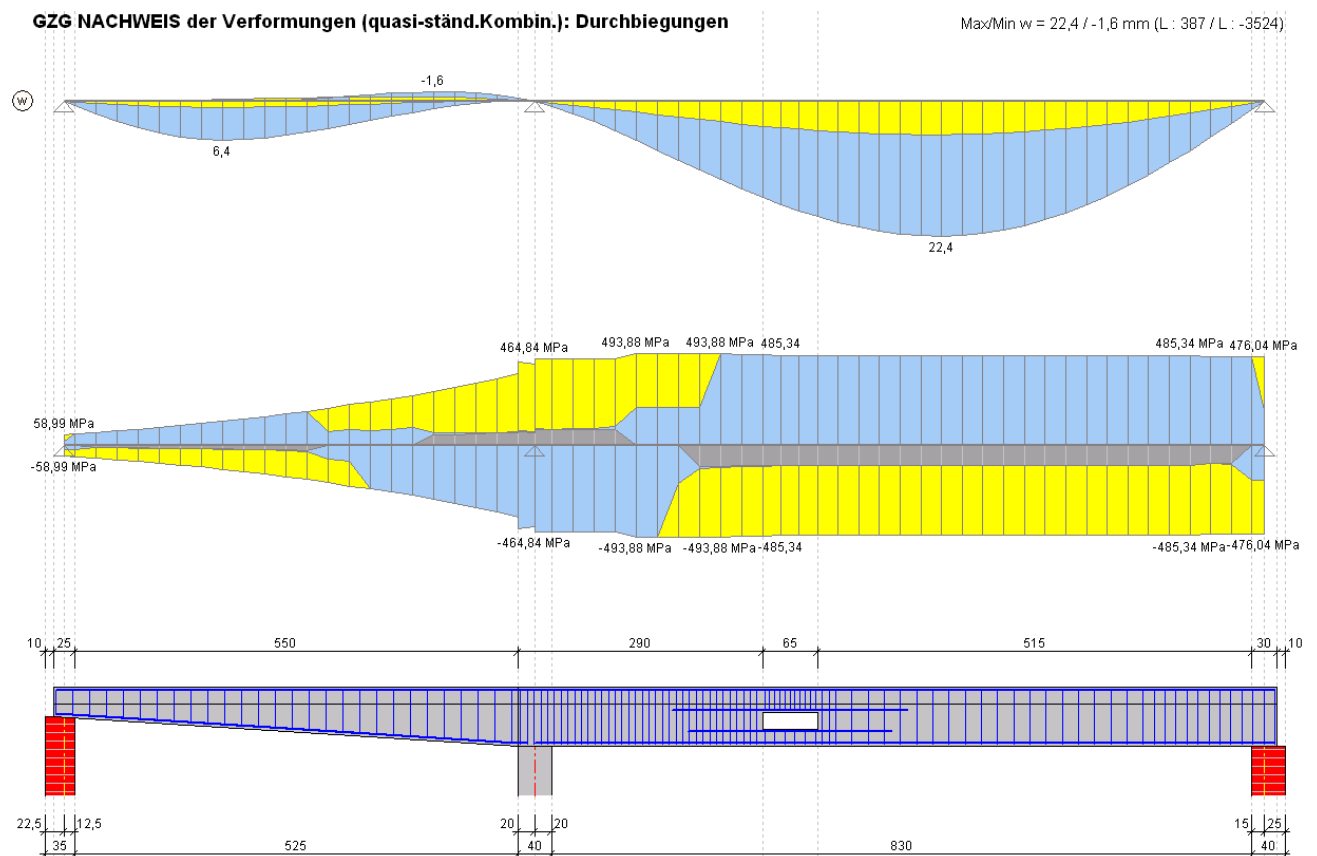


Abbildung 3.7: Durchbiegungen und Biegesteifigkeiten der linearen und nichtlinearen Berechnung (Zustand I gelb)

3.6.5.2. Andere Lastauswirkungen

Die Darstellung der Schnittkräfte und Auflagerreaktionen erfolgt ähnlich wie bei den anderen GZG-Berechnungen.

¹ Weil die Durchbiegung auf einer Tragwerksstelle auch von den Verhältnissen auf dem restlichen Tragwerk abhängt und die dargestellten Durchbiegungen eine Umhüllende aller möglichen Lastfälle ist, müssen wir uns für eine Bezugsgröße entscheiden – die größte Querschnittskrümmung, die die Durchbiegungen direkt beeinflusst.

3.6.5.3. Berechnungsinformation



Mit dem Anklicken der Schaltfläche **Berechnungsinformation** auf der oberen Symbolleiste erhalten wir für die gerade dargestellte GZG-Lastkombination folgende Ergebnisparameter.

Anzahl aller Lastkombinationen (Lastfälle) die Anzahl aller in dieser GZG-Lastkombination möglichen Lastfälle für die einzeln eine nichtlineare Verformungsberechnung durchgeführt wurde.

Mittlere Abweichung der Durchbiegungen ist die auf dem ganzen Tragwerk und in allen möglichen Lastfällen größte erreichte gewichtete mittlere relative Abweichung von zwei letzten Iterationen.

Max. mögliche Abweichung der Durchbiegungen ist die auf dem ganzen Tragwerk und in allen möglichen Lastfällen größte nicht gewichtete absolute Abweichung von zwei letzten Iterationen.

Die letzten zwei Parameter zeigen eigentlich die schlechteste **erreichte Genauigkeit**, mit der alle möglichen Durchbiegungen ermittelt wurden. Die gewünschte Genauigkeit können wir in den Berechnungsanforderungen einstellen (Kapitel [3.5.3.3](#)).

Wenn wir eine Meldung erhalten, dass die verlangte **Genauigkeit nicht erreicht** werden konnte, zeigen diese Parameter Werte unmittelbar vor dem Berechnungsabbruch. Falls wir uns mit solcher Genauigkeit zufrieden geben, ändern wir einfach dementsprechend die Parameterwerte in den Berechnungsanforderungen und die Verformung wird mit ihnen automatisch neu ermittelt. Weil der Abbruch bei der ersten nicht befriedigenden Lastfallberechnung erfolgte, kann sich diese Situation bei weiterem Lastfall wiederholen. Dann müssen wir die verlangte Genauigkeit so lange (nach unten) korrigieren, bis wir die Verformungsergebnisse erhalten¹.

3.6.5.4. Tragwerksversagen

Für bestimmte Lastfallkombination kann es zum Tragwerksversagen kommen (die Tragfähigkeit wurde überschritten). In diesem Fall sind **nur Ergebnisse des Zustands I** vorhanden. Das Tragwerksversagen wird durch nicht ausreichende Biegesteifigkeiten verursacht, die auf solchen Stellen die Bildung der **Fließgelenke** bewirken. Sie werden auf dem unteren Diagramm für Nebenergebnisse mit violetten Bällchen gekennzeichnet. Versuchen Sie den Träger z.B. durch mehr Längsbewehrung steifer zu machen. Sehen Sie dazu die Darstellung der Biegesteifigkeiten um mögliche Schwachstellen zu erkennen.

3.6.5.5. Verlangte Genauigkeit nicht erreicht

Wenn die in den Berechnungsanforderungen (Kapitel [3.5.3.3](#)) eingestellte Genauigkeit der nichtlinearen Berechnung nicht erreicht werden kann - d.h. der iterative Berechnungsprozess nicht konvergiert - erscheint diese Meldung und es sind **nur Ergebnisse des Zustands I** vorhanden.

3.6.5.6. Computerspeicher ausgeschöpft

Typischerweise bei einem Durchlaufträger mit vielen Feldern und gleichzeitig vielen **veränderlichen Einwirkungen**, deren **Lasten** innerhalb der Einwirkungen feldweise oder einzeln **voneinander unabhängig** wirken können, kann es zum Berechnungsabbruch kommen. Es entstehen enorm viele mögliche Lastkombinationen (Lastfälle), die den verfügbaren Hauptspeicher des Computers ausschöpfen können. Überprüfen Sie, ob in allen veränderlichen Einwirkungen die Wirkung der einzelnen Lasten wirklich "voneinander unabhängig" sein muss und ändern Sie es eventuell auf "alle gleichzeitig".

