

Tipp 22/03

Gleitwiderstand vorgespannter hochfester Schrauben nach DIN EN 1993-1-8:2010-12 [1] in Verbindung mit DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12 [2]

Der Bemessungswert des Gleitwiderstandes vorgespannter hochfester Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 ist entsprechend [1], Abschnitt 3.9.1 mit Hilfe der folgenden Gleichungen zu ermitteln.

- im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s * n * \mu}{\gamma_{M3}} * F_{p,C}$$

- im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s * n * \mu}{\gamma_{M3,ser}} * F_{p,C}$$

In diesen Gleichungen werden die folgenden Werte berücksichtigt.

- k_s Beiwert für die Art der Schraubenlöcher
- n Anzahl der Reiboberflächen
- μ Reibungszahl
- $F_{p,C}$ Grenzvorspannkraft
- γ_{M3} Teilsicherheitsbeiwert für die Gleitfestigkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Kategorie C)
- $\gamma_{M3,ser}$ Teilsicherheitsbeiwert für die Gleitfestigkeit im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Kategorie B)

Beiwerte für die Art der Schraubenlöcher k_s sind in [1], Tabelle 3.6 angegeben. Diese Beiwerte werden in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Beschreibung	k_s
Schrauben in Löchern mit normalem Lochspiel	1,00
Schrauben in übergroßen Löchern oder in kurzen Langlöchern, deren Längsachse quer zur Krafrichtung liegt	0,85
Schrauben in großen Langlöchern, deren Längsachse quer zur Krafrichtung liegt	0,70
Schrauben in kurzen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Krafrichtung liegt	0,76
Schrauben in großen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Krafrichtung liegt	0,63

Die Anzahl der Reiboberflächen n ergibt sich aus der jeweiligen Konstruktion des konkreten Anschlusses. Für die weiteren Betrachtungen wird die Annahme getroffen, dass $n = 1$ sei. Somit kann der jeweilige Bemessungswert des Gleitwiderstandes des konkreten Anschlusses sehr einfach durch Multiplikation der Anzahl der realen Reiboberflächen mit den nachfolgend bestimmten Bemessungswerten des Gleitwiderstands ermittelt werden.

Die Reibungszahl μ darf [1], Tabelle 3.7 entnommen werden oder ist durch Versuche zu bestimmen. Hier ist jedoch zu beachten, dass für die Bestimmung der Reibungszahl μ durch Versuche ein Anwendbarkeitsnachweis, z.B. eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung, erforderlich ist. Es ist jedoch damit möglich, dass dadurch ansetzbare Reibungszahlen $\mu > 0,50$ erreicht werden können.

Bei der Anwendung der Reibungszahl μ nach [1], Tabelle 3.7 sind die Gleitflächenklasse festzulegen. Die Definition der Gleitflächenklassen an Hand der Oberflächenbehandlung ergibt sich nach [3], Tabelle 18. In der folgenden Tabelle sind diese Angaben zusammengefasst.

Es ist auch zu beachten, dass unabhängig von der Gleitflächenklasse die Kontaktflächen vollständig von Verunreinigungen (z.B. Öl oder Farbresten) und Gratzen befreit sein müssen, damit ein fester Sitz der zu verbindenden Teile gewährleistet wird.

Gleitflächenklassen (GFK)	Oberflächenbehandlung	Reibungszahl μ
A	Oberfläche mit Kugel oder Sand gestrahlt, loser Rost entfernt, nicht körnig	0,5
B	Oberfläche mit Kugel oder Sand gestrahlt a) spritzaluminisiert oder mit zinkbasiertem Produkt spritzverzinkt b) mit Alkali-Zink-Silikat-Anstrich einer Dicke von 50 bis 80 μm	0,4
C	Oberfläche mittels Drahtbürste oder Flammstrahler gereinigt, loser Rost entfernt	0,3
D	Oberfläche im Walzzustand	0,2

Die Grenzvorspannkraft $F_{p,C}$ ist entsprechend [1], Abschnitt 3.9.1(2) mit Hilfe der folgenden Gleichung zu berechnen.

$$F_{p,C} = 0,7 * f_{ub} * A_s$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

f_{ub} Nennwert der Zugfestigkeit der Schraube
 A_s Spannungsquerschnitt der Schraube

Entsprechend [1], Tabelle 3.1 beträgt der Nennwert der Zugfestigkeit $f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$ für Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 und $f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$ für Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9.

Die Spannungsquerschnittsfläche A_s einer Schraube ist kleiner als die Schaftquerschnittsfläche

$A = \frac{\pi * d^2}{4}$ dieser Schraube. Die Spannungsquerschnittsfläche ist wie folgt definiert.

$$A_s = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

d_2 Nennflankendurchmesser der Schraube
 d_3 Nennkerndurchmesser der Schraube

Der Nennflankendurchmesser d_2 wird mit der folgenden Gleichung berechnet.

$$d_2 = d - \frac{3}{4} * t$$

In dieser Gleichung werden die folgenden Werte berücksichtigt.

d Gewinde- bzw. Schaftdurchmesser der Schraube
t Gewindetiefe

Die Gewindetiefe t kann bei einem metrischen Gewinde mit dem einheitlichen Flankenneigungswinkel von 30° - somit einer einheitlichen Gewindeöffnung von 60° - nach der folgenden Gleichung bestimmt werden.

$$t = \frac{P}{2 * \tan(30^\circ)}$$

In dieser Gleichung wird die Gewindesteigung P berücksichtigt, welche [3] entnommen werden kann und in der unten folgenden Tabelle angegeben ist.

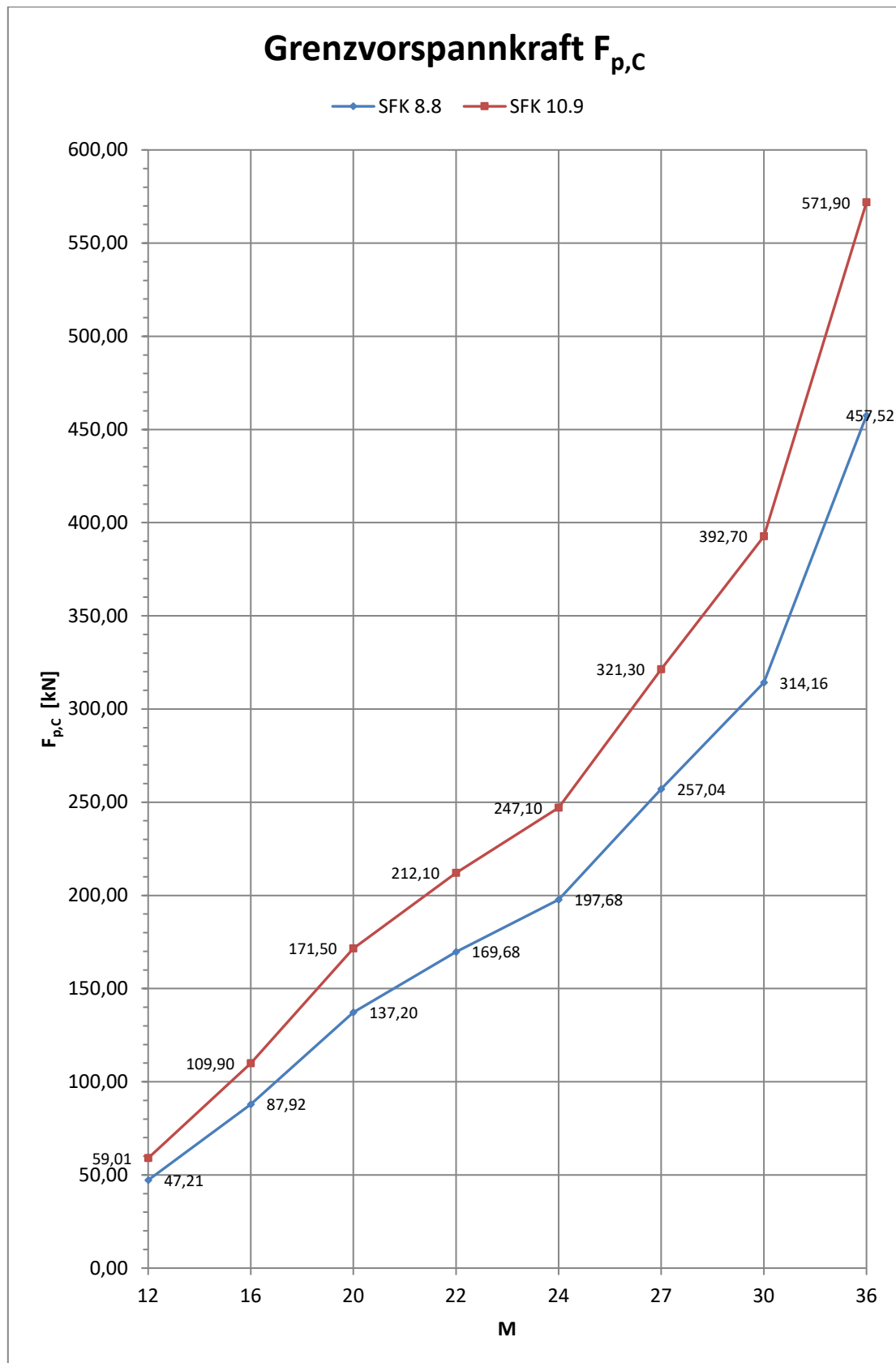
Der Nennkerndurchmesser d_3 wird mit der folgenden Gleichung berechnet.

$$d_3 = d - \frac{17}{12} * t$$

Somit kann die Spannungsquerschnittsfläche A_s berechnet werden. Für die Schrauben nach [4] wurde dies durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Bezeichnung	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Gewindedurchmesser d [mm]	12	16	20	22	24	27	30	36
Gewindesteigung P [mm]	1,75	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
Nennflankendurchmesser d_2 [mm]	10,86	14,70	18,38	20,38	22,05	25,05	27,73	33,40
Nennkerndurchmesser d_3 [mm]	9,85	13,55	16,93	18,93	20,32	23,32	25,71	31,09
Spannungsquerschnittsfläche A_s [mm ²]	84,3	157	245	303	353	459	561	817

