

bureau-schmid, Augartenstr. 51, 76137 Karlsruhe

SIHGA GmbH

A-4694 Ohlsdorf

Anprall an Holzstütze mit SIHGA® Stützenfuß Herkulix® KI 200

Karlsruhe, 14.12.17

1 Einwirkung Anprall

Ein Anprall eines Fahrzeuges stellt eine sehr komplexe, dynamische Einwirkung dar, bei der die Masse und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs, sowie das Verformungs- und Dämpfungsverhalten des Fahrzeugs und der Stütze zu berücksichtigen sind [1]. Eurocode 1991-1-7 gibt dennoch, um eine einfachere Bemessung zu ermöglichen, äquivalente statische Einwirkungen an mit denen eine Bemessung ohne genauere Berücksichtigung dynamischer Effekte erfolgen kann.

Diese äquivalente statische Last für den Anprall eines Fahrzeuges an eine Carport Stütze wird in DIN EN 1991-1-7/NA für PKW mit $G \leq 30 \text{ kN}$ mit $A_d = 10 \text{ kN}$ angegeben.

Diese Einwirkung wird ebenfalls in [2] in Anlehnung an Anhang B der EN 1991-1-1 hergeleitet. Bei der Herleitung in [2] wurde eine Masse des Fahrzeuges von $m = 1500 \text{ kg}$, eine Geschwindigkeit von $v = 5 \text{ km/h}$ und eine plastische Verformung des Fahrzeuges und des Tragwerkes von $\delta_b + \delta_c = 100 \text{ mm}$ angenommen. Die Höhe der Anpralllast über der OK der Fahrbahn beträgt nach Anhang B der EN 1991-1-1 $h = 375 \text{ mm}$.

Nach EC 0 (EN 1990) werden Anpralllasten als außergewöhnliche Einwirkung angesehen. Die Einwirkungskombination nach Abs. 6.4.3.3 des EC 0 lautet $\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_d + (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$.

Der EC 0 lässt offen, ob die weiteren Einwirkungen als häufige (ψ_1) oder quasi-ständige (ψ_2) Kombination abgebildet werden. Schließlich fordert der EC 0 die Untersuchung von zwei Situationen:

1. eine Kombination bei der eine außergewöhnliche Einwirkung infolge Anprall vorhanden ist
2. eine Kombination, die die Situation nach dem Anprall beschreibt $A_d = 0$.

Die 2. Situation kann hier nicht weiter untersucht werden, da hierzu die Verformung und Schädigung nach dem Anprall erfasst werden müssten, eine Bemessung des verformten Systems wäre erforderlich. Um die unplanmäßige Biegebeanspruchung des ausgelenkten verformten Stützenfußes zu beschränken, darf die Druckbeanspruchung bei dieser außergewöhnlichen Einwirkungskombination 50 kN nicht überschreiten $N_{c,Ad} \leq 50 \text{ kN}$. In der Regel wird eine Sanierung mit einem neuen Stützenfuß erfolgen.

Für die außergewöhnliche Einwirkung „Anprall“ kann der Bemessungswiderstand von Bauteilen nach EC 5 für die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „sehr kurz“ und mit einem Teilsicherheitsbeiwert für die Materialeigenschaften $\gamma_M = 1,0$ ermittelt werden. Bei Bauteilen die nach EC 3 (Stahlbau) bemessen werden, gilt für außergewöhnliche Bemessungssituationen $\gamma_{M,1} = 1,0$ und $\gamma_{M,2} = 1,15$.

2 Schnittgrößen infolge eines Anpralls

Eine genaue Berechnung der Schnittgrößen ist nur unter Berücksichtigung der Geometrie des Carports und der Einwirkungen infolge Eigen-, Schnee- und Windlast möglich. Nach der oben dargestellten Einwirkungskombination sind diese Einwirkungen mit $\gamma_G = 1, \gamma_Q = 1$ zu berücksichtigen. Der Kombinationsbeiwert für die Schneelast (Bauort auf einer Höhe $< 1000 \text{ m üNN}$) und die Windlast ist

$\psi_2 = 0$, bei Bildung der häufigen Kombination $\psi_1 = 0,2$. Die Normalkraft bei einer üblichen Carport-Konstruktion, ohne eine hohe Beanspruchung durch Eigenlast, kann daher bei den Nachweisen des Abschnittes 3 vernachlässigt werden. Dies folgt aus den Regelungen des EC3 für Interaktionsnachweise für Querschnittsklasse 1 (Standrohr) und aus der entlastenden Wirkung einer Drucknormalkraft für die Momentenbeanspruchung der Verbindung Holzstütze-Kopfplatte/IdeFix (Abschnitt 3.1). Ist eine hohe, ständige Druckbeanspruchung des Stützenfußes vorhanden, ist eine genauere Bemessung erforderlich.