3.6.5.7. Bezugslast für die Durchbiegungszuwächse

Die Durchbiegungszuwächse müssen sich auf ein konstantes (unveränderliches) Lastniveau - Anteil der ständigen Einwirkungen - beziehen. Wenn eine ständige Einwirkung gegenseitig ausschließende Lasten beinhaltet (ihr Lastniveau ist veränderlich) oder Mitglied einer ausschließenden Einwirkungsgruppe ist, wird sie bei Bildung dieser Bezugslast ignoriert.

3.6.6. Tipps für Ergebnisdarstellungen

Die Darstellung der meisten Ergebnisse erfolgt in Form der Diagramme entlang des Tragwerks. Bei allen **signifikanten Diagrammstellen** (lokale Extreme, Sprünge, etc.) werden die Werte beschriftet. Sollte es bei deren Darstellung zu Überlappungen kommen, werden die weniger bedeutenden **Wertbeschriftungen** automatisch unterdrückt. Wenn Sie also auf bestimmten Diagrammstellen die Wertbeschriftungen vermissen, **vergrößern Sie die Ansicht** (zoom) solange **bis sie sichtbar werden**².

Alle Werte mit den **gleichen physikalischen Maßeinheiten** und Bedeutung (z.B. alle Biegemomente) werden in allen Diagrammen mit dem **gleichen Maßstab** dargestellt³, so dass sie schon **auf ersten Blick verglichen** werden können. Es könnte allerdings in einigen Fällen auch nachteilig sein. Dafür gibt es dann den Befehl **Neuzeichnen**.



Verwenden Sie den Befehl **Neuzeichnen** wenn es z.B. unter den einzelnen Lastkombinationen **sehr große Unterschiede** zwischen den Biegemomenten gibt, so dass der Verlauf der sehr kleinen Momente kaum sichtbar wird. Dieser Befehl bewirkt, dass das gerade angezeigte Diagramm mit einem Standardmaßstab „Bildschirmfüllend“ gut sichtbar neu gezeichnet wird.

¹ Bis die Durchbiegungen aller möglichen Lastfälle dieser GZG-Lastkombination die verlangte Genauigkeit erreicht haben.

² Beim Vergrößern der Ansicht wachsen nämlich die Wertebeschreibungen langsamer als die übrige Grafik.

³ Die Maßstabvereinheitlichung gilt für Diagramme, die auf dem Bildschirm nach einer Berechnung schon angezeigt wurden.

3.7. Bewehren

Das rechenunterstützte Bewehren wurde ausführlich im **Beispiel 1** im Kapitel [2.6](#) gezeigt. Daher werden wir dem nur noch ein Paar Details zufügen.

3.7.1. Längsbewehrung

3.7.1.1. Ablängungsstufe definieren

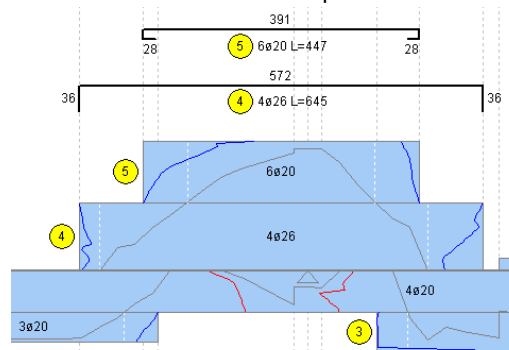
Wenn wir eine neue Ablängungsstufe definieren, können wir einen Stabdurchmesser aus der z.Z. vorhandenen Profilpalette auswählen. Auch wenn wir die **Profilpalette geändert** haben (siehe das Kapitel [3.5.4](#)), so dass sie nicht mehr alle (oder keine) Durchmesser der bereits definierten Ablängungsstufen beinhaltet, ermöglicht das Programm trotzdem auch die in der bereits konstruierten Bewehrung vorhandene Durchmesser zu verwenden. Bei einer Stufenänderung wird ihr Durchmesser der Auswahlpalette beigegeben. Ähnlich können wir mit dem Anklicken der Dialogschaltfläche **[Kopieren von]** die Eigenschaften jeder vorhandenen Stufe übernehmen und anpassen.



Mit **[Verankerungsendpunkte zeigen]** werden in dem Ablängungsdiagramm zusätzlich noch Endpunkte der Verankerungslängen dargestellt, wie rechts abgebildet – **blau** bei Zug- und **rot** bei Druckbeanspruchung¹. Gleichzeitig werden auch mit weißen gestrichelten Linien die Mindestlängen der Ablängungsstufen angezeigt.



Mit **[Teilmaße zeigen]** werden bei der Längsbewehrung auch die Hakenlängen (wie rechts abgebildet), bei den Bügeln auch ihre Schenkel (siehe die [Abbildung 2.22](#)) bemaßt.



3.7.1.2. Verankerungsergebnisse sichten



Wenn wir eine Ablängungsstufe ausgewählt haben, wird die Schaltfläche **[Verankerungsergebnisse]** auf der oberen Symbolleiste aktiv. Mit ihrem Anklicken erhalten wir für die ausgewählte Ablängungsstufe Detailergebnisse der Berechnung der Verankerungslängen, wie es in dem Dialogfeld rechts dargestellt ist. Die Werte erscheinen in vier Spalten – je zwei Spalten für das linke und rechte Stabende und für jedes Stabende noch separat für die Zug- und Druckbeanspruchung der Bewehrungsstäbe². Weil unser Programm die Verankerungslängen auf mehreren Stellen entlang der Ablängungsstufe ermittelt (siehe [\[1\]](#) für mehr Info), werden mit den folgenden zwei Optionsschaltflächen zwei ausgewählte Ergebnissätze angezeigt.

• **größte Verankerungslängen** zeigt Werte zugehörig den größten Verankerungslängen ohne Berücksichtigung der Mindestlängen – für jedes Stabende und jeden Spannungszustand³ - unabhängig davon, ob sie für die Gesamtlänge der Stäbe maßgebend waren oder nicht.

• **maßgebend für Stabendpositionen** zeigt Werte zugehörig zu Verankerungslängen deren Endpunkte am linken bzw. rechten Stufenende die kleinste bzw. größte Koordinate erreichten⁴ und dadurch die Stabendpositionen bestimmten.

Verankerungsanfang X_a ist die Längskoordinate, wo die größte oder maßgebende **Verankerungslänge beginnt**. Wenn sich an dem Stabende ein Übergreifungsstoß befindet, dann ist die Koordinate X_a der **Mittelpunkt der Übergreifungslänge**.

Bewehrung $A_{s,erf}$ ist die erforderliche Bewehrungsfläche in der Koordinate X_a .

Bewehrung $A_{s,vorh}$ ist die vorhandene Bewehrungsfläche in der Koordinate X_a .

Stahlspannung $\sigma_{s,d}$ ist die Betonstahlspannung in der Koordinate X_a .

Mittlerer Querdruck p ist der vertikale Druck im Auflagerbereich⁵. Wenn sich die Verankerungslänge nicht vollständig in dem Druckbereich befindet, wird sein proportional reduzierter Wert angezeigt (siehe [\[1\]](#) für mehr Info). Wenn überhaupt kein Querdruck im Verankerungsbereich vorhanden ist, bleibt dieses Datenfeld leer.

		Stoß links		Stabende rechts		
		Zug	Druck	Zug	Druck	
Verankerungsanfang	X_a	13,70		14,20		m
Bewehrung	$A_{s,erf}$	13,56		9,76		cm ²
Bewehrung	$A_{s,vorh}$	15,83		15,83		cm ²
Stahlspannung	$\sigma_{s,d}$	430,1		309,7		N/mm ²
Mittlerer Querdruck	p			-2,88		N/mm ²
Verbundfestigkeit	f_{bd}	3,04		3,04		N/mm ²
Verankerungslänge	$l_{b,rqd}$	42,4		30,5		cm
	$l_{b,min}$ bzw. $l_{o,min}$	20,0		12,0		cm
	l_{bd} bzw. l_o	63,6		27,0		cm

¹ Aufgrund der mehreren Lastkombinationen kann ein Stabende gleichzeitig auf Zug und Druck beansprucht werden.