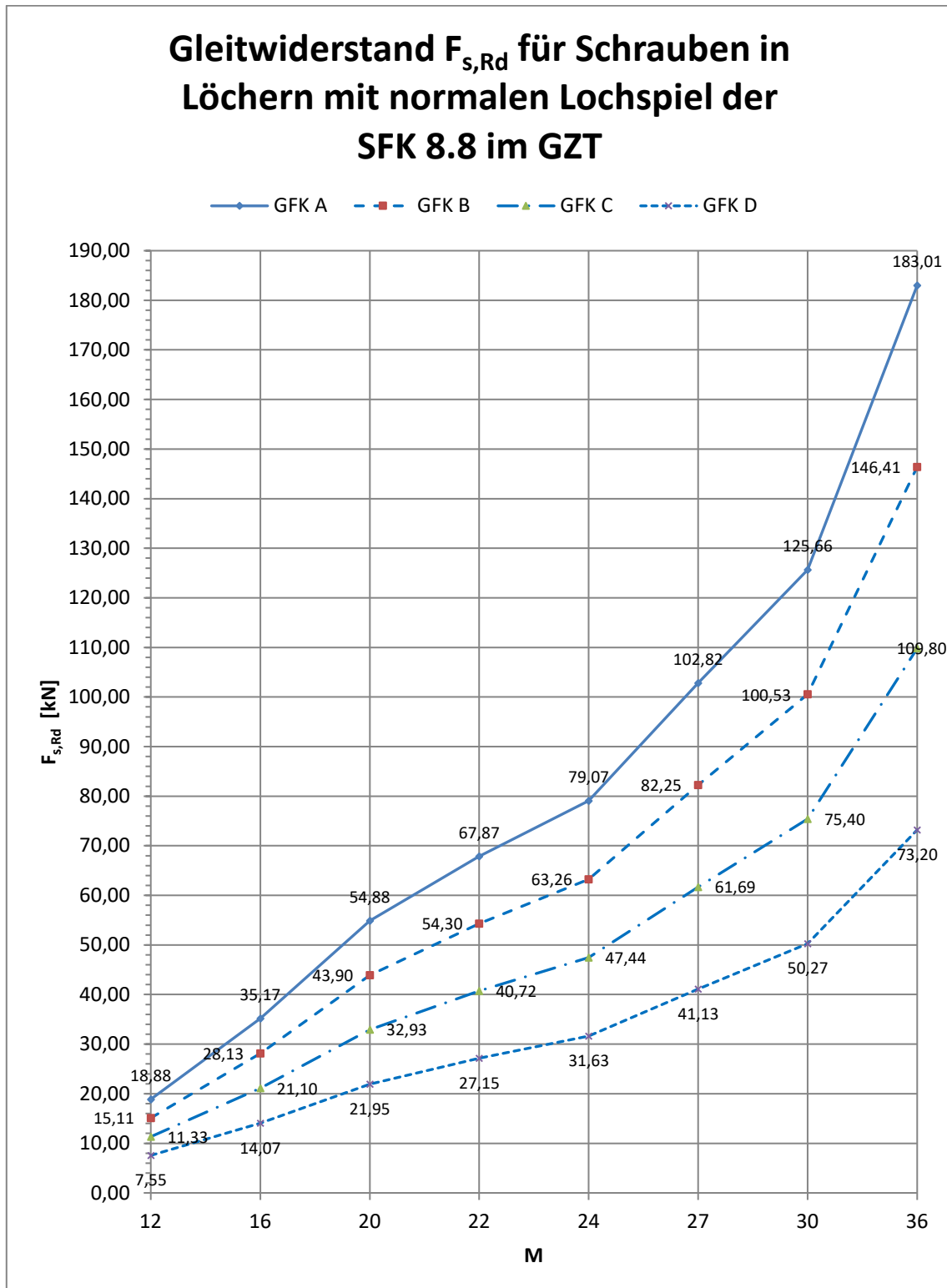
Somit kann die Grenzvorspannkraft $F_{p,C}$ ermittelt werden. Für die Schrauben nach [4] wurde dies durchgeführt. Die Ergebnisse sind in dem folgenden Diagramm dargestellt.



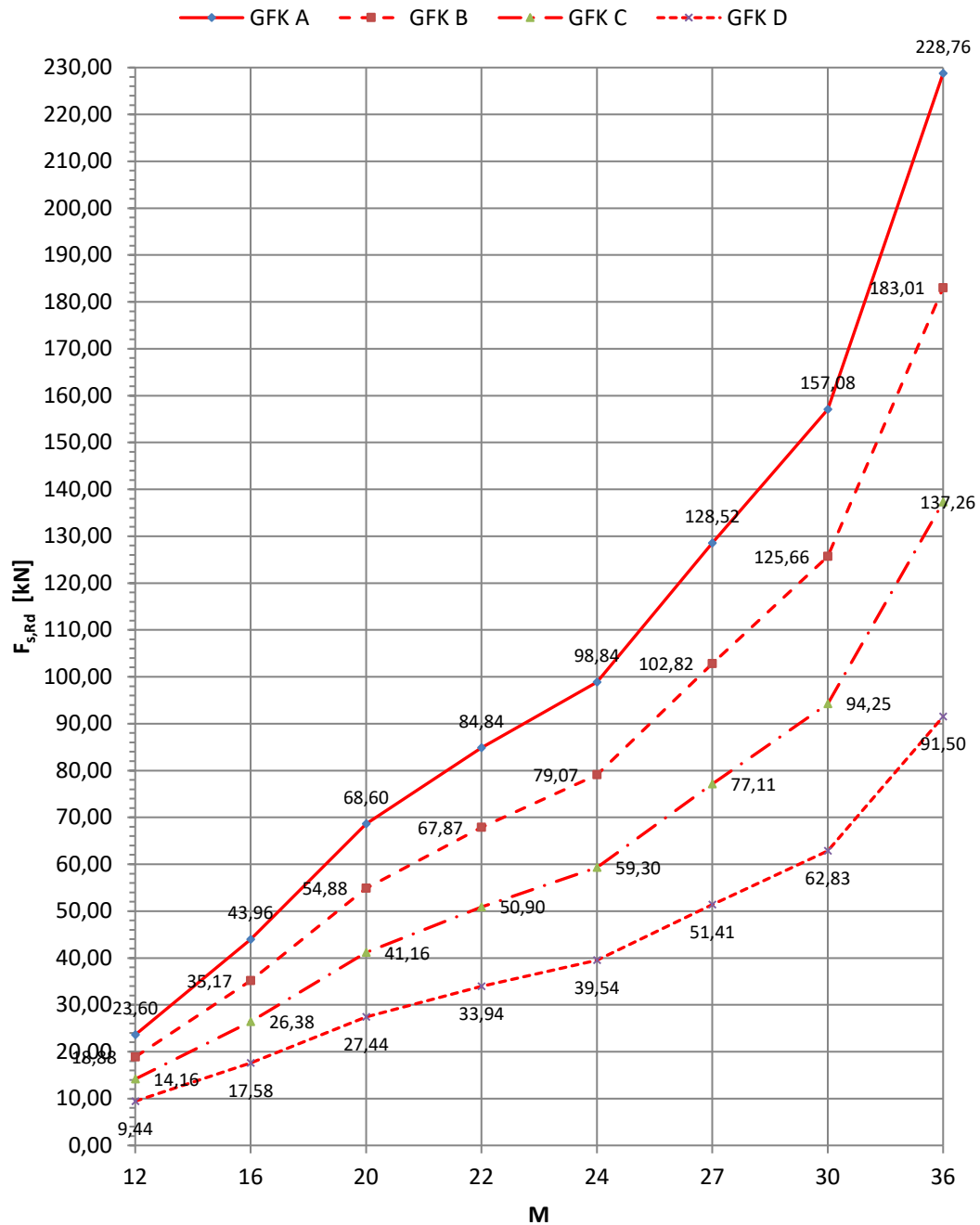
Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{M3} im Grenzzustand der Tragfähigkeit und $\gamma_{M3,ser}$ im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind in [1], Tabelle 2.1 definiert. Da in [2] keine von [1] abweichende Werte festgelegt wurden, ist $\gamma_{M3} = 1,25$ und $\gamma_{M3,ser} = 1,1$ anzusetzen.

Unter Berücksichtigung der obigen Darlegungen, kann der jeweilige Bemessungswert des Gleitwiderstandes $F_{s,Rd}$ bzw. $F_{s,Rd,ser}$ ermittelt werden. Für die Schrauben nach [4] wurde diese Berechnung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den folgenden 20 Diagrammen dargestellt. Die vier Gleitflächenklassen (GFK A bis GFK D) werden jeweils in diesen Diagrammen berücksichtigt.

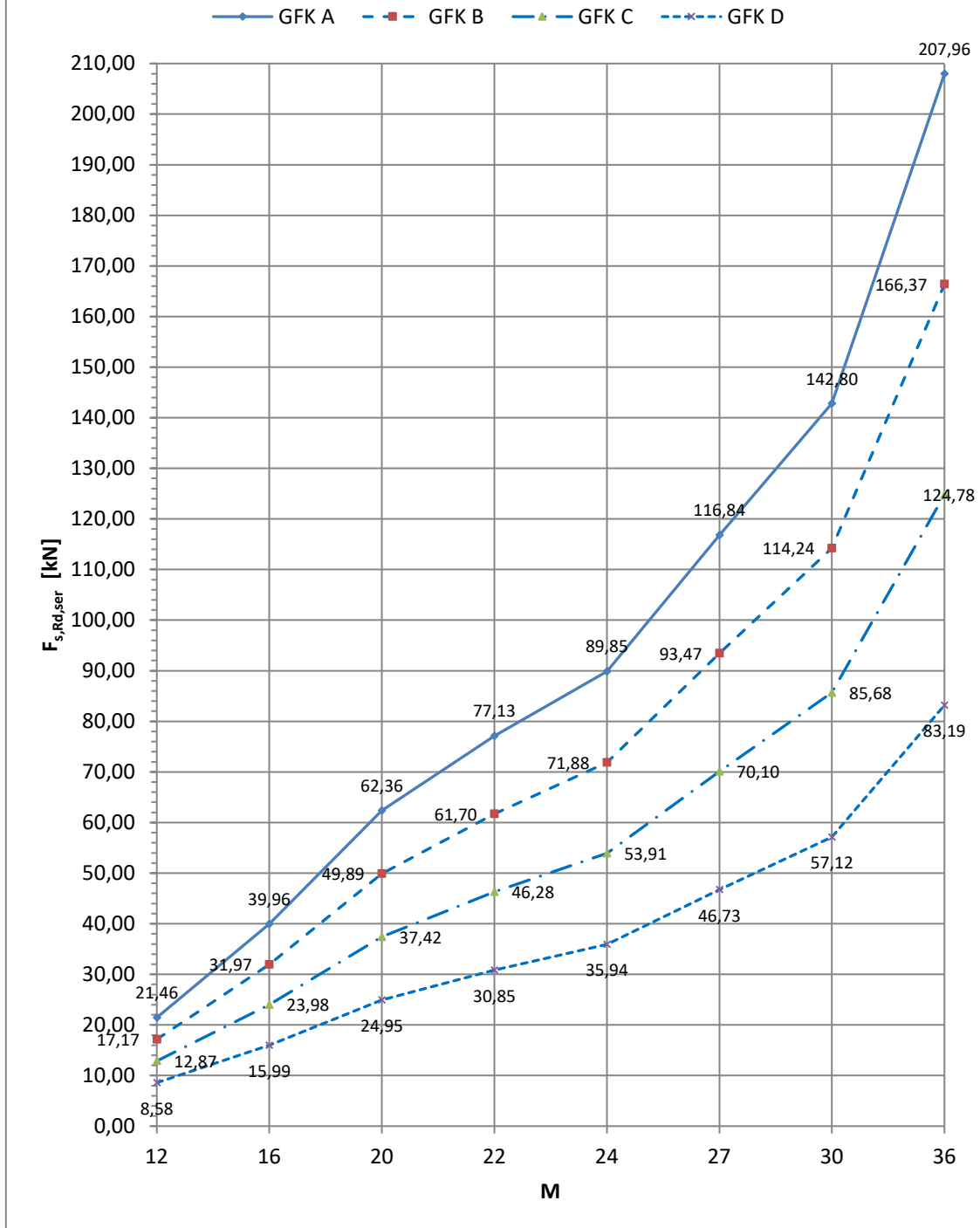
- für Schrauben in Löchern mit normalem Lochspiel



