

# KÜROR®

■ Mikropfahl

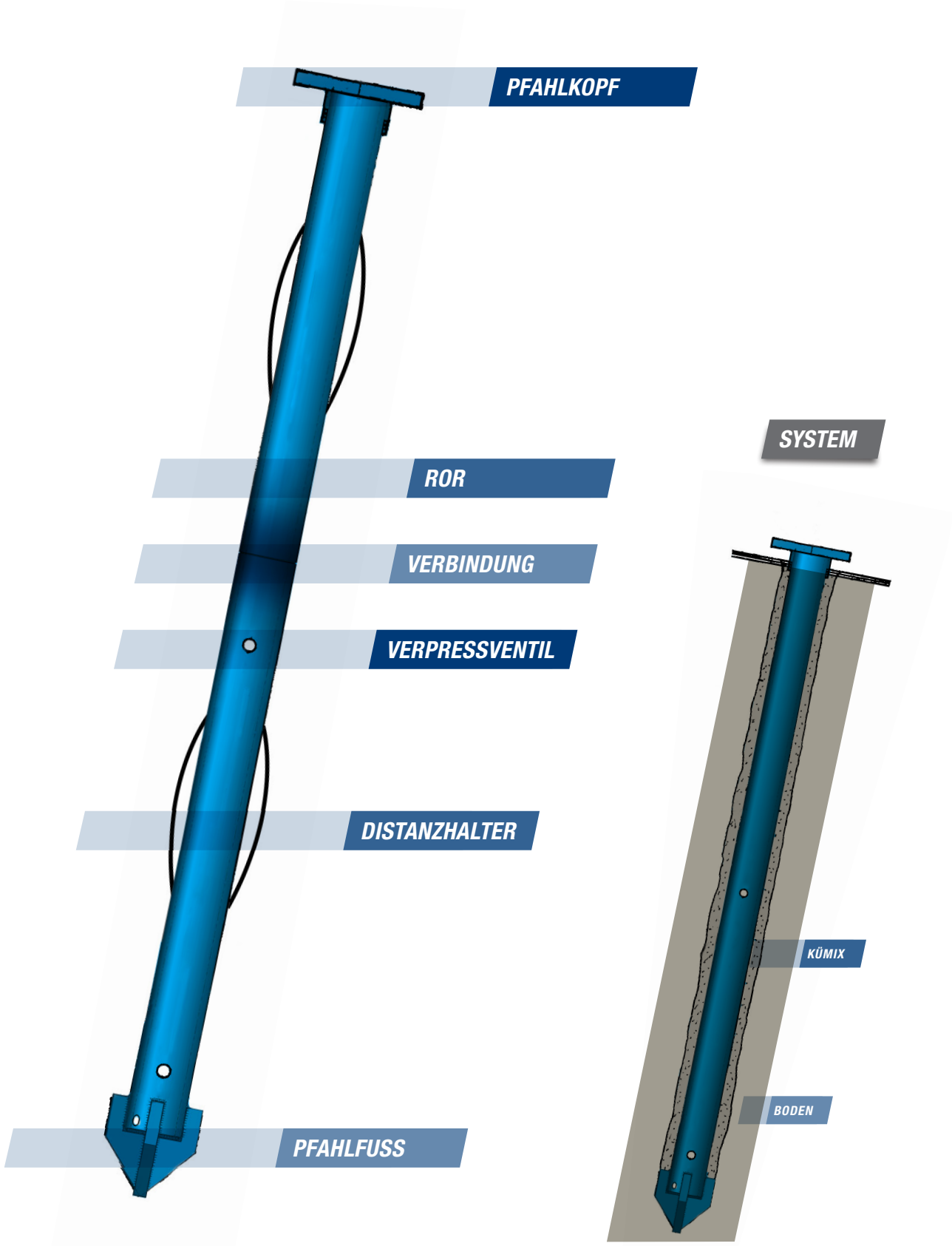


## Küchler

■ Technik

[kuechler-technik.ch](http://kuechler-technik.ch)

# DER AUFBAU EINES KÜROR®



# KÜROR® PFAHLSYSTEM

## BESCHRIEB

Das KÜROR® ist ein gebohrtes Pfahlsystem mit einem glatten Stahlrohr. Das System ist praktisch in allen Böden einsetzbar. Eine Vielzahl untereinander kompatibler KÜROR® Komponenten garantieren unterschiedlichste Anwendungsgebiete. KÜROR® Pfähle können Lasten von 100 – 2 000 kN aufnehmen. Die Pfähle bestehen aus Rohrelementen von max. 12 m, die mit verschiedenen Verbindungselementen auf beliebige Länge gekoppelt werden. Die KÜROR® Elemente sind Stahlrohre mit glatter Oberfläche ohne Gewinde. Darin sind auf Wunsch, auf der ganzen Länge des Pfahls Injektionsventile von ca. 1,3 cm Durchmesser versetzt. Durch diese Ventile kann das KÜROR® nachinjiziert werden. Falls erforderlich kann eine Zentrierung des Mikropfahls nach Fertigstellung der Bohrung durch Abstandhalter erfolgen.