² Wenn durch die Belastung mehrere Lastkombinationen entstehen, können in einem Längsstab sowohl Zug- als auch Druckspannungen entstehen.

³ Wenn ein Stab sowohl auf Zug als auch Druck beansprucht wird, erhalten wir in jeder Spalte Werte für möglicherweise vier verschiedene Verankerungslängen.

⁴ Auch wenn ein Stab sowohl auf Zug als auch Druck beansprucht wird, erhalten wir Werte für jedes Stabende nur in einer Spalte – entweder war für die Stabendposition Zug oder Druck maßgebend.

⁵ Der Querdruck kann nur im Bereich der konstruktiven Auflager (nicht Punktauflager) entstehen. Es hängt auch von unserer Auflagereingabe ab, ob positive oder/und negative Auflagerreaktionen auf der Kontaktfläche Druck erzeugen.

Verbundfestigkeit f_{bd} ist der Bemessungswert der Verbundfestigkeit

Verankerungslänge l_{rqd} ist der Basiswert¹ der Verankerungslänge.

$l_{b,min}$ bzw. $l_{o,min}$ ist die Mindestverankerungs- bzw. Mindestübergreifungslänge, falls die Ablängungstufe an diesem Ende z.B. durch Endauflagerschlaufen gestoßen wurde.

l_{bd} bzw. l_o ist der Bemessungswert der Verankerungs- bzw. Übergreifungslänge, Verankerungslängen ohne Berücksichtigung der Mindestlängen. Der Bemessungswert ist der Basiswert, der eventuell durch die α -Beiwerte² reduziert wird.

Falls es sich bei den letzten zwei Ergebniswerten um **Übergreifungslänge** handelt (in der Spalte ‚Links‘ bzw. ‚Rechts‘ wenn sich der Stoß am linken bzw. rechten Stabende befindet), beziehen sich die angezeigten Längen nur auf die Ablängungstufe, die wir ausgewählt haben. Die von Programm angeordnete Übergreifungslänge ist dann die größere von den beiden gestoßenen Stäben und erstreckt sich symmetrisch um den eingegebenen Stoßmittelpunkt.

3.7.1.3. Tipps fürs Bewehren der Endauflagerbereiche

Wenn die konstruierte Längsbewehrung am Endauflager wegen der erforderlichen Verankerung **zu lang** ist (die Stäbe gehen aus der Schalungsform hinaus), kann man **außer** den gestoßenen **Endauflagerschlaufen** eventuell eine einfachere Maßnahme treffen.

In den Berechnungs-Anforderungen in der Registerkarte **GZT Tragfähigkeit** die Option für die Optimierung der Querkraftbemessung auf **max. Sprödbruchsicherheit** oder gar **min. Zusatz-Längsbewehrung** setzen. Dadurch wird man zwar mehr erforderlicher Querbewehrung erhalten aber dafür weniger Längsbewehrung infolge Querkraft (die Betondruckstreben werden steiler), was die Verankerungslängen an Endauflagern in einigen Fällen deutlich vermindern kann.

¹ In ÖN B 4700 wird er als das Grundmaß der Verankerungslänge bezeichnet und wird im Unterschied zu EN 1992-1-1 noch nicht durch die vorhandene Betonstahlspannung vermindert.

² EN 1992-1-1, Tabelle 8.2 oder ÖN B 4700 5.5.3(1)

3.8. Gestaltung und Drucken der Statikdokumentation

Das Programm ermöglicht, eine **attraktive Statik-Dokumentation** zu erhalten, die in Form eines kontinuierlichen Dokuments mit Bildern, Tabellen und Text ausgedruckt werden kann. Sie können jedoch jederzeit ihren Umfang und ihre Gestaltung selber definieren. Ähnlich wie bei der Ergebnisdarstellung können wir jederzeit, nachdem wir das Tragwerk, die Belastung, Bemessungsanforderungen, etc. geändert haben, die Dokumentation **sofort sichten** oder **ausdrucken**. Das Programm verfolgt, was sich seit den letzten Berechnungen geändert hat und führt die **notwendigen Berechnungen** für die zu dokumentierenden Ergebnisse **automatisch** durch.

3.8.1. Gestaltung und Umfang



Mit dem Befehl **Dokumentation** erscheint ein Dialogfeld, wo wir die Gestaltung und Umfang der Statikdokumentation bestimmen können. Sie besteht wahlweise aus drei Einzeldokumenten - dem **Statikprotokoll**, dem **Bewehrungsplan** (mit oder ohne Stahlliste) und der **Stahlliste** auf einer separaten Seite. Die meisten Dialogelemente sind selbsterklärend, wir werden hier daher nur einige beschreiben.

Falls wir die Statikdokumentation auf einem anderen Drucker, als dem auf unserem Computer eingestellten Standarddrucker ausgeben oder eine andere Papiergröße verwenden möchten, klicken wir zuerst die Dialogschaltfläche **Drucker** an, womit wir einen Drucker auswählen und seine Eigenschaften einstellen können.

Mit der Schaltfläche **als Standard** werden die momentanen Einstellungen auf Ihrem Computer gespeichert und beim nächsten Programmstart als Voreinstellung benutzt.

■ **Statikprotokoll drucken** - das Statikprotokoll wird in den Ausdruck der Dokumentation eingegliedert.

■ **Bewehrungsplan drucken** - der Bewehrungsplan wird in den Ausdruck der Dokumentation eingegliedert. Das separate Drucken von Statikprotokoll und Bewehrungsplan kann notwendig sein, wenn die beiden Dokumente z.B. auf verschiedenen Papiergrößen oder Druckern ausgegeben werden sollen, z.B. das Protokoll auf einem A4- und der Bewehrungsplan auf einem A3- oder A2-Format auf einem Drucker-Plotter (siehe auch das Kapitel [3.8.2.1](#)).

● **Statikprotokoll / ● Bewehrungsplan** – mit diesen Optionsschaltflächen wechseln wir zwischen den einzelnen Dialogunterfenstern für die Eingaben des Protokoll und Bewehrungsplan betreffend.

3.8.1.1. Statikprotokoll

Das Statikprotokoll kann wahlweise alle Eingaben und Ergebnisse in Form eines kontinuierlichen Dokuments mit Bildern, Tabellen und Text beinhalten. Das Protokolldokument ist in logische Kapitel wie Tragwerk, Einwirkungen, Bemessung, Nachweis, etc. gegliedert, deren Umfang und Gestaltung wir in diesem Dialogfeld bestimmen können.

■ **Farbig** - die Ausgabe erfolgt farbig, wenn der Drucker Farben oder Graustufen unterstützt (sonst schwarz-weiß).

■ **Schwarz-weiß** - es wird schwarz-weiß mit wenigen Graustufen ausgedruckt, auch wenn der ausgewählte Drucker Farben unterstützt. Die meisten Flächen werden nicht gefüllt. Die Option ist besonders geeignet für

Vervielfältigungen an den schwarz-weißen Kopierern mit niedrigerer Wiedergabequalität.

■ **Beschreibungen** - in den Dialogen fürs Definieren von Tragwerks- und Einwirkungs-Eigenschaften kann man diesen optional Beschreibungen zufügen (z.B. Lastaufstellung jeder Einwirkung, etc.), die dann in der Dokumentation optional erscheinen können.

■ **Erklärungen** - kleingedruckte Erklärungen zu einigen Eingaben und Ergebnissen, die nicht eindeutig zu interpretieren sind.