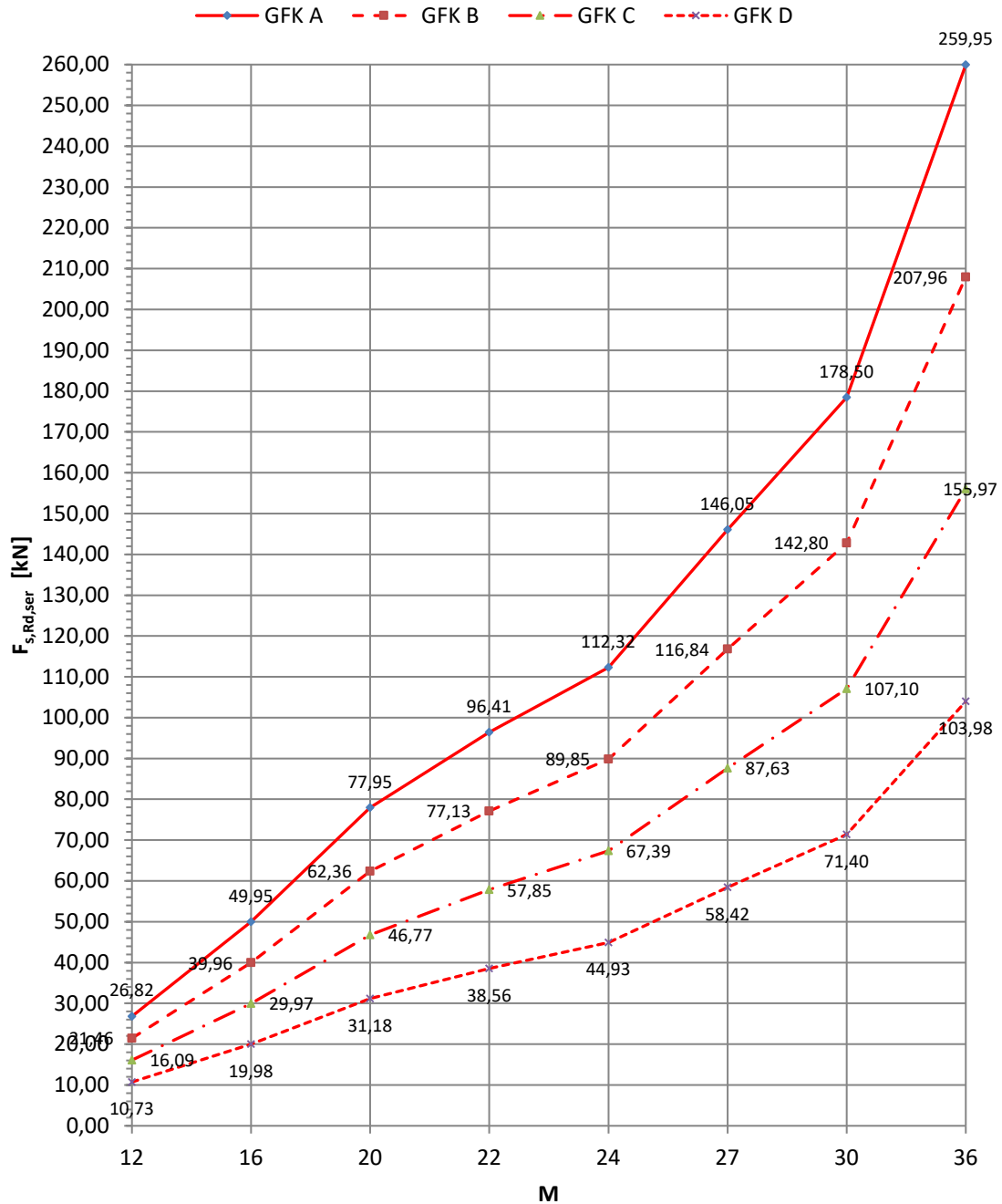
Gleitwiderstand $F_{s,Rd}$ für Schrauben in Löchern mit normalen Lochspiel der SFK 10.9 im GZT



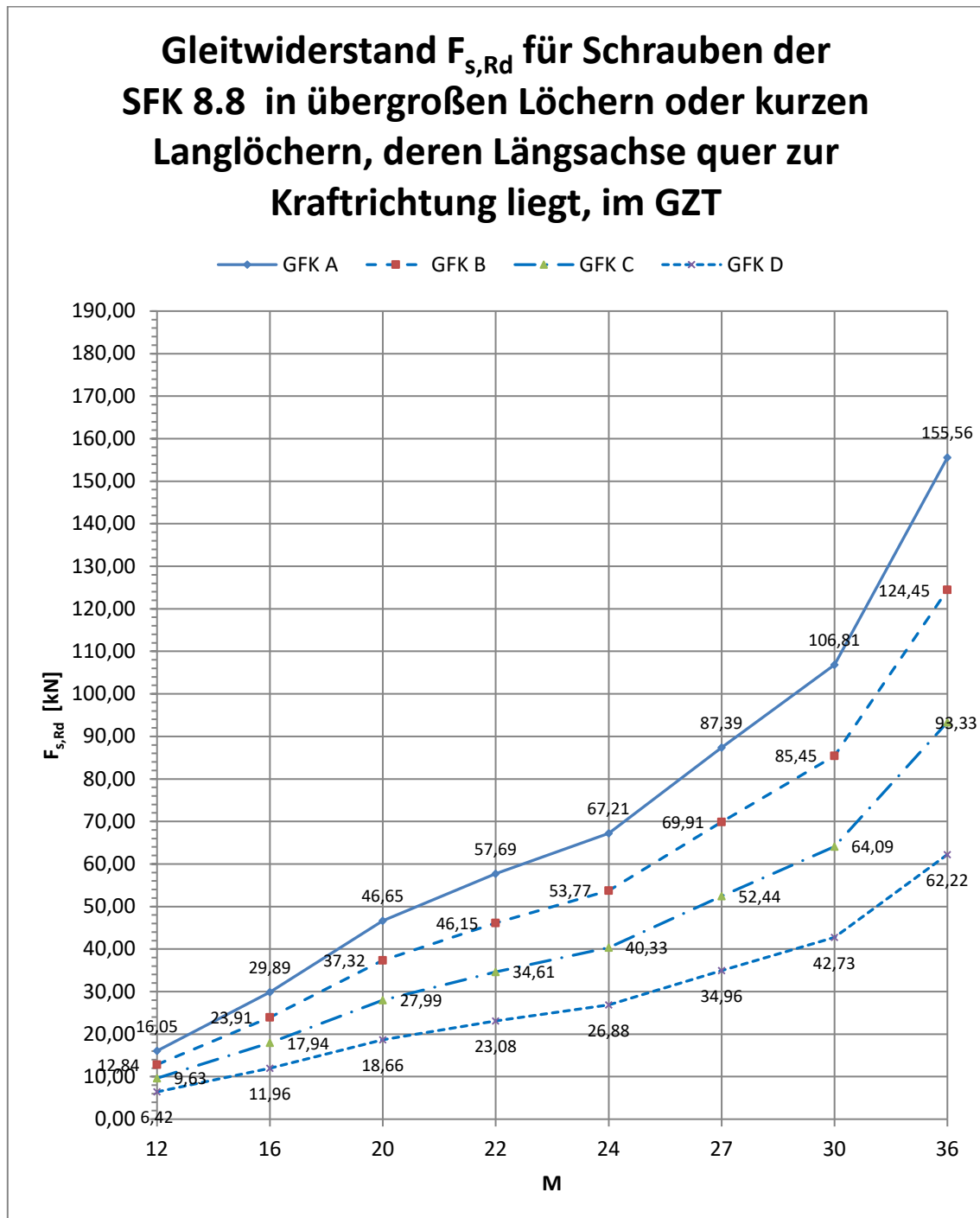
Gleitwiderstand $F_{s,Rd,ser}$ für Schrauben in Löchern mit normalen Lochspiel der SFK 8.8 im GZG



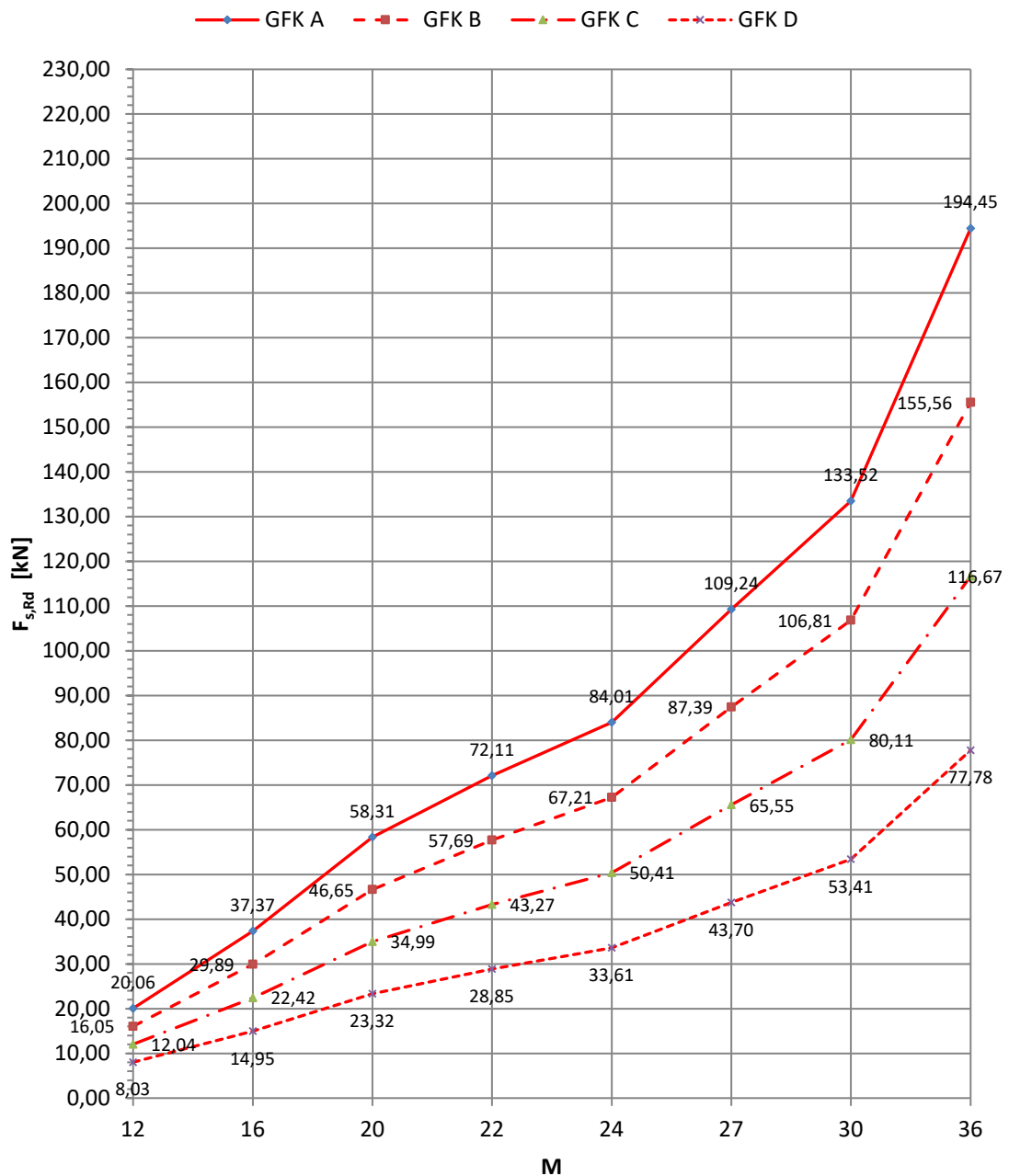
Gleitwiderstand $F_{s,Rd,ser}$ für Schrauben in Löchern mit normalen Lochspiel der SFK 10.9 im GZG