Das mechanische System ist in Abbildung 1 dargestellt. Konservativ wird eine Drehsteifigkeit des Anschlusses der Stütze an die Kopfplatte mit dem IdeFix Verbinder angenommen. Würde dieser Anschluss als gelenkiges Auflager dargestellt, würde die Verbindung Stütze-Stützenfuß lediglich durch die Querkraft $V_d = A_d = 10 \text{ kN}$ beansprucht und der Stützenfuß durch ein geringeres Moment beansprucht werden. Das Moment infolge der Drehsteifigkeit des Anschlusses im Bereich der Kopfplatte wird zu $M_{Ad,Kopf} = A_d \cdot 175 \text{ mm} \cdot 1/2 = 0,875 \text{ kNm}$ angenommen.

Das Moment an der Fußplatte folgt zu $M_{Ad,Fuß} = A_d \cdot 200 \text{ mm} + 0,875 \text{ kNm} = 2,875 \text{ kNm}$

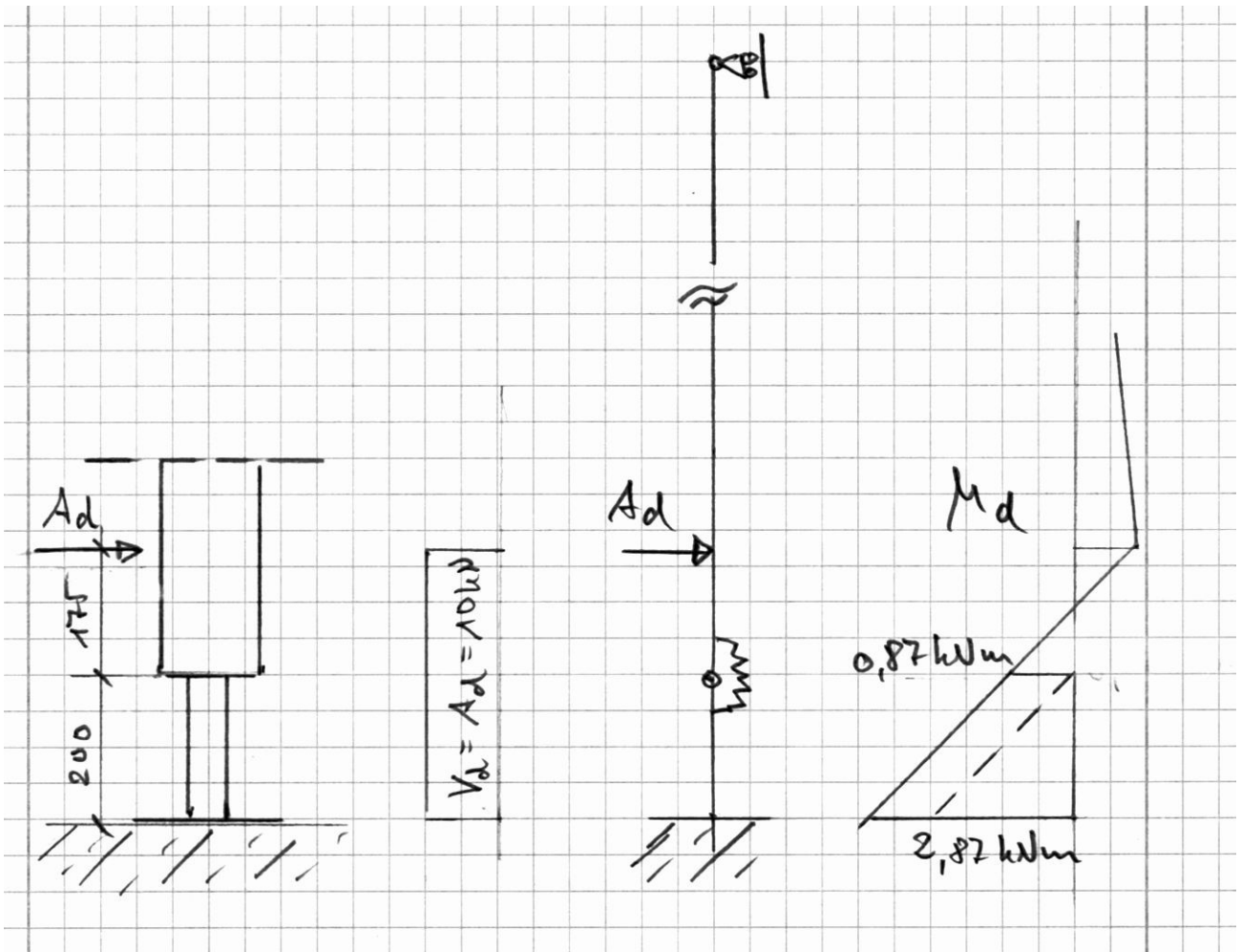
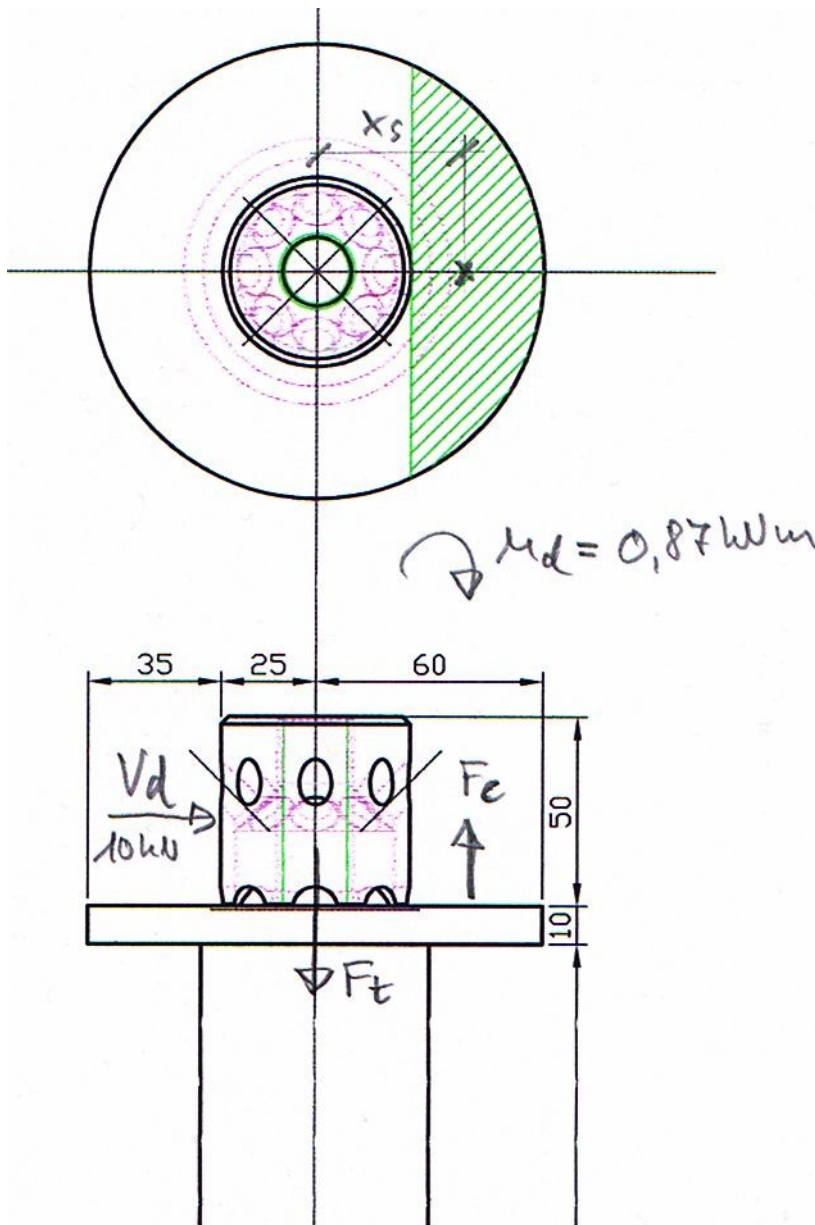


Abbildung 1: Modell zur Schnittgrößenermittlung

3 Bemessung des Herkulix® KI 200 für Anprall

3.1 Beanspruchung der Verbindung zwischen Holzstütze und Herkulix® KI 200 im Bereich der Kopfplatte durch ein Moment und eine Querkraft