GZT Tragfähigkeit

Die Dialogelemente sind teilweise für die Bemessung der erforderlichen Bewehrung als auch den Nachweis der Bruchsicherheit¹ gemeinsam, weil man meistens entweder eines oder anderes durchführen möchte.

■ **Erforderliche Bewehrung** bzw. ■ **Bruchsicherheit** aktiviert auch die Auswahl der Lastauswirkungen (Schnitt- und Auflagerkräfte) und signalisiert gleichzeitig dem Programm, dass man damit die Bemessung bzw. den Nachweis meint. Für die Ausgabe der Diagramme und/oder Tabellen der extremen Lastauswirkungen müssen wir zumindest eine der Lastkombinationen auswählen².

■ **GK**, ■ **AK** und ■ **EK** bedeuten hier die **Grund-, außergewöhnlichen** und **Erdbeben-**Lastkombinationen. Wir können normalerweise eigentlich alle auswählen. Wenn wir z.B. keine

¹ Die Berechnung der Bruchsicherheit aufgrund der konstruierten Bewehrung ist in dieser Version noch nicht vorhanden.

² Für die Ermittlung der erforderlichen Bewehrung oder der Bruchsicherheit werden selbstverständlich alle Lastkombinationen entsprechend der eingegebenen Einwirkungsarten berücksichtigt.

Erdbebeneinwirkung eingegeben haben, werden auch keine Auswirkungen der Erdbeben-Lastkombinationen berechnet bzw. ausgedruckt.

GZG Rissbreiten

Die Dialogelemente sind teilweise für die **Bemessung** der Grenzdurchmesser sowie auch für den **Nachweis** der tatsächlichen Rissbreiten gemeinsam, weil man meistens entweder eines oder anderes durchführen möchte.

Grenzprofile bzw. Rissbreiten aktiviert auch die Auswahl der Lastauswirkungen und signalisiert gleichzeitig dem Programm, dass man damit die Bemessung bzw. den Nachweis meint.

QK, HK und SK bedeuteten hier **quasi-ständige**, **häufige** und **seltene** Lastkombinationen.

Zw steht für Zwang (d.h. Mindestbewehrung). Für die Bemessung werden Lastauswirkungen nur derjenigen Lastkombinationen ausgedruckt, für die in den Berechnungsanforderungen eine maximal erlaubte Rissbreite eingegeben wurde (Kapitel 3.5.3.2). Beim Nachweis bestimmt unsere Auswahl, für welche dieser Lastkombinationen die tatsächlichen Rissbreiten auch berechnet werden sollen.

GZG Verformungen

Für die Begrenzung der Verformungen kommt eigentlich nur ein **Nachweis** in Frage. Gemeinsam mit den Durchbiegungen können auch ihre Zuwächse relativ zu den eigenen definierten Vergleichslasten (Kapitel 3.5.3.3) ausgegeben werden. Unsere Auswahl der Lastkombinationen (gleich wie bei den Rissbreiten) bestimmt auch, für welche von ihnen die Verformungen berechnet werden sollen.

VI mit dieser Auswahl können zusätzlich zu den im Eurocode definierten GZG Lastkombinationen (quasi-ständige, häufige und seltene) auch Durchbiegungen und Lastauswirkungen der Vergleichslasten ausgegeben werden.

Mit dieser Dialogschaltfläche erscheint ein Dialog für weitere Gestaltungssteuerung des Statikprotokolls. Mit den Kontrollkästchen Tabelle, grafisch haben wir die Möglichkeit viele der Ergebnisse sowohl in Form der Tabellen als auch als Zeichnungen (Diagramme) auszudrucken. Für ein kompaktes Statikprotokoll kann man durchaus überall nur die Tabellen wählen. Sie beinhalten die maßgebenden Endergebnisse. Für die Schnittkräfte, erforderliche Bewehrung außerhalb der Öffnungen als auch die Grenzdurchmesser gibt es jedoch keine Tabellenausgaben, weil deren punktuellen Werte für ein Statikprotokoll unzureichend wären.

Für GZG nur Biegemomente darstellen ist für die grafischen Ausgaben der Schnittkräfte wirksam. Es ist eine platzsparende Option, weil die Querkräfte auf die Rissbreiten als auch Durchbiegungen keinen Einfluss haben¹.

3.8.1.2. Bewehrungsplan

Der Bewehrungsplan kann wahlweise die Stahlliste auf gleichem Blatt beinhalten oder/und sie kann auf einer separaten Seite ausgedruckt werden.

Die Optionsfelder Farbig, Schwarz-weiß, Hochformat und Querformat haben die gleiche Bedeutung wie bei dem Statikprotokoll.

Stahlliste auf dem Plan bedeutet, dass sie auf dem Bewehrungsplanblatt erscheint.

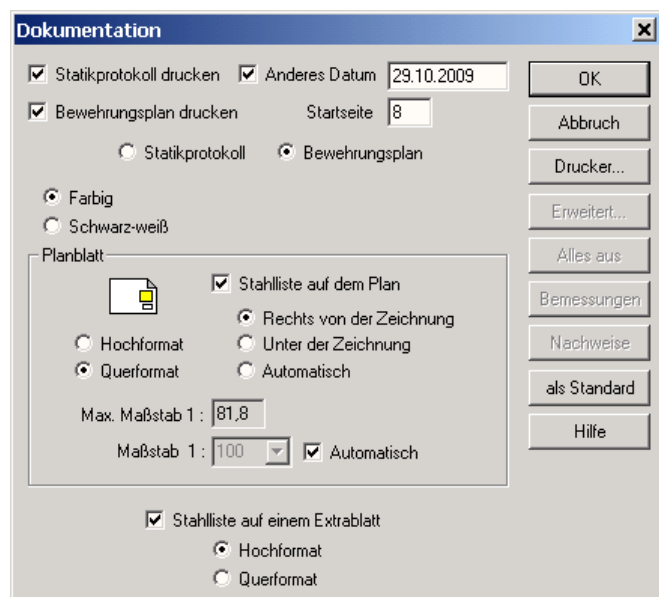
Automatisch bedeutet, dass die Stahlliste auf dem Bewehrungsplanblatt so platziert wird, dass die Bewehrungszeichnung im größtmöglichen Maßstab erscheinen kann.

Max. Maßstab 1 : ist der maximal mögliche Maßstab der Zeichnung für das gewählte Format und Platzierung der Stahlliste.

Maßstab 1 : in diesem Textfeld können wir einen der technischen Maßstäbe auswählen oder einen eigenen hineinschreiben.

Automatisch setzt in das Maßstab-Textfeld den größtmöglichen technischen Maßstab.

Stahlliste auf einem Extrablatt - die Stahlliste wird auf einer separaten Seite gedruckt.



3.8.2. Sichten und Drucken



Mit dem Befehl können wir noch vor dem Ausdrucken das Aussehen der Dokumentation auf dem Bildschirm prüfen². Die Vorschau des Ausdrucks bezieht sich immer auf die momentan eingestellten Eigenschaften des momentan ausgewählten Druckers.

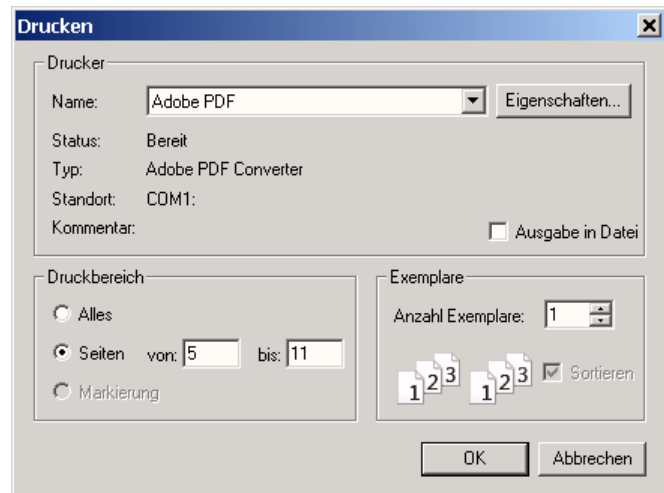


Mit dem Befehl werden alle Seiten der Statikdokumentation auf dem momentan ausgewählten Drucker ausgegeben.