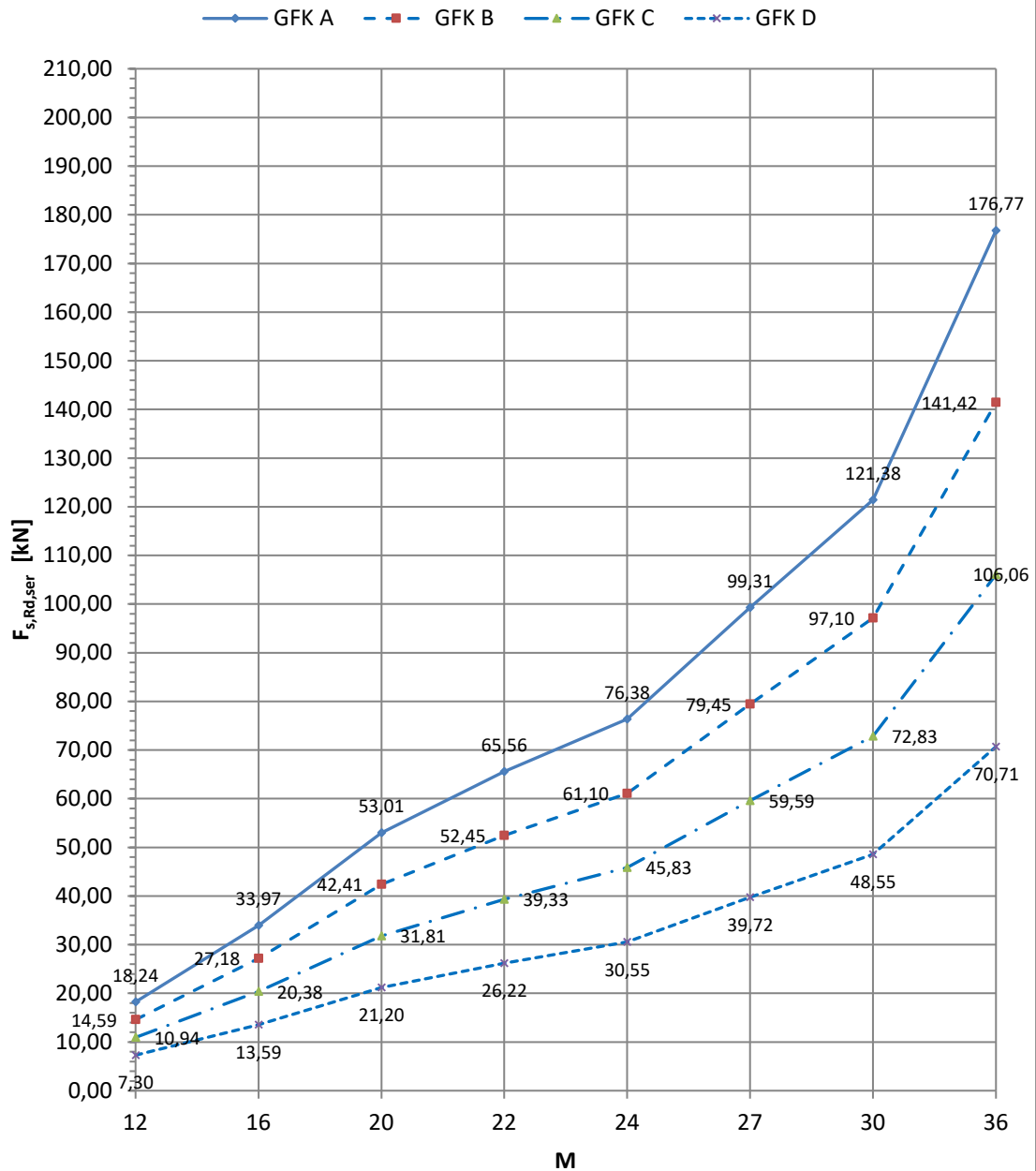
- für Schrauben in übergroßen Löchern oder kurzen Langlöchern, deren Längsachse quer zur Kraftrichtung liegt



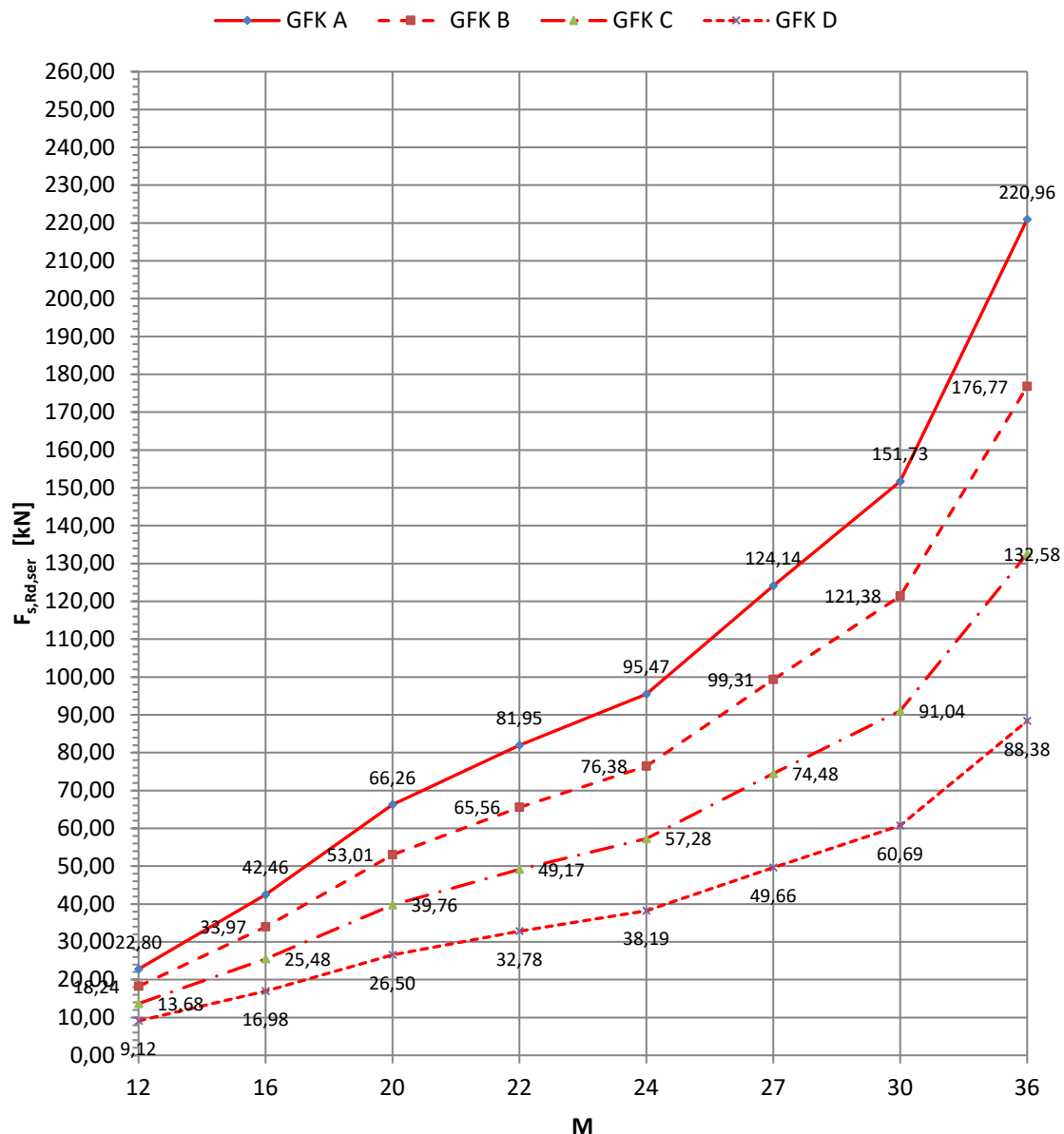
Gleitwiderstand $F_{s,Rd}$ für Schrauben der SFK 10.9 in übergroßen Löchern oder kurzen Langlöchern, deren Längsachse quer zur Kraftrichtung liegt, im GZT



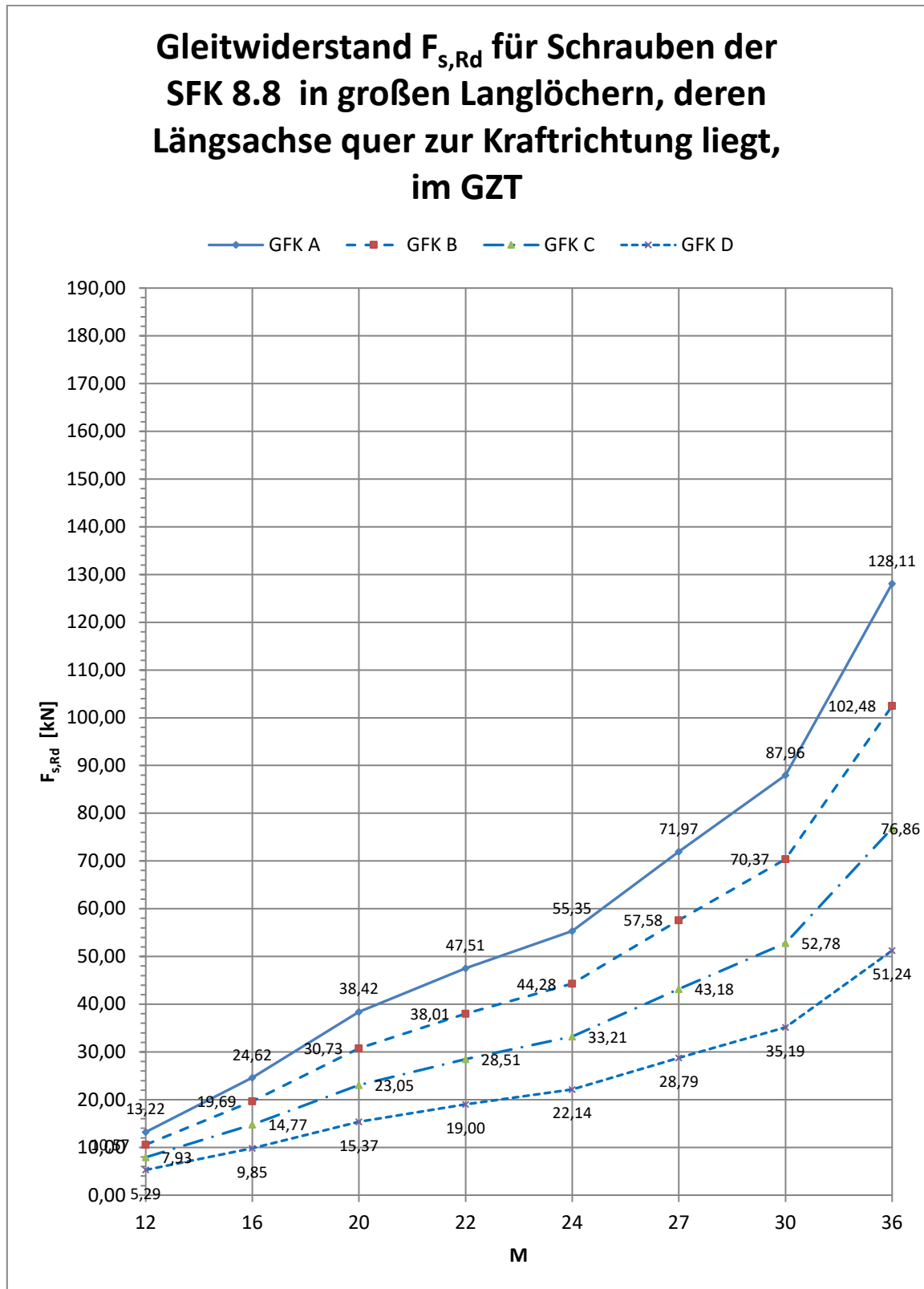
Gleitwiderstand $F_{s,Rd,ser}$ für Schrauben der SFK 8.8 in übergroßen Löchern oder kurzen Langlöchern, deren Längsachse quer zur Kraftrichtung liegt, im GZG