Nach den Annahmen des Abschnittes 2 wird der Anschluss der Holzstütze an den Stützenfuß durch ein Moment $M_d = 0,87 \text{ kNm}$ und eine Querkraft $V_d = 10 \text{ kN}$ beansprucht. Das Moment wird in ein Kräftepaar zerlegt, das als Druckkraft

$$F_c = M_d / x_s = 0,87 \text{ kNm} / 0,039 \text{ m} = 22,3 \text{ kN}$$

auf die Kopfplatte wirkt und eine Druckspannung auf das Hirnholz

$$\text{von } \sigma_{c,0,d} = \frac{22,3 \cdot 10^3 \text{ N}}{2747 \text{ mm}^2} \text{ erzeugt.} \\ = 8,12 \text{ N/mm}^2$$

Die Druckfestigkeit für Holz der Festigkeitsklasse C24 beträgt für die außergewöhnliche Einwirkungskombination unter Annahme einer Nutzungsklasse 2 mit

$$k_{mod} = 1,1; \gamma_M = 1,0$$

$$f_{c,0,Ad} = \frac{1,1}{1,0} \cdot 23,1 \text{ N/mm}^2 \\ = 18,9 \text{ N/mm}^2$$

Abbildung 2: Beanspruchung Stütze-Kopfbereich

Dieser Nachweis wäre auch bei Annahme der Nutzungsklasse 3 eingehalten.

Die Tragfähigkeit des IdeFix wird nach ETA-14/0160 bemessen. Da der Stützenfuß künftig mit dem IdeFix $\varnothing 40$ mm ausgeführt werden soll, folgen für den IdeFix IF 406

$$F_{t,Ad} = 1,1/1,0 \cdot 29 \text{ kN} = 31,9 \text{ kN} \quad \text{und} \quad R_{V90,Ad} = 1,1/1,0 \cdot 13,0 \text{ kN} = 14,3 \text{ kN} \quad .$$

Der Interaktionsnachweis nach ETA-14/0160 ergibt $\left(\frac{22,3 \text{ kN}}{31,9 \text{ kN}}\right)^2 + \left(\frac{10 \text{ kN}}{14,3 \text{ kN}}\right)^2 = 0,49 + 0,49 = 0,98 \leq 1,0 \quad \checkmark$. Wird der Stützenfuß der Nutzungsklasse 3 zugeordnet ist der IdeFix IF 408 oder 509 einzusetzen. Es folgt dann mit

$$k_{mod} = 0,9 \quad F_{t,Ad} = 0,9/1,0 \cdot 37,9 \text{ kN} = 34,1 \text{ kN} \quad \text{und} \quad R_{V90,Ad} = 0,9/1,0 \cdot 18,8 \text{ kN} = 16,9 \text{ kN} \quad \text{und der}$$

Interaktionsnachweis nach ETA-14/0160 zu $\left(\frac{22,3 \text{ kN}}{34,1 \text{ kN}}\right)^2 + \left(\frac{10 \text{ kN}}{16,9 \text{ kN}}\right)^2 = 0,43 + 0,35 = 0,78 \leq 1,0 \quad \checkmark$.

Die Zuordnung zu einer Nutzungsklasse hängt von der Ausführung der Konstruktion ab. Nutzungsklasse 3 ist bei „der Witterung allseitig ausgesetzten Konstruktionen“ anzuwenden. Dies sollte bei einem überdachten und evtl. verkleideten Carport kaum zu erwarten sein [3]. Die als Einstufung in Nutzungsklasse 3 nach Eurocode 5 genannte Bedingung „allseitig bewittert“ ist recht grob. Bei gehobelten Stützen und ohne überstehende Fußplatte wird das Wasser in der Regel schnell abtropfen, so dass eine Einstufung in Nutzungsklasse 2 vertretbar ist, siehe dazu weitere Bedingungen in [3]. Sollte dagegen häufig Spritzwasser den Stützenfuß treffen, ist die Situation ungünstiger zu bewerten.

3.2 Beanspruchung des Standrohrs des Herkulix® KI 200 durch ein Moment und eine Querkraft

Das Standrohr hat einen Außendurchmesser $d = 60 \text{ mm}$, eine Blechdicke $t = 5,0 \text{ mm}$ und ist aus Baustahl S235 warmgefertigt. Es folgt $d/t = 60/5 = 12$, so dass eine Zuordnung zu Querschnittsklasse 1 nach EC 3 möglich ist. Die Bemessung erfolgt mit den SG nach Abschnitt 2 (elastisch) und plastischen Tragfähigkeiten $M_{pl,Rd} = 3,60 \text{ kNm}$, $V_{pl,Rd} = 75 \text{ kN}$, $N_{pl,Rd} = 204 \text{ kN}$.