¹ Sie haben nur auf die Durchbiegungen einen geringen Einfluss, weil unser Programm für die Schnittkräftermittlung das Balkenmodell nach Timoshenko verwendet.

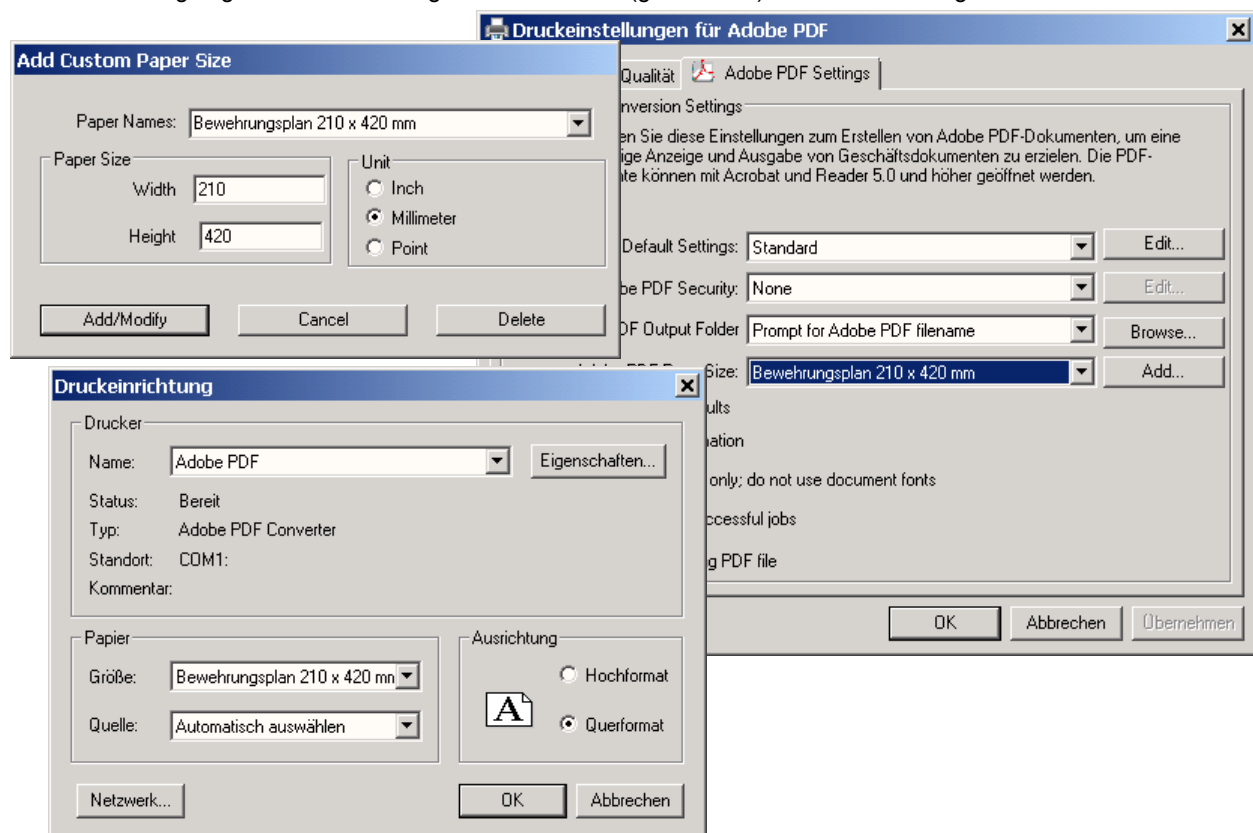
² Weil die Bildschirmauflösung wesentlich niedriger als die der heutigen Drucker ist, kann bei der Vorschau auch die angezeigte Aufteilung des Dokumentationsinhalts auf die einzelnen Seiten von dem Ausdruck leicht abweichen.

Wenn wir nur **bestimmte Seiten** ausdrucken möchten, können wir es mit dem oben erwähnten Befehl nicht tun. Wir müssen dazu entweder die Menüwahl **Datei ► Dokumentation drucken...**, die Tastenkombination **Strg+P** oder die Schaltfläche **Drucken...** in dem Vorschaufenster verwenden. Es erscheint der unten abgebildete Dialog, wo wir die Seitenauswahl eingeben können. Einen anderen Drucker oder Papiergröße sollten wir hier in der Regel nicht mehr wählen, weil dadurch der vorher gewählte Tragwerksmaßstab ungeeignet werden könnte.



3.8.2.1. Drucken mit Sonderformat

Wenn wir z.B. den **Bewehrungsplan** separat auf ein spezielles Papierformat drucken möchten, müssen wir es zuerst beim Drucker definieren. Auf der Abbildungen unten wird beim Adobe PDF-Drucker dafür ein längliches Papierformat 210x420mm angelegt und in dem Dialogfeld fürs Drucken (ganz unten) dann einfach ausgewählt.



3.9. Arbeiten mit Eingabedateien der älteren Programmversionen

Diese Programmversion kann alle Eingabedateien lesen, die mit früheren Versionen **5.20** bis **5.31** erstellt wurden. Weil sie nur für die Bemessungsnorm **ÖN B 4700** ausgelegt wurden, müssen Sie über deren Lizenz verfügen.

Die **konstruierte Bewehrung** wird jedoch nicht eingelesen, weil ihre Grundlage nicht nur die Anwendereingaben sondern auch die Berechnungsergebnisse (Bemessung) bilden, die in der neuen Version unterschiedlich ausfallen können.

3.9.1. Mögliche Abweichungen der Eingaben

Man sollte nach dem ersten Einlesen einer älteren Dateiversion alle Eingaben überprüfen. Durch die Programmerweiterungen und Weiterentwicklung kann es zu folgenden Abweichungen kommen:

- Diese Programmversion ermittelt die **statische Achse der konstruktiven Auflager** (falls nicht explizit eingegeben) nach EN 1992-1-1 (2005) – d.h. unterschiedlich von den Vorversionen. Bei Endauflagern kann es daher zu leicht abweichenden effektiven Spannweiten und dadurch auch zu anderen Schnittkräften führen.
- Die optionale (zusätzliche) Begrenzung der Schrägrissneigungen (Druckstreben-Neigungswinkel) bei der **GZT-Bemessung der Querbewehrung** wird von der alten Eingabedatei nicht übernommen. Es werden die dem

gewählten Optimierungskriterium entsprechenden Standardwerte angewendet¹. Das kann die erforderliche Bewehrungsmenge beeinflussen.

3.9.2. Mögliche Abweichungen der Ergebnisse

Die im vorigen Kapitel beschriebenen möglichen Abweichungen der Eingaben beim Einlesen der älteren Dateiversionen verursachen auch andere Ergebnisse. Unbeachtet dessen können wir abweichende Ergebnisse auch aufgrund der Anwendung **genauerer** bzw. **neuerer Berechnungsverfahren** erhalten.

- Auch die Schnittkräfte der **quasi-ständigen Lasten** werden in dieser Programmversion konsequent aus **Kombinationen von allen möglichen Lastfällen** gerechnet² – d.h. alle GZG-Bemessungen und –Nachweise können abweichende Ergebnisse liefern.
- Die Berechnungen der **Rissbreiten**³ und **Durchbiegungen** basieren jetzt auch nach ÖN B 4700 zum Teil auf den Empfehlungen in EN 1992-1-1 und dem österreichischen Nationalanhang. Nach dem Einlesen einer alten Eingabedatei wird in den Berechnungsanforderungen der optionale Einfluss vom Schwinden standardmäßig eingeschaltet, was besonders die Rissmomente reduzieren kann⁴ (siehe [1] für mehr Info).
- Die **Verankerungslängen** werden jetzt genauer gerechnet, in manchen Fällen auch „strenger“, z.B. der Querdruck am Endauflager kann nicht mehr die Verankerungslängen unter das Mindestmaß reduzieren⁵. Auch deswegen wird die **konstruierte Bewehrung** von den älteren Eingabedateien **nicht eingelesen**.