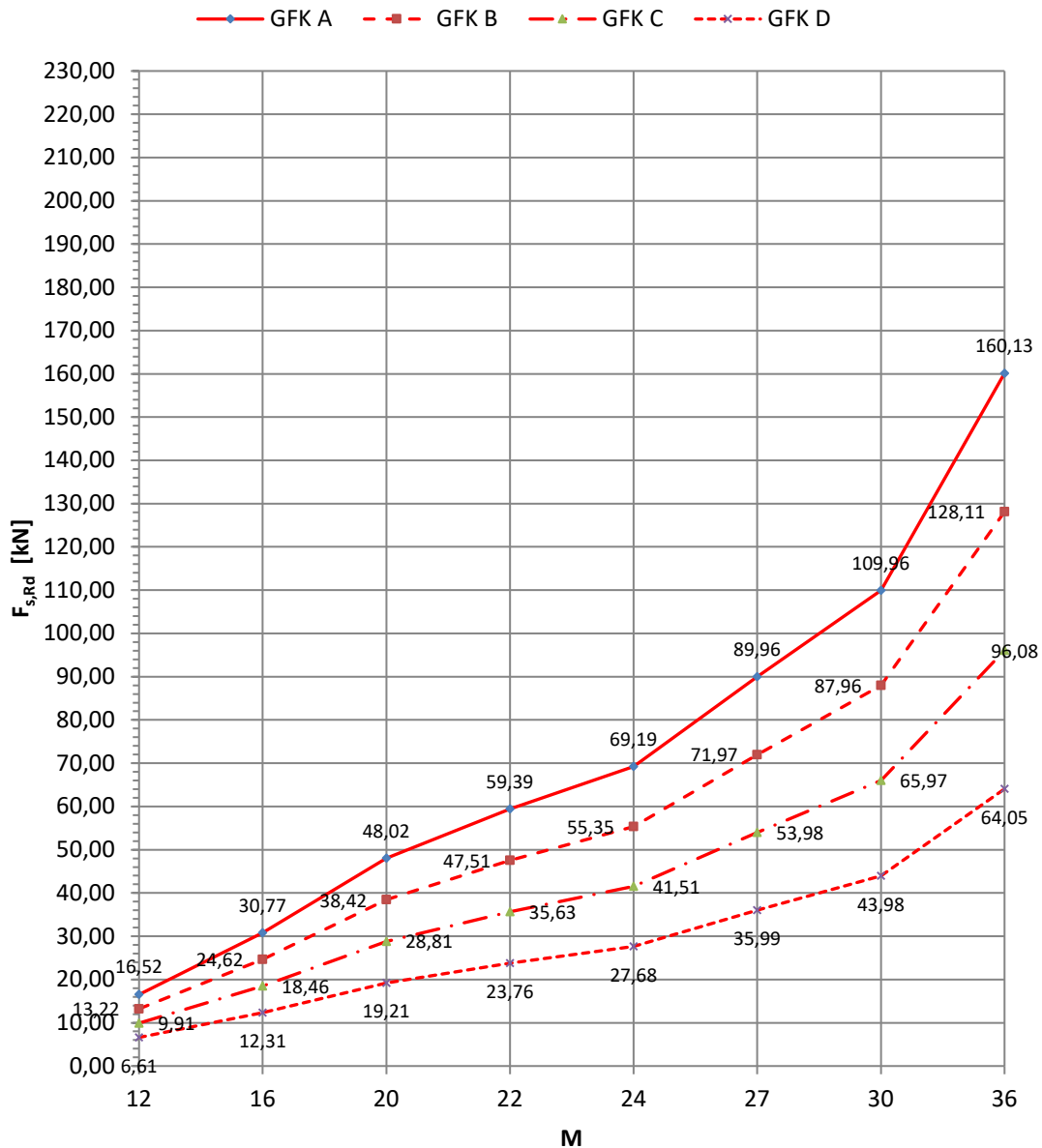
Gleitwiderstand $F_{s,Rd,ser}$ für Schrauben der SFK 10.9 in übergroßen Löchern oder kurzen Langlöchern, deren Längsachse quer zur Kraftrichtung liegt, im GZG



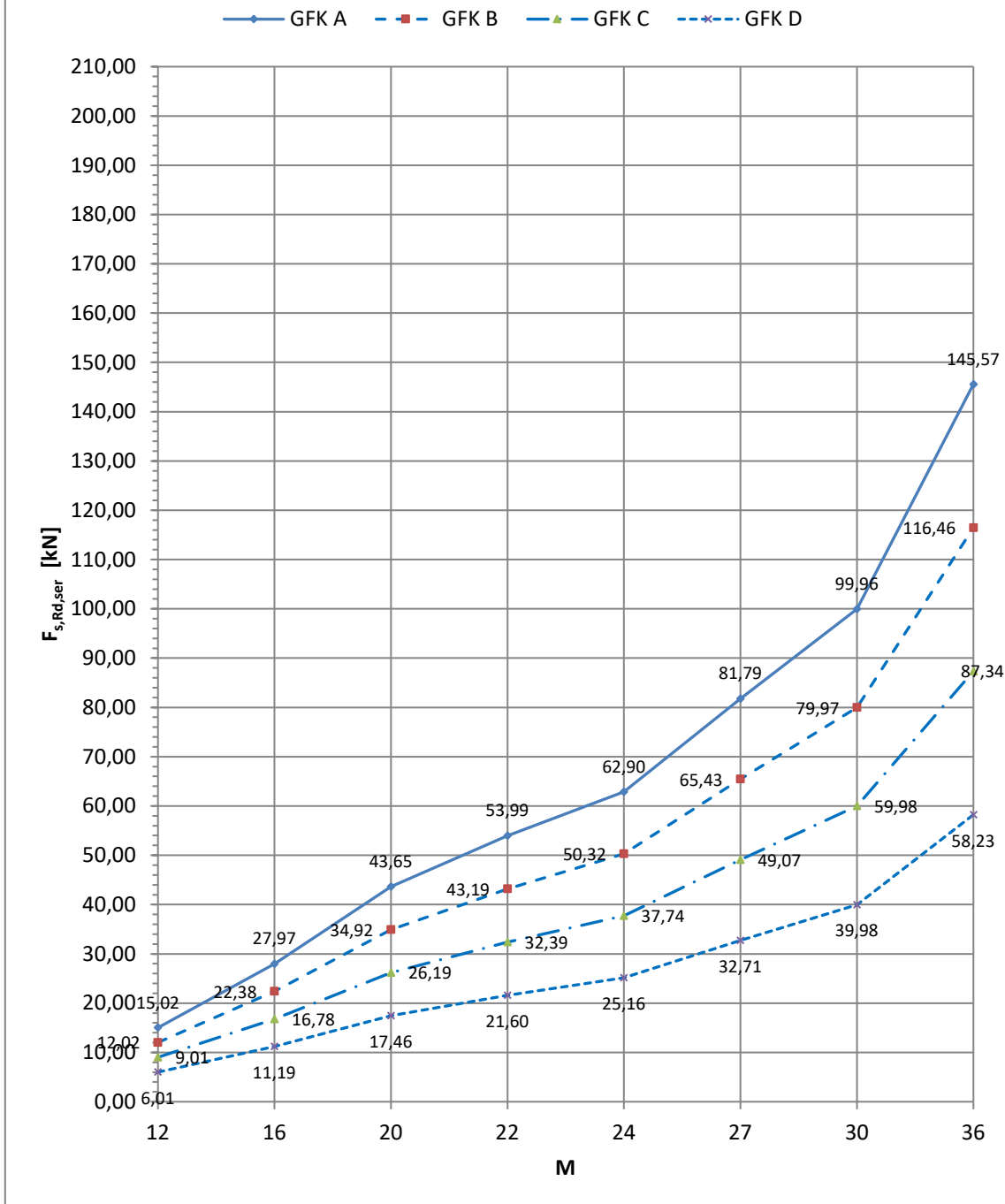
- für Schrauben in großen Langlöchern, deren Längsachse quer zur Krafrichtung liegt



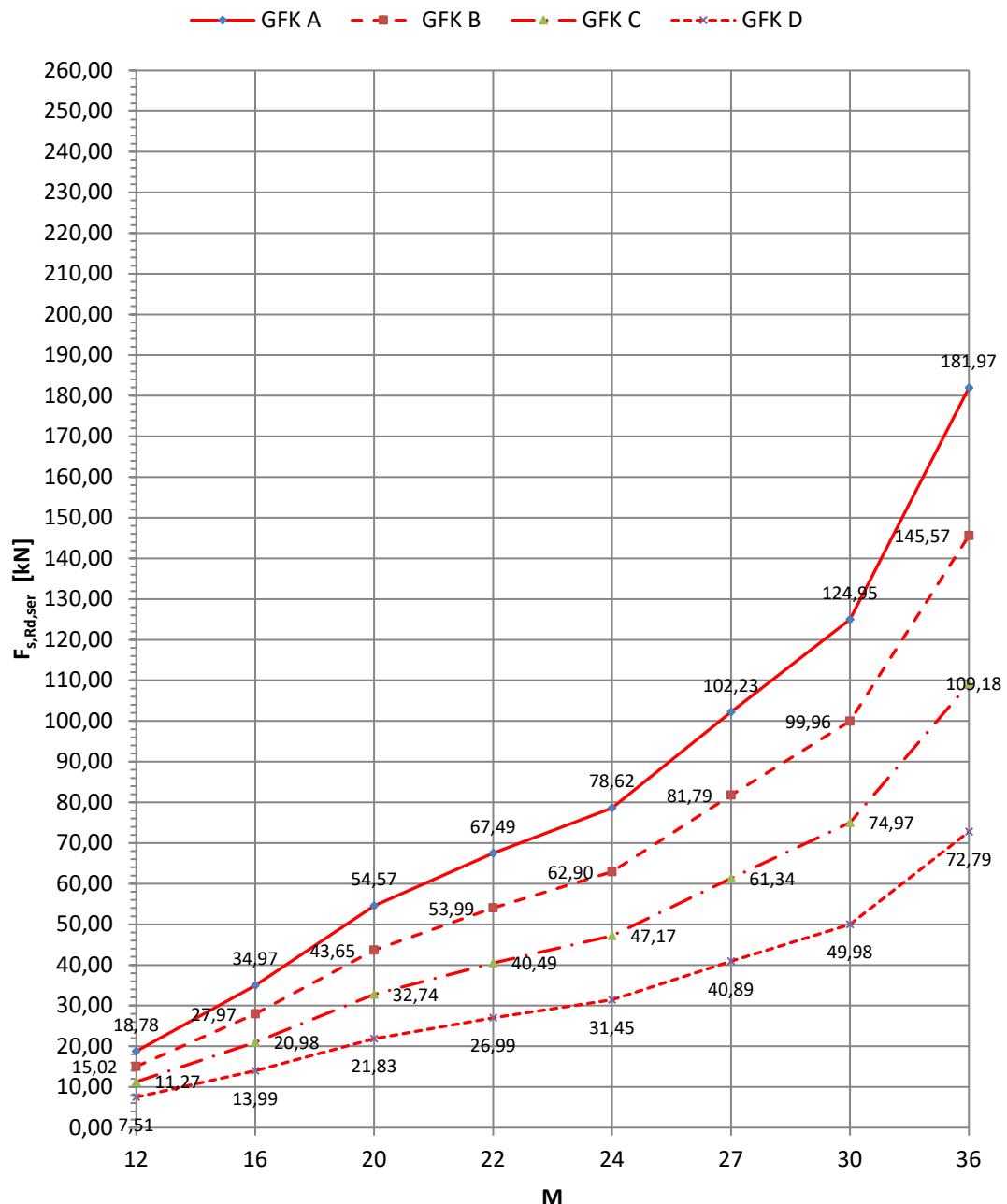
Gleitwiderstand $F_{s,Rd}$ für Schrauben der SFK 10.9 in großen Langlöchern, deren Längsachse quer zur Kraftrichtung liegt, im GZT