Die Tragfähigkeiten bei Querkraft- und Normalkraftbeanspruchung sind im Vergleich mit den zu erwartenden Einwirkungen derart hoch, dass diese SG bei den Nachweisen vernachlässigt werden können. Nur bei ungewöhnlich hohen Normalkraftbeanspruchungen, wie sie bei üblichen Carports nicht zu erwarten sind, wären genauere Untersuchungen nach EC3, dann auch unter Berücksichtigung einer Beulgefahr durchzuführen.

$$\text{Es folgt} \quad \frac{M_d}{M_{pl,Rd}} = \frac{2,87}{3,60} = 0,80 \quad \checkmark .$$

3.3 Beanspruchung der Schweißnaht zwischen Standrohr und Fußplatte des Herkulix® KI 200 durch ein Moment und eine Querkraft

Mit einer Kehlnaht von $a=4\text{ mm}$ stellt die Schweißnaht einen Kreisring dar mit

$$D=60+2\cdot 4=68\text{ mm} \quad , \quad A=\frac{\pi}{4}\cdot(68^2-60^2)=804,2\text{ mm}^2 \quad \text{und}$$

$$W=\frac{\pi}{32\cdot 68}\cdot(68^4-60^4)=12,16\cdot 10^3\text{ mm}^3 \quad . \quad \text{Es folgt}$$

$$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=\frac{M_d}{W\cdot\sqrt{2}}=\frac{2,87\cdot 10^6\text{ Nmm}}{12,16\cdot 10^3\text{ mm}^3\cdot\sqrt{2}}=167\text{ N/mm}^2 \quad , \quad \sigma_{\parallel}=\frac{V_d}{A}=\frac{10\cdot 10^3\text{ N}}{804\text{ mm}^2}=12,4\text{ N/mm}^2 \quad \text{und die}$$

Nachweise zu $\sqrt{167^2+3\cdot(167^2+12,4^2)}=335\text{ N/mm}^2\leq 391\text{ N/mm}^2$ und

$$\sigma_{\perp}=167\text{ N/mm}^2\leq 282\text{ N/mm}^2 \quad \checkmark .$$

3.4 Nachweis des Dübelanschlusses

Die Dübel, die die Fußplatte an die Stahlbetonplatte anschließen, sind nach den Zulassungen der Dübelhersteller zu bemessen, meist bieten die Hersteller hierfür Bemessungshilfen an. Die Nachweisführung ohne solche Bemessungshilfen kann aufwendig sein, da neben dem Abscheren und Herausziehen der Dübel auch Betonausbruch als maßgebender Versagensmechanismus möglich ist. Die einwirkenden Schnittgrößen sind nach Abschnitt 2 ein Moment $M_d=2,87\text{ kNm}$ und eine Querkraft

$V_d=10\text{ kN}$. Nach Möglichkeit und Vorgabe der Zulassung sollte auch hier die günstigere Kombination für außergewöhnliche Einwirkungen gewählt werden.

4 Zusammenfassung

Anpralllasten sind in Eurocode 0 und Eurocode 1-1-7 definiert. Nach diesen Normen und [2] kann bei Carports eine äquivalente statische Horizontallast von $F_{Ad}=10\text{ kN}$, die in einer Höhe von 37,5 cm über der Oberseite der Verkehrsfläche angreift, angenommen werden.

Bei den Nachweisen sind die günstigen Teilsicherheitsbeiwerte für diese außergewöhnliche Einwirkung zu beachten. Der Stützenfuß Herkulix® KI 200 der Firma SIHGA®, Ohlsdorf ist in der Lage diese Beanspruchung abzutragen.

Der Anschluss an die Bodenplatte ist projektbezogen zu bemessen, da die Abmessung und das Material der Bodenplatte und die verwendeten Dübel nicht bekannt sind; hierfür werden sinnvollerweise Bemessungshilfen der Dübelhersteller verwendet.

Nach einem Anprall ist vor Ort zu entscheiden, ob eine vorübergehende Sicherung und ein Austausch der geschädigten Bauteile erforderlich ist.