¹ Wir können sie aber in den Berechnungsanforderungen auf die ursprünglichen Werte setzen.

² In den Vorversionen wurden sie aus einer Überlagerung der ständigen und veränderlichen Lasten (reduziert mit dem Beiwert Ψ_2) gerechnet.

³ Es gibt keine Berechnung der Rissbreite nach ÖN B 4700 (vgl. EN 1992-1-1 7.3.4), sondern nur eine Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung (vgl. EN 1992-1-1 7.3.3). Daher wurden in den älteren Programmversionen die Rissbreiten nach damals gültiger Vornorm ENV 1992-1-1 berechnet.

⁴ Die älteren Programmversionen sowie auch die ÖN B 4700 berücksichtigen nicht die Teilbehinderung des Schwindens durch die in der Zugzone liegende Längsbewehrung. Für einen Vergleich mit den alten Ergebnissen schalten wir am besten das Schwinden in den Berechnungsanforderungen aus.

⁵ In Anlehnung an Eurocode. In ÖN B 4700 war die Regel nicht eindeutig zu interpretieren.

3.10. Anwendung der Hardware-Schlüssel im Netzwerk

Die STRATOS-Programme können **sehr flexibel** im Netzwerk als auch an Einzelplatzsystemen genutzt werden. Ein **Netzwerkschlüssel** kann z.B. vorübergehend an einen alleinstehenden Computer angeschlossen und sofort verwendet werden. Oder man kann auf einem Computer für ein bestimmtes Programm eine freie **Netzwerklicenz** und für ein anderes Programm die **Einzelplatzlizenz** des lokal angeschlossenen Schlüssel **gleichzeitig** nutzen. Bereits **lizenzierte** Versionen können **gleichzeitig** mit neueren in der **Probezeit**¹ laufen. Obwohl die Verwendung der Netzwerkschlüssel sehr einfach ist, sollte deren Installation lieber einem EDV-kundigen Anwender oder einem **Netzwerkadministrator** überlassen werden. Im Weiteren werden kurz einige Begriffe erklärt.

Ein **Client-Computer** ist der Arbeitsplatz, an dem der Anwender eine STRATOS-Anwendung ausführt, die auf einen Netzwerkschlüssel zugreift. Dieser Schlüssel ist an einem (meistens anderem) **Server-Computer** angeschlossen. Mit der **Schlüsselkapazität** bezeichnen wir die max. Anzahl der **Anwender** bzw. Arbeitsplätze, die auf einen **Schlüssel gleichzeitig** zugreifen können. Diese Anzahl ist fix und muss bei der Schlüsselbestellung angegeben werden.

Die **Lizenzkapazität** eines Programms, das auf dem Schlüssel freigeschaltet ist, ist die max. Anzahl der **Anwender**, die dieses **Programm gleichzeitig** ausführen können. Diese Anzahl kann durch Kauf von Zusatzlizenzen jederzeit erhöht werden. Nehmen wir als Beispiel an, dass auf einem Netzwerkschlüssel folgende Lizenzen freigeschaltet sind.

STRATOS-Träger 2 Lizenzen (d.h. maximal 2 Träger-Anwender gleichzeitig)
 STRATOS-Stütze 1 Lizenz
 STRATOS-Platte 3 Lizenzen

Wenn jede oben angeführte Programmlicenz ein anderer Anwender (aber alle gleichzeitig) nutzen sollte, bräuchten wir mindestens eine Schlüsselkapazität 6 (Netzwerkschlüssel für 6 Arbeitsplätze). Wir können selbstverständlich ein Schlüssel mit höherer Kapazität verwenden oder später noch einen am selben oder anderen Computer anschließen.

3.10.1. Systemvoraussetzungen

Auf dem Server-Computer, an dem der Netzwerkschlüssel angeschlossen ist, muss man mindestens die Version **7.6.0** des **Sentinel Protection Servers**² installieren, damit die Client-Computer auf ihn zugreifen können³. Die Version des **Sentinel System Drivers** (Schlüsselstreiber) muss mindestens **7.5.0** sein.

An jedem Client-Computer muss entweder in der Umgebungsvariable **STRATOS_KEY_HOST** oder als Befehlszeilenparameter **/STRATOS_KEY_HOST=...** der Name oder die IP-Adresse des Server-Computers angegeben werden, wobei die Angabe in der Befehlszeile für einzelne Programme immer Vorrang hat.

Wenn wir auf der Startleiste die **Systemsteuerung**, dann das Symbol **System** und dort die **Umgebungsvariablen** wählen⁴, gelangen wir zu dem rechts dargestellten Dialogfeld. Klicken wir hier oben auf die Schaltfläche **Neu** und in dem neu erscheinenden Dialogfeld (auf der Abbildung rechts im Vordergrund) legen wir für uns als den z.Z. eingeloggt Benutzer die Umgebungsvariable **STRATOS_KEY_HOST** an und geben wir als Wert den Namen des Server-Computers, an dem der Netzwerkschlüssel angeschlossen ist (auf der Abbildung rechts Josef-4). Wenn wir es für alle Benutzer dieses Computers tun möchten, legen wir eine Systemvariable in dem Kasten darunter.

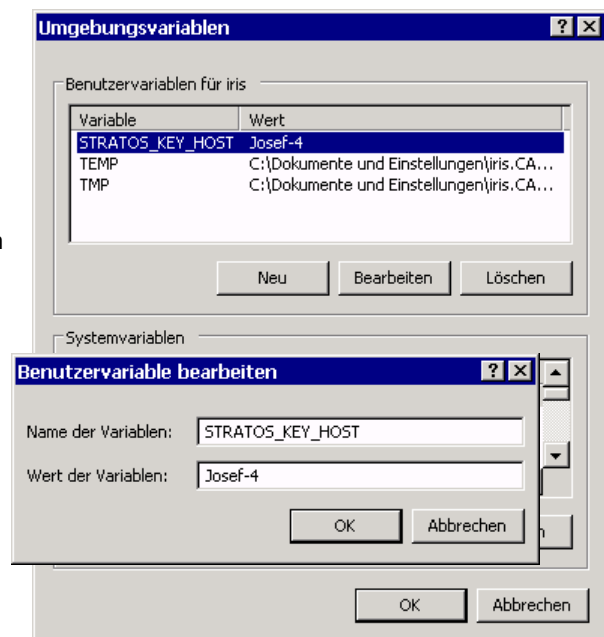
Typische Situation für die Anwendung des Befehlszeilenparameters wäre z.B. der STRATOS-Träger, der im Unterschied zu anderen Programmen nur an einem lokal angeschlossenen Einzelplatzschlüssel freigeschaltet ist. Die Befehlszeile einer Verknüpfung wäre daher:

```
C:\Programme\Stratos\DcBeam\6.05\DcBeam.exe /STRATOS_KEY_HOST=local_host
```

Für alle anderen Programme wäre der Name des Server-Computers in der Umgebungsvariable maßgebend.

Für das Ausführen der Programme mit einem Netzwerkschlüssel in der **Probezeit** auf mehreren Computern gleichzeitig muss darauf geachtet werden, dass die **Uhren** dieser Computer ungefähr **gleichgestellt** sind. Ihr Zeitunterschied sollte nicht größer als ca. 5min sein. Andernfalls könnte der Programmlauf am Computer, wo die Uhr nachgeht, mit einer Fehlermeldung abgebrochen sein.

Die Freischaltung eines Netzwerkschlüssels (im Kapitel [1.2](#)) kann nur an dem Computer ausgeführt werden, wo er angeschlossen ist – d.h. keine Freischaltungen übers Netzwerk.



¹ Für das Programmtesten in der Probezeit kann jeder Hardware-Schlüssel als Netzwerkschlüssel verwendet werden!