Gleitwiderstand $F_{s,Rd,ser}$ für Schrauben der SFK 8.8 in großen Langlöchern, deren Längsachse quer zur Kraftrichtung liegt, im GZG

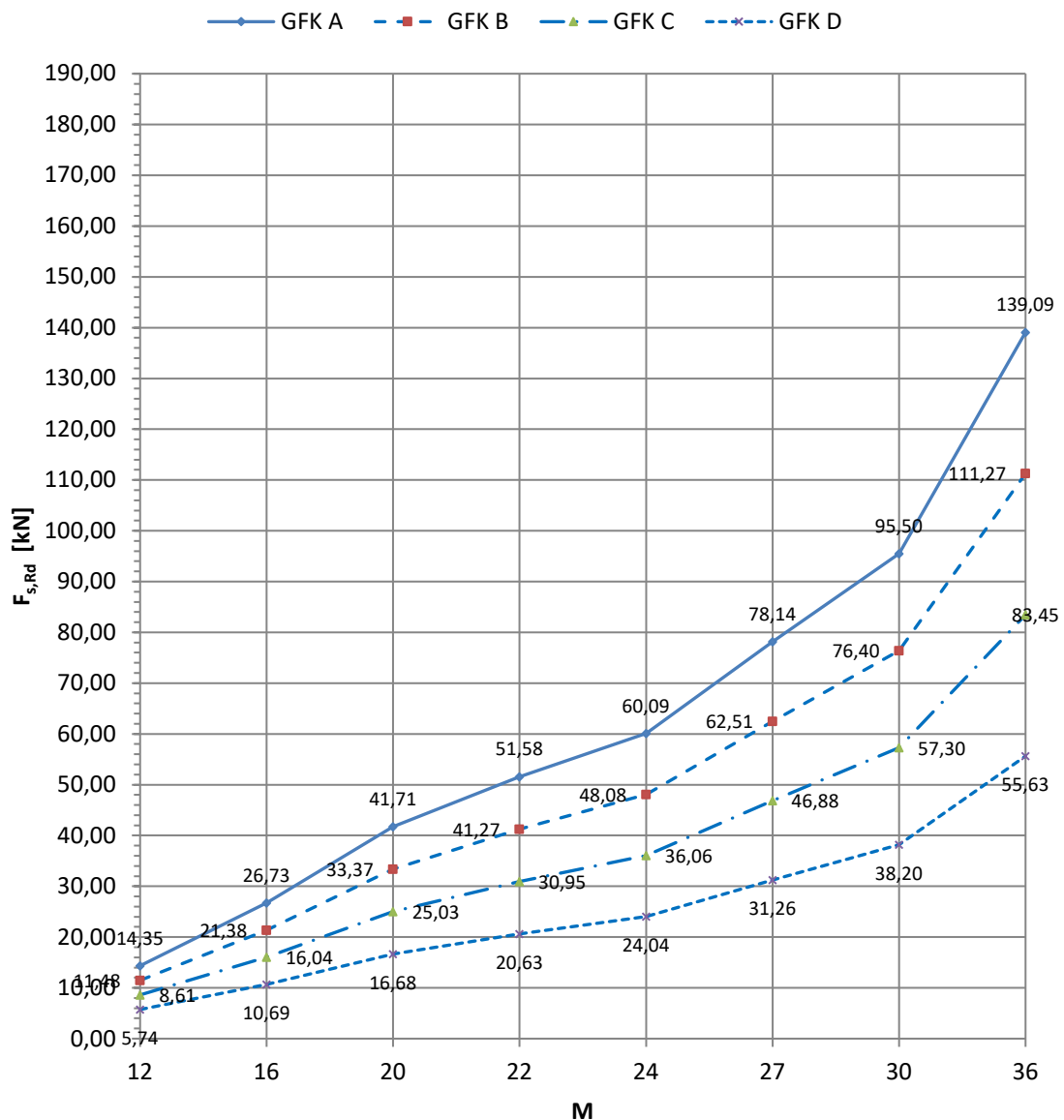


Gleitwiderstand $F_{s,Rd,ser}$ für Schrauben der SFK 10.9 in großen Langlöchern, deren Längsachse quer zur Krafrichtung liegt, im GZG

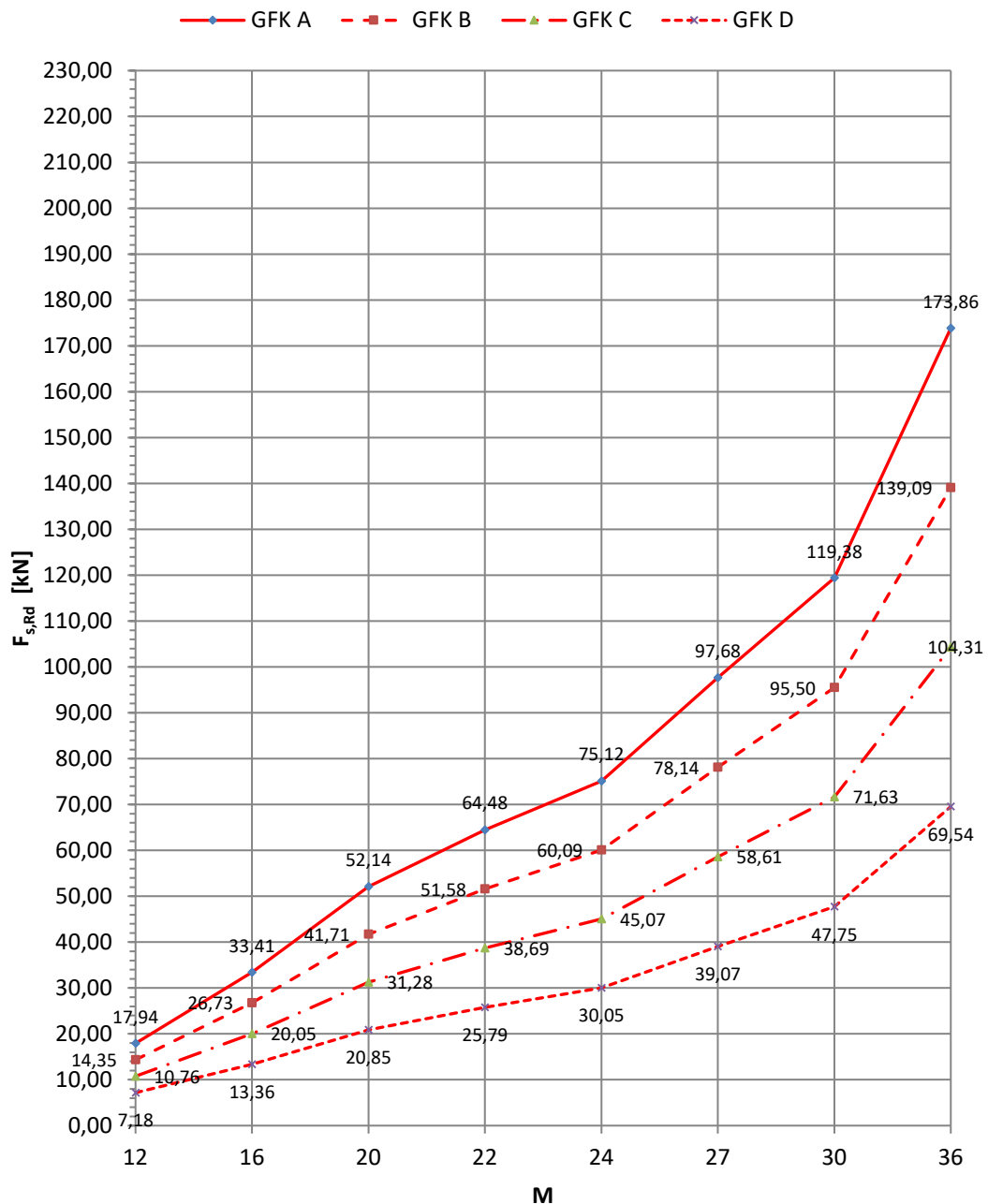


- für Schrauben in kurzen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Krafrichtung liegt

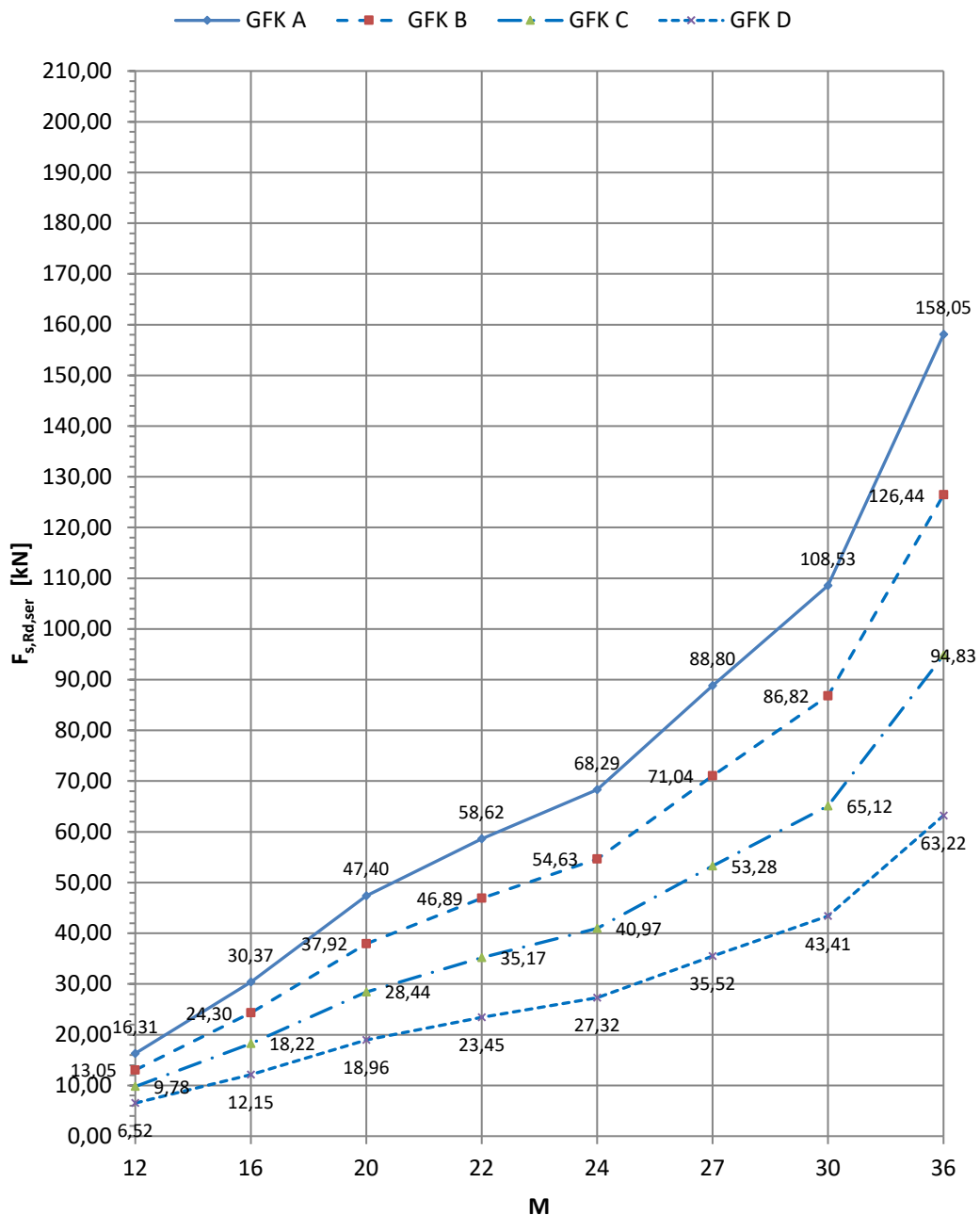
Gleitwiderstand $F_{s,Rd}$ für Schrauben der SFK 8.8 in kurzen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Krafrichtung liegt, im GZT