Anlage 1: Abmessungen und Eigenschaften des Herkulix® KI 200

5 Literatur

- [1] Claus Kunz. Außergewöhnliche Einwirkungen nach DIN-EN 1991-1-7. In: Betonkalender 2012, Wilhelm Ernst&Sohn, Berlin
- [2] DI Kurt Pock. Horizontallasten für Carportstützen. In: <http://www.bemessung.at/wordpress/2015/06/26/anpralllast/>
- [3] Holzschutz - Bauliche Maßnahmen. Holzbau handbuch, Reihe 5, Teil 2, Folge 2. Holzbau Deutschland-Institut e.V., Berlin, 2015.

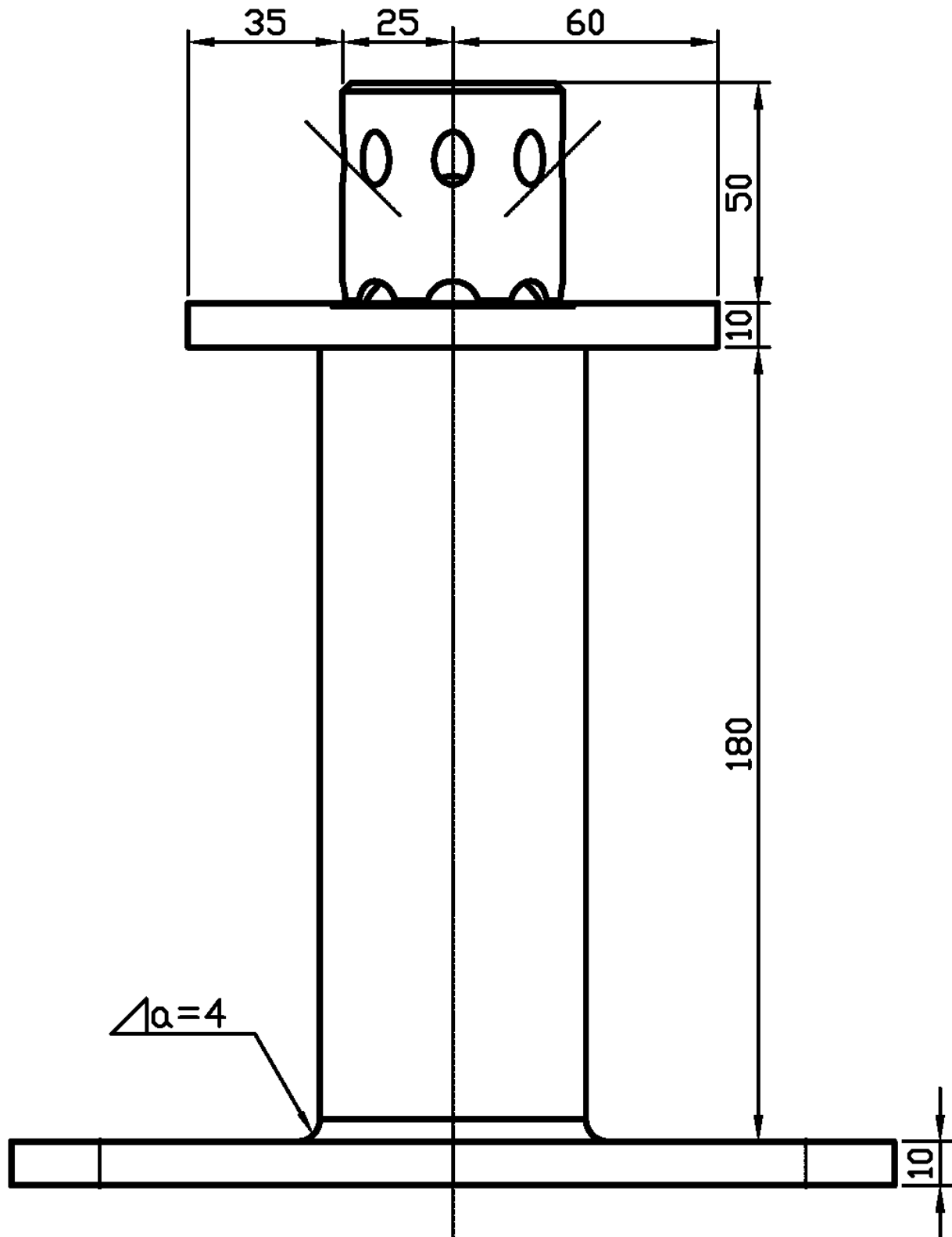


Abbildung 3: Abmessungen Herkulix® KI 200 hier noch mit IdeFix® IF 509 dargestellt

Material außer für IdeFix: S235 mit $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$; $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$. Ausführung nach den Regelungen der ETA-14/0160, EC 3 mit NA und EN 1090