² Sentinel Protection Server ist eine spezielle Software, die als Windows-Dienst automatisch gestartet wird. Die Installationsdatei Sentinel Protection Installer (von unseren Webseiten heruntergeladen) beinhaltet ebenfalls den dazu passenden Schlüsselstreiber. Die Installation muss auch eine Firewallausnahme für den Sentinel Protection Server einrichten, damit andere Computer auf den Hardware-Schlüssel an diesem Server-Computer zugreifen können.

³ Der Server-Computer (mit dem angeschlossenen Netzwerkschlüssel) muss sich im gleichen Subnetz wie die anderen Client-Computer befinden und muss selbstverständlich eingeschaltet sein. Das Einloggen eines Anwenders ist aber nicht notwendig.

⁴ Oder im Windows Explorer auf das Symbol Computer klicken und mit der rechten Maustaste Eigenschalten wählen, dann Erweiterte Systemeinstellungen und Umgebungsvariablen...

3.10.1.1. Worauf man auch achten muss

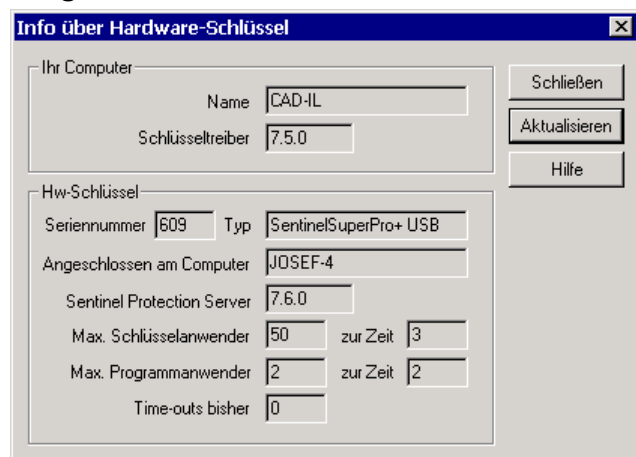
Eine STRATOS-Anwendung muss sich beim Server-Computer regelmäßig melden, damit der dort laufende Lizenzverwaltungsdienst (Sentinel Protection Server) ihre Lauflizenz nicht für einen anderen Arbeitsplatz freimacht. Aus diesem Grund verhindert jede ausgeführte STRATOS-Anwendung das autom. Übergehen¹ des Computers in einen **Energiesparmodus** (Standby- oder Ruhezustand).

Um schneller reagieren zu können, greift der Lizenzverwaltungsdienst oft auf gespeicherte Schlüsseldaten. Wenn man also z.B. dem Server-Computer den Netzwerkschlüssel abzieht und eventuell mit einem anderen ersetzt, kann es kurze Weile dauern, bis es zu Kenntnis genommen wird. Ähnlich wenn man mit dem Dienstprogramm **STRATOS-Lizenzvergabe** Lizenzdaten im Schlüssel freischaltet – besonders in diesem Fall sollte man nachher den Sentinel Protection Server beenden und wieder starten².

Durch die neue Möglichkeit der Netzwerklizenzen können in vielen Fällen die „neuen“ Softwareschutzdaten auf dem Hardware-Schlüssel für die vorherigen Versionen unverständlich sein. Wenn man z.B. die Version 6.00 startet, kann man die Fehlermeldung **„Unerwartete Softwareschutz-Daten gefunden“** erhalten. Verwenden Sie also mit einem Hardware-Schlüssel immer die **gleichen** lizenzierten **Versionen** (nie z.B. die Versionen 6.00 und 6.05 **gemischt**). Aber man kann mit einem Netzwerkschlüssel selbstverständlich eine lizenzierte Version gleichzeitig mit einer höheren im Testmodus (Probezeit) verwenden.

3.10.2. Verwendeten Hardware-Schlüssel anzeigen

Die Menüwahl **Hilfe ► Info über Hardware-Schlüssel...** zeigt einige Informationen über den von der STRATOS-Anwendung zurzeit verwendeten Hardware-Schlüssel. In dem Beispiel wird diese Anwendung am Client-Computer „CAD-IL“ ausgeführt und zwar mit dem Netzwerkschlüssel Nr. **609**, der am Server-Computer „JOSEF-4“ angeschlossen ist. Seine Kapazität ist **50** (max. 50 Anwender, zurzeit von **3** benutzt). Für diese Anwendung sind dort **2** Netzwerklizenzen vorhanden (max. 2 Anwender gleichzeitig, zurzeit von **2** belegt). Seit dem Start des Server-Computers „JOSEF-4“ (eigentlich des Sentinel Protection Servers) wurden für diesen Schlüssel keine Time-outs verzeichnet – d.h. es wurde keinem Programm seine Lauflizenz infolge von Netzstörungen, plötzlichen Abstürzen, etc. entnommen.



3.10.3. Angeschlossene Hardware-Schlüssel anzeigen

In diesem Kapitel wird der **Sentinel License Monitor**³ (Lizenzmonitor) beschrieben. Seine Anwendung ist eher für **Netzwerkadministratoren** bestimmt, der „normale“ Anwender einer STRATOS-Anwendung wird ihn kaum brauchen. Wenn wir unserem Beispiel folgend im Adressenfeld des Internet Explorers <http://josef-4:6002> eingeben⁴, erscheint dort die Hauptmaske des Lizenzmonitors, mit dem wir einige Eigenschaften und die Nutzung aller an den Server-Computer „JOSEF-4“ angeschlossenen Hardware-Schlüssel sichten können.

Sentinel License Monitor									
System Address: <http://josef-4:6002/>									
Sentinel Protection Server Version 7.6.0									
This web page shows you details of the keys attached/installed on the system.									
Please click on a key number to view the details about the clients who are using the licenses available with this key.									
Keys#	Key Type	Form Factor	Serial Number	Model Number	Hard Limit	Licenses-In-Use	Highest Used	Time-Outs	Sublicense
1	SuperPro	USB	0x0000024E	*	1	0	1	1	>>
2	SuperPro	USB	0x00000261	*	50	3	3	0	>>

Abbildung 3.8: Übersicht aller am Server-Computer „Josef-4“ angeschlossenen Hardware-Schlüssel

In der zweiten Zeile sehen wir den gleichen Netzwerkschlüssel, den wir uns im Kapitel [3.10.2](#) von einer STRATOS-Anwendung anzeigen ließen. Es ist ein **SuperPro** Schlüssel für die **USB**-Schnittstelle (Form Factor), Nr. **609** (Serial Number hexadezimal), für max. **50** Anwender (Hard Limit), der zurzeit von **3** Anwendern benutzt wird (Licenses In Use). Seit dem Start des Server-Computers „JOSEF-4“ (eigentlich des Sentinel Protection Servers) wurde er höchstens von **3** Anwendern benutzt (Highest Used) und es wurden für ihn keine Time-outs verzeichnet. Wenn wir für diesen Schlüssel in der letzten Spalte das Symbol **[>>]** (Sublicense) anklicken, erhalten wir die Tabelle mit seinen

¹ Ein vom Anwender „händisch“ ausgeführter Befehl zum Übergehen in einen Energiesparmodus wird aber nicht verhindert.

² Oder zumindest den Schlüssel nachher wegziehen und nach einer Weile wieder anschließen.

³ Der Sentinel License Monitor ist ein Java-Applet, für den auf dem Client-Computer folgende Mindestversionen vorhanden sein müssen - Internet Explorer 6.0, Netscape Navigator 4.6, FireFox 1.0, Safari 1.3, etc. als auch die Java 2 Laufumgebung (JRE) 1.6.

⁴ Name oder IP-Adresse des Server-Computers gefolgt von der fixen Portnummer 6002.

zurzeit genutzten Programmlizenzen, wie wir es auf der Abbildung unten sehen. Ein Anwender nutzt den Schlüssel für die Ausführung der STRATOS-Anwendung mit dem Kode¹ 0x3A (Cell Address) und 2 Anwender für die mit dem Kode 0x38. Gleichzeitig sehen wir, dass damit die Lizenzkapazitäten ausgeschöpft wurden (Limit).