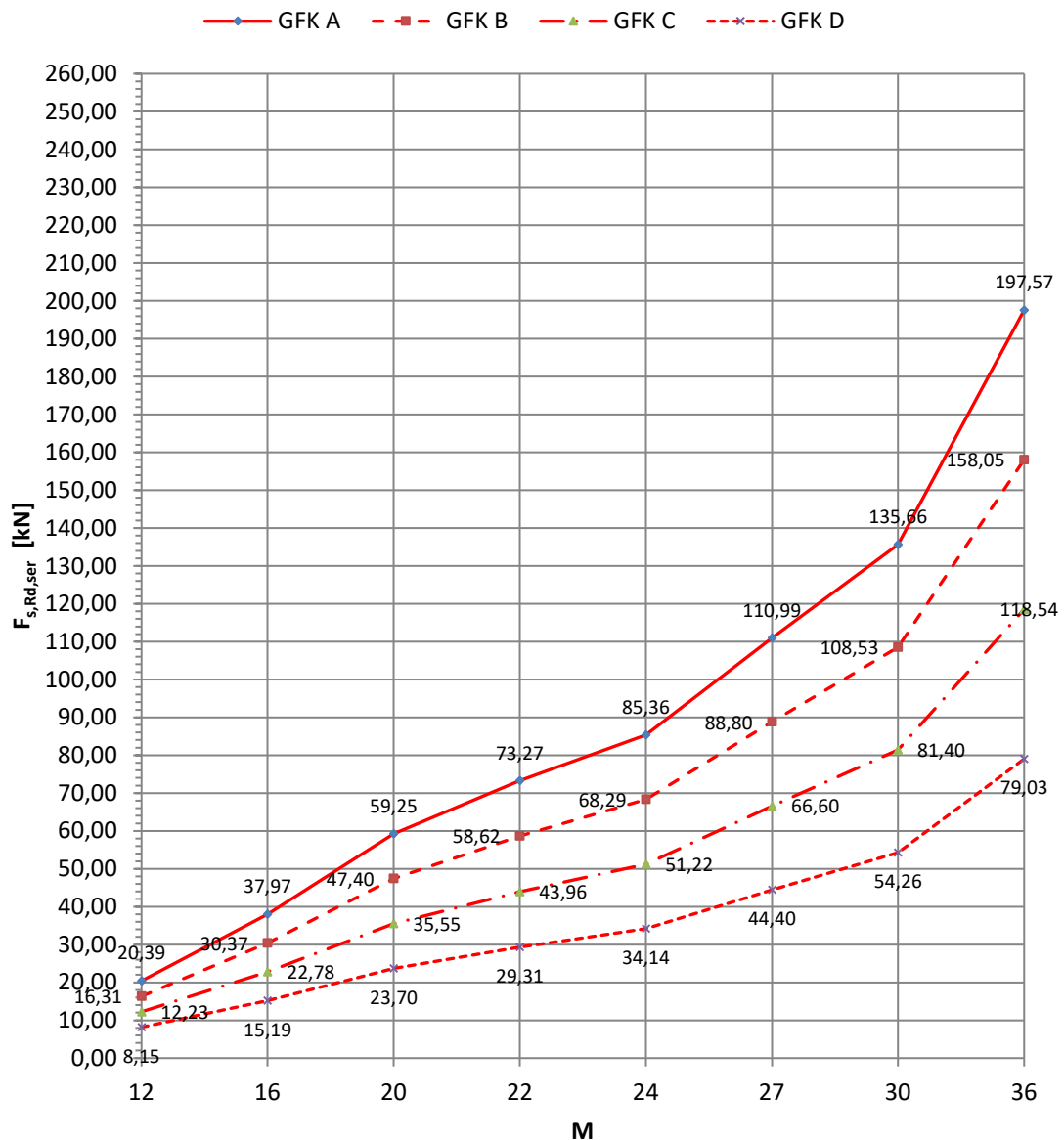
Gleitwiderstand $F_{s,Rd}$ für Schrauben der SFK 10.9 in kurzen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Krafrichtung liegt, im GZT



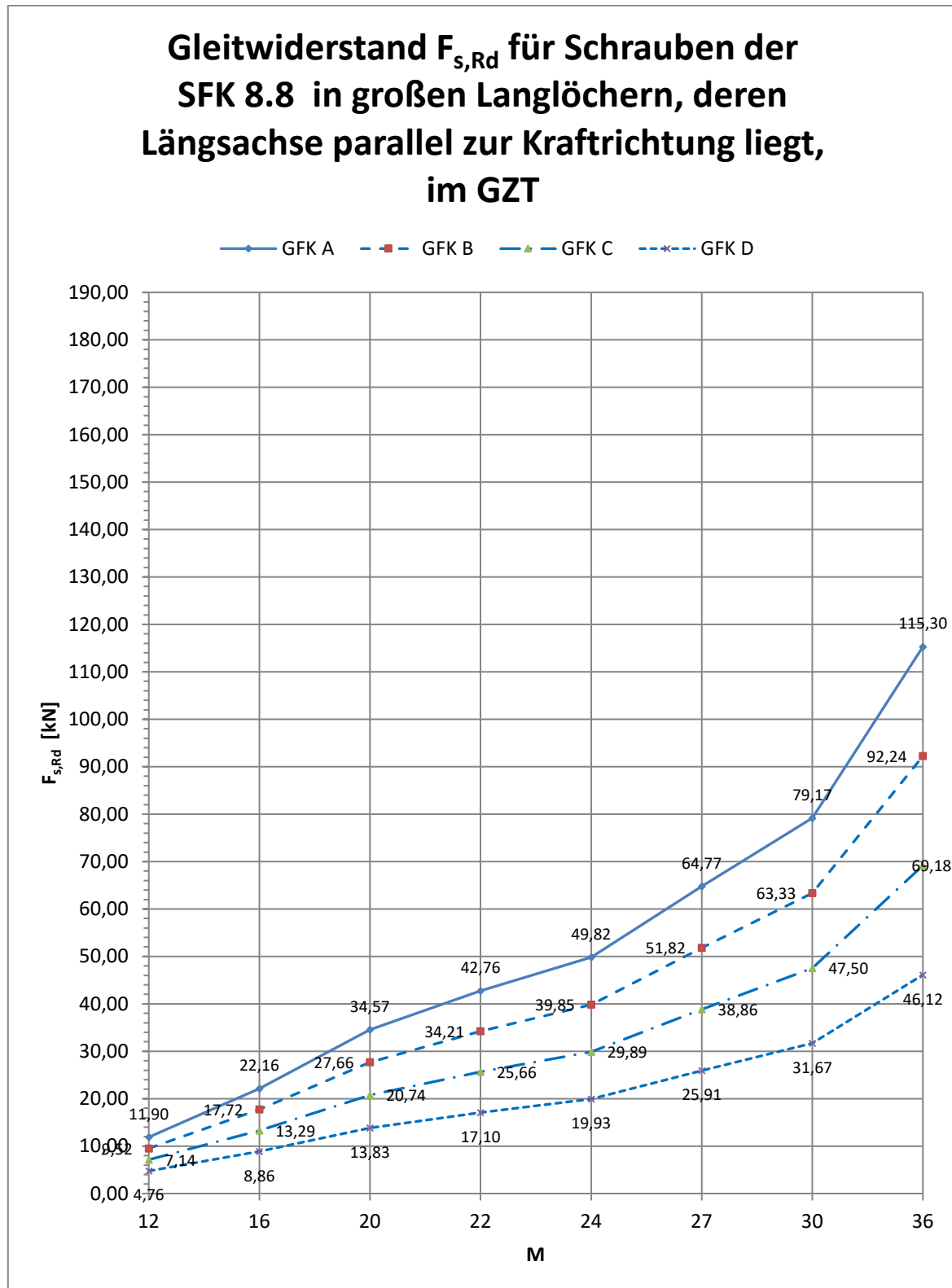
Gleitwiderstand $F_{s,Rd,ser}$ für Schrauben der SFK 8.8 in kurzen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Kraftrichtung liegt, im GZG