Sublicense Usage Information for the Key		
Serial Number: 0x0000261		
Following are the sublicense details of each license available with key.		
Cell Address	Number in Use	Limit
0x3A	1	1
0x38	2	2

Abbildung 3.9: Genutzte Programmlizenzen an einem Netzwerkschlüssel

Wenn wir für diesen Schlüssel in der ersten Spalte seine Reihennummer (Keys#) anklicken, erhalten wir weitere Informationen über seine Nutzung. Die schon vorher angezeigten 3 Anwender sind Iris, Helena und Josef. Iris sitzt am Client-Computer „CAD-IL“ und führt 2 STRATOS-Anwendungen aus. Helena und Josef arbeiten beide auf dem Server-Computer „JOSEF-4“ (...LOCAL). Helena führt 2, Josef eine STRATOS-Anwendung aus. In der vorigen Tabelle in der [Abbildung 3.9](#) wurden insgesamt aber nur 3 Programmlizenzen verbraucht. Wenn ein Anwender mehrmals die gleiche Anwendung startet, braucht er dafür nur eine Lizenz – Iris und Helena haben offensichtlich zweimal die gleiche Anwendung gestartet.

License Usage for the Key				
Serial Number: 0x0000261				
Following are the usage details of each license available with key.				
Cancel	Client/Access Mode	User Name	Client Login Time	Client Process ID
<input type="checkbox"/>	CAD-IL	iris	3/30/2011 16:4:48	4828
<input type="checkbox"/>	RNBO_SPN_LOCAL	Helena	3/30/2011 15:59:40	828
<input type="checkbox"/>	RNBO_SPN_LOCAL	Helena	3/30/2011 15:59:18	6424
<input type="checkbox"/>	RNBO_SPN_LOCAL	Josef	3/30/2011 15:58:24	4332
<input type="checkbox"/>	CAD-IL	iris	3/30/2011 15:57:54	5356

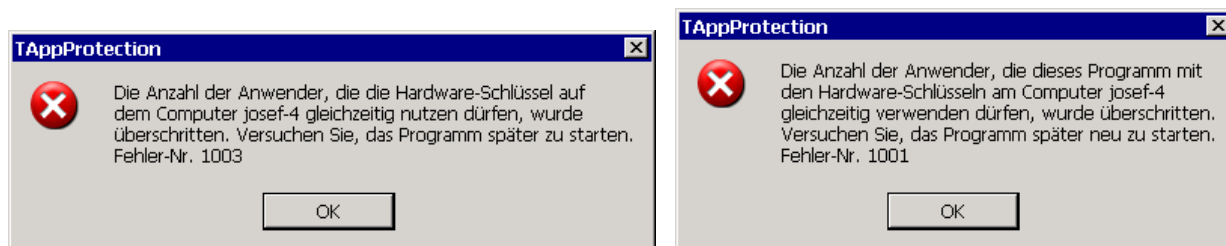
Abbildung 3.10: Anwendungen, die die Lizenzen an einem Netzwerkschlüssel zurzeit benutzen

Um welche Anwendung es sich dabei handelt, brauchen wir nur in seltenen Fällen zu wissen, wenn wir Ihr z.B. gewaltsam die **Lauflizenz wegnehmen** wollen. Am einfachsten orientieren wir uns nach dem Anwendernamen (User name) oder zusätzlich nach der Anwendungs-Startzeit (Client Login Time) oder der Prozess-ID² (Client Process ID). Nach einem Programmabsturz wird seine Lauflizenz nicht sofort frei. Es kann aber höchstens ca. **3 min** dauern, bis sie von dem Sentinel Protection Server automatisch **freigegeben** wird. Wenn man nicht warten möchte, das Programm vom Computer blockiert wird, etc. kann man die **Lizenzfreigabe** folgendermaßen **erzwingen**:

In der ersten Spalte der Tabelle auf der [Abbildung 3.10](#) kreuzen wir das Kontrollkästchen der jeweiligen Anwendung an und klicken unten die Schaltfläche **Cancel License Session** an. Es erscheint ein Dialogfeld, wo wir ein Passwort³ eingeben und schließen es mit ab.

3.10.4. Häufigste Meldungen bei Ablehnung einer Netzwerklizenz

Wenn wir eine STRATOS-Anwendung mit einem Netzwerkschlüssel starten, kann es passieren, dass der Schlüssel oder die Anwendung bereits von mehr Anwendern benutzt wird, als es möglich bzw. erlaubt ist, wie unten die zwei Meldungen darstellen. Bei der ersten Meldung wurde die Schlüssel- bei der zweiten die Programmlizenz-Kapazität überschritten.



¹ Die Hexadezimalcodes 0x38, 0x39 und 0x3A entsprechen den Anwendungen STRATOS-Träger, -Platte und -Stütze.

² Die Anwendung kann man durch die Prozess-ID im Windows Task-Manager identifizieren.

³ Das Passwort muss der Administrator mit dem Dienstprogramm „PwdGenUtility“ bestimmen. Dieses Programm befindet sich im Ordner „C:\Programme\Gemeinsame Dateien\SafeNet Sentinel\Sentinel Protection Server\WinNT\PwdGenUtility.exe“.

4. Literaturverzeichnis

- [1] STRATOS-Träger, Berechnungsgrundlagen, Rev. 6.00-01.
- [2] EN 1990, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung, Ausgabe April 2002
- [3] ÖNORM B 1990-1, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung, Teil 1: Hochbau, Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1990 Anhang A1:2003
- [4] EN 1992-1-1, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau, Ausgabe Dezember 2004
- [5] ÖNORM B 1992-1-1, Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 19 92-1-1, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen, Ausgabe Februar 2007
- [6] EN 1998-1, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, Ausgabe: 2005-06-01
- [7] ÖNORM B 1998-1, Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1998-1 und nationale Erläuterungen, Ausgabe: 2006-07-01
- [8] DIN 1045-1, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion Ausgabe Juli 2001
- [9] ÖNORM B 4700, Stahlbetontragwerke - EUROCODE-nahe Berechnung, Bemessung und konstruktive Durchbildung. Ausgabe 2001-06-01
- [10] ÖNORM B 4702, Straßenbrücken aus Beton und Stahlbeton, Berechnung und konstruktive Durchbildung, Ausgabe: 2000-02-01
- [11] ÖNORM B 4710-1, Beton Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis. Ausgabe 2002-01-01
- [12] EN ISO 4066 Construction drawings - Bar scheduling (1994)
- [13] DAfStb, Heft 240 Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgrößen und Formänderungen von Stahlbetontragwerken“, Beuth 1991
- [14] DAfStb, Heft 399 „Das Bewehren von Stahlbetonbauteilen“, Beuth 1992
- [15] DAfStb, Heft 430 „Standardisierte Nachweise von häufigen D-Bereichen“, Beuth 1992
- [16] DAfStb, Heft 459 „Bemessen von Stahlbetonbalken und -wandscheiben mit Öffnungen“, Beuth 1996
- [17] DAfStb, Heft 525 „Erläuterungen zu DIN 1045-1“, Beuth 2003
- [18] ISO 4356, Basis for the design of structures - Deformations of buildings at the serviceability limit state, 1977
- [19] J. Schleich, K. Schäfer: „Konstruieren im Stahlbeton“, Betonkalender 1998, Teil II, Ernst & Sohn
- [20] K-H. Reineck: „Modellierung der D-Bereiche von Fertigteilen“, Betonkalender 2005, Teil 2, Ernst & Sohn
- [21] V. Sigrist, P. Marti: „Versuche zum Verformungsvermögen von Stahlbetonträgern“, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, IBK Bericht Nr. 202, Nov. 1993, 90 pp.
- [22] J. Jaccoud, R. Favre: „Flèche des Structures en Béton Armé – Vérification Experimentale d’une Méthode de Calcul“, Annales de l’institut technique du bâtiment et des travaux publics, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Série: Béton 208, 1982