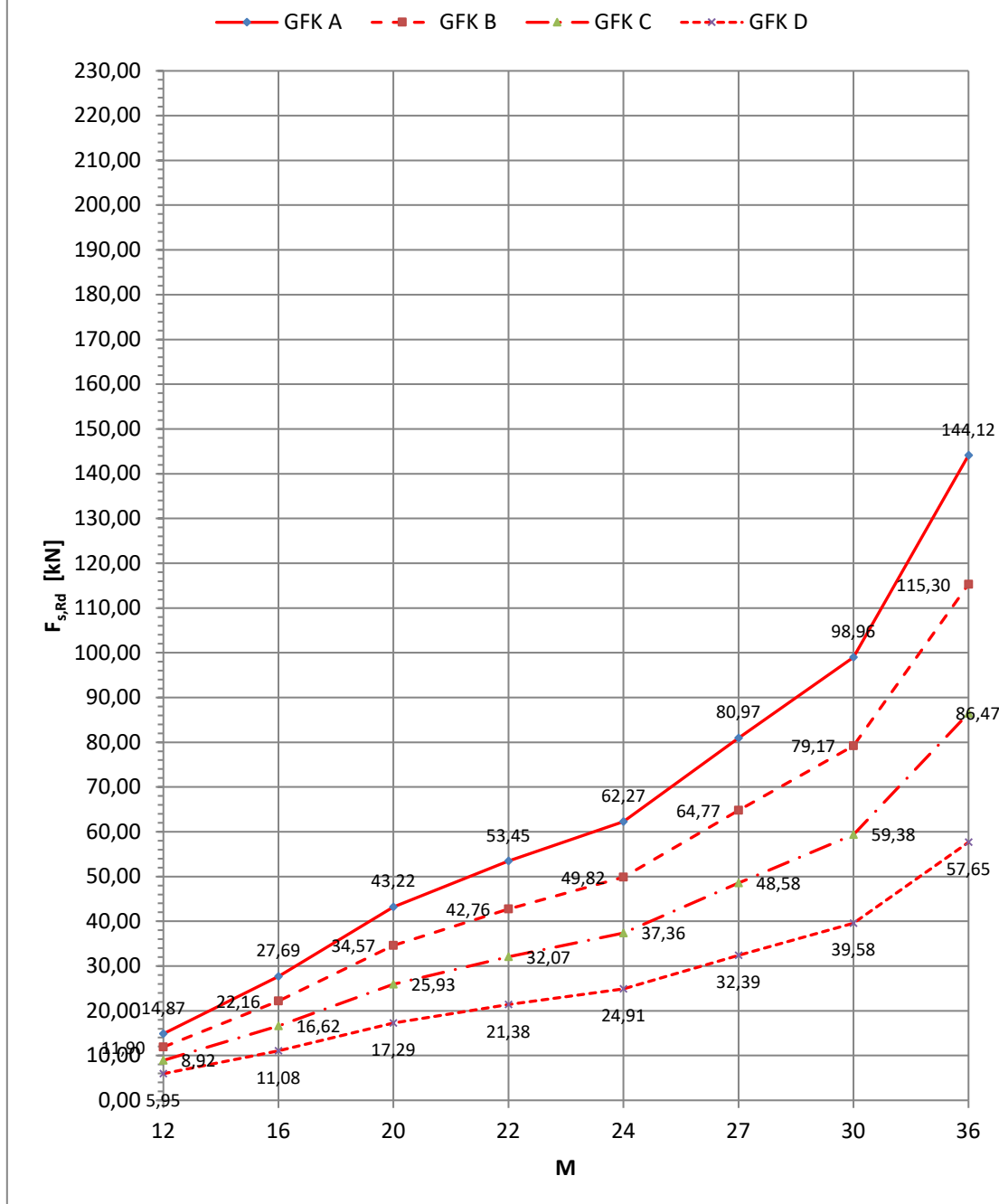
Gleitwiderstand $F_{s,Rd,ser}$ für Schrauben der SFK 10.9 in kurzen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Krafrichtung liegt, im GZG



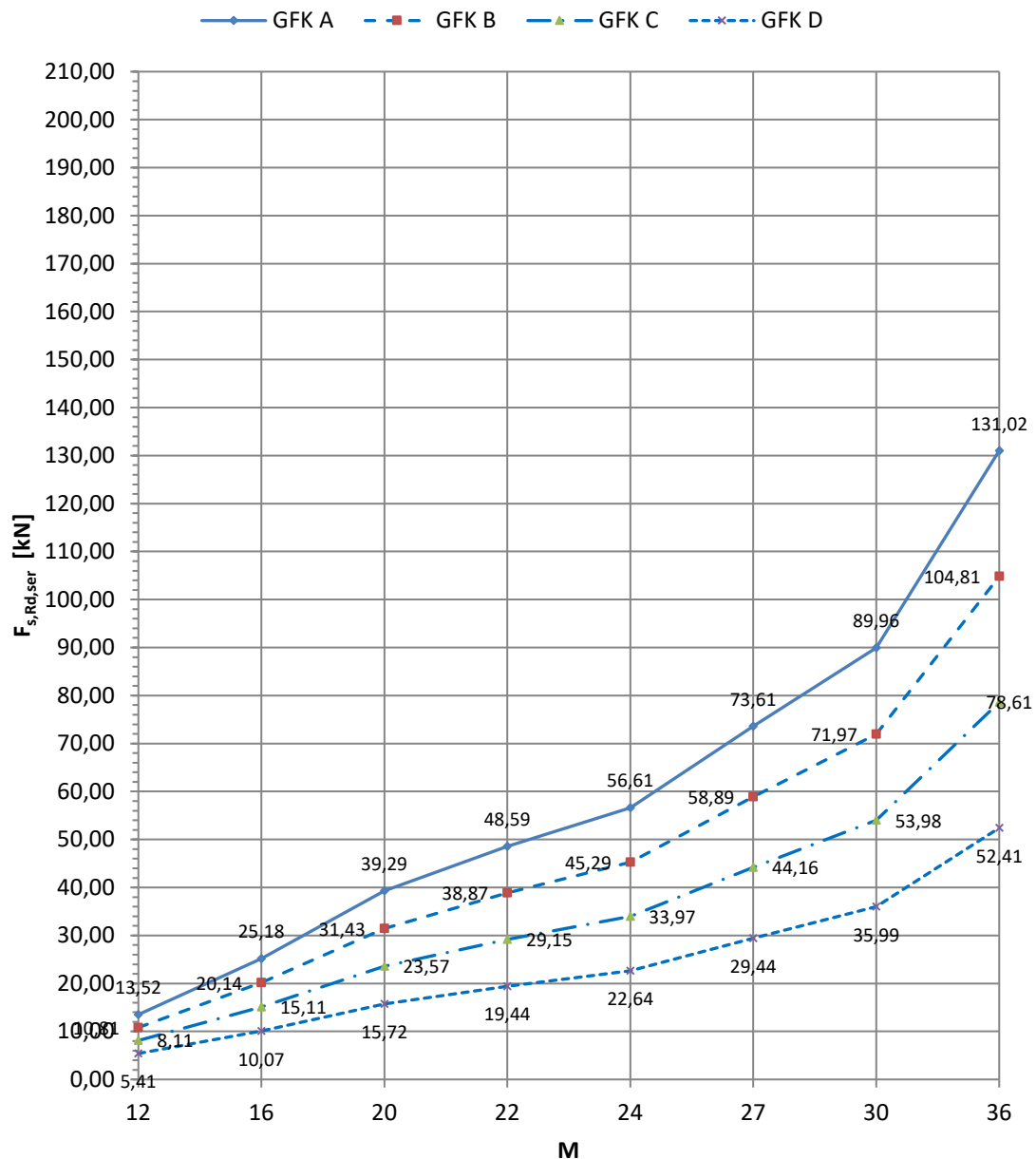
- für Schrauben in großen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Krafrichtung liegt



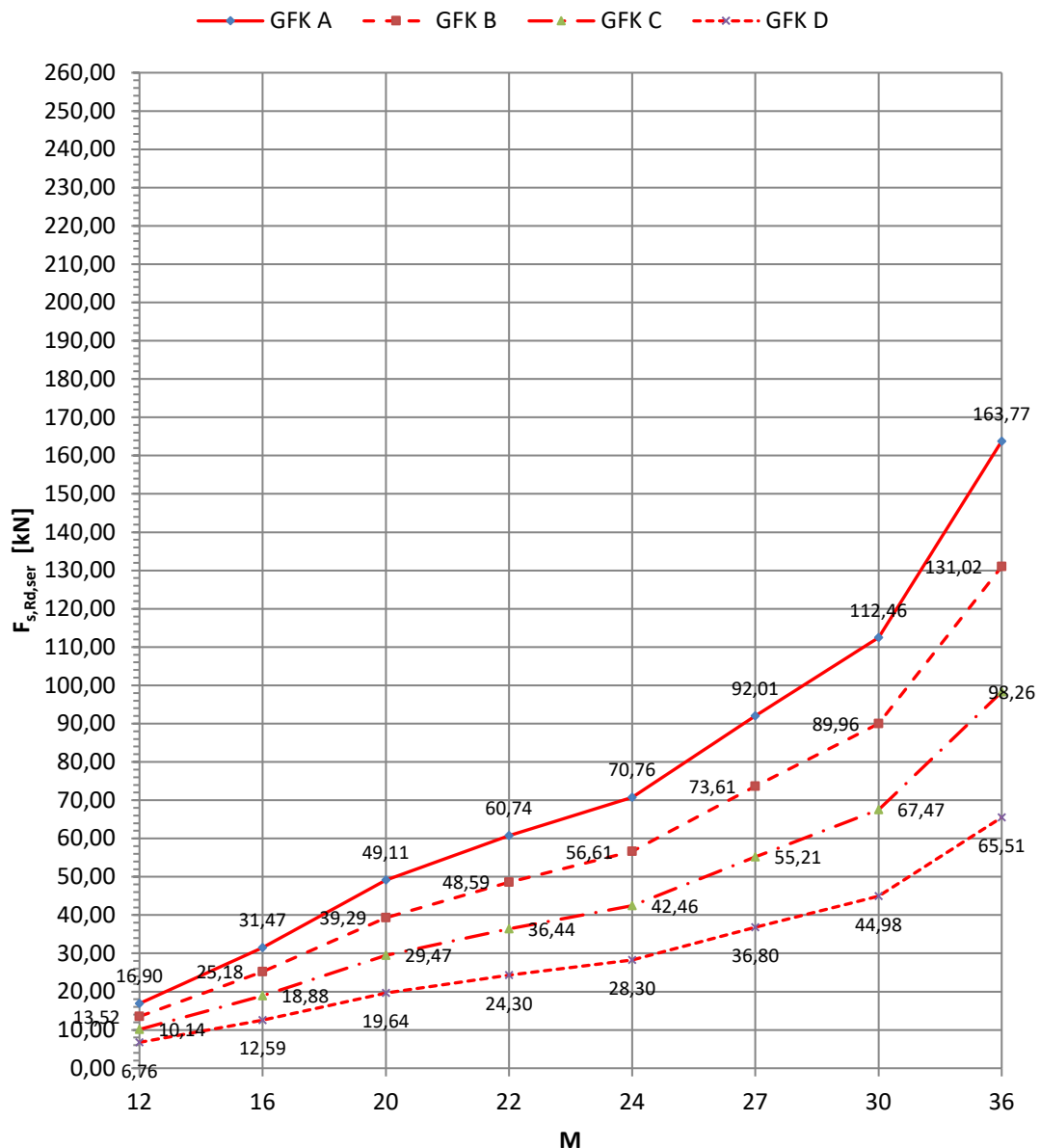
Gleitwiderstand $F_{s,Rd}$ für Schrauben der SFK 10.9 in großen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Krafrichtung liegt, im GZT



Gleitwiderstand $F_{s,Rd,ser}$ für Schrauben der SFK 8.8 in großen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Krafrichtung liegt, im GZG



Gleitwiderstand $F_{s,Rd,ser}$ für Schrauben der SFK 10.9 in großen Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Krafrichtung liegt, im GZG



Mit Hilfe dieser Diagramme kann sehr schnell der jeweilige Bemessungswert des Gleitwiderstandes für vorgespannte hochfeste Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 mit einer Reiboberfläche ($n = 1$) in Abhängigkeit von der Art der Schraubenlöcher, der Gleitflächenklasse und der Art des Nachweises ermittelt werden.

Literatur:

- | | | |
|-----|----------------------------|---|
| [1] | DIN EN 1993-1-8:2010-12 | Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen |
| [2] | DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12 | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode
3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen |
| [3] | DIN EN 1090-2:2011-10 | Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil
2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken |
| [4] | DIN EN 14399-4:2015-04 | Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im
Metallbau – Teil 4: System HV – Garnituren aus Sechskant-
schrauben und -muttern |

Impressum

Landesamt für Bauen und Verkehr
Bautechnisches Prüfamnt
T. Schellenberg
Gulbener Straße 24
03046 Cottbus
Telefon 03342 4266-3500
Telefax 03342 4266-7608
PoststelleCB@LBV.Brandenburg.de
<https://lbv.brandenburg.de>