### Preiswert

Das KÜROR® ist im Vergleich zu anderen Pfahlsystemen sehr preiswert.

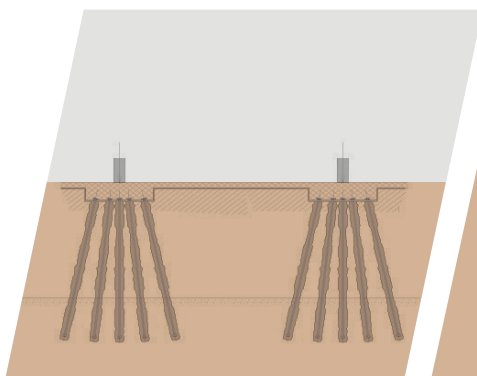
### Biege­wider­stand

Die Biege­wider­stände vom KÜROR® sind trotz des hohen Stahlquerschnittes im Vergleich sehr gut.

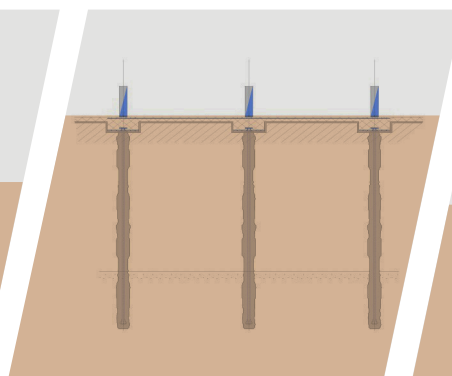
### Geeignet für grosse Lasten und Unterfangungen

Im Vergleich zu anderen Pfahlsystemen wie dem KSB® oder dem KÜBOLT® können KÜROR® Mikropfähle grosse Lasten aufnehmen und sind verschweisssbar.

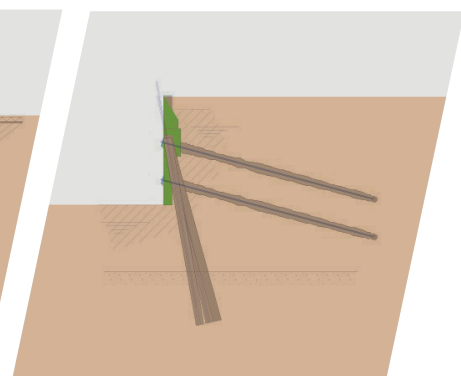
## ANWENDUNGSGEBIETE



**Pfahlgruppe**



**Mikropfähle, Unterfangungen**



**Stabilisierung eines Strassenhangs**

# KÜROR® TECHNISCHE DATEN

## ÜBERSICHT

		60/4.8	73/5.5	73/6.0	76/10.0	89/6.5	89/8.0	89/10.0	89/12.0	102/12.5	114/9.0	114/10.0	114/16.0
Eff. Aussendurchmesser	mm	60	73	73	76	89	89	89	89	105	114	114	114
Wandstärke	mm	4.8	5.5	6.0	10.0	6.5	8.9	10.0	12.0	12.5	9.0	10.0	16.0
Stahlquerschnitt	A mm <sup>2</sup>	842	1166	1634	2073	1671	2033	2479	2899	3499	2977	3277	4941
Gewicht	G kg/m	7.9	9.8	12.8	16.3	12.8	16.0	19.4	21.1	27.5	22.9	25.7	38.8

### GEBRAUCHSLASTEN $N_{Ra}$ ohne Abminderung

#### S235

Fy/1	kN	113	157	219	278	224	273	333	389	470	400	440	664
entspricht $N_{Ra}$ KSB® Anker <sup>900</sup>		R32/22	R32/15	R38/17	R51/35	R38/17	R51/35	R51/28	T76/63	T76/59	T76/63	T76/59	T76/51

#### S355

Fy/1	kN	171	237	331	421	339	412	503	588	710	604	665	1002
entspricht $N_{Ra}$ KSB® Anker		R32/15	R38/17	R38/7T	R51/7T	R38/7T	R51/7T	R51/9T	T76/6T	T76/8T	T76/6T	T76/6T	T76/10T

#### S560 (N80)

Fy/1	kN	269	373	523	664	535	651	793	928	1120	953	1049	1581
entspricht $N_{Ra}$ KSB® Anker <sup>900</sup>		R32/7T	R38/8T	R51/9T	T76/6T	R51/9T	T76/6T	T76/8T	T76/10T	T114/8T	T76/10	T114/8T	T114/10T

## STAHLQUALITÄT

EN 10025	UNI 7070	API 5CT	Fließgrenze	Zugfestigkeit	Dehnung	Zusammensetzung				
						min. N/mm <sup>2</sup>	min. N/mm <sup>2</sup>	%	C	Mn
S235	Fe360	–	235	340 – 470	26	0.17	1.40	0.035	0.035	0.350
S275	Fe510	–	275	410 – 560	22	0.18	1.50	0.035	0.035	0.350
S355	Fe510	–	355	490 – 630	22	0.22	1.60	0.035	0.035	0.550
–	–	J55	379	517	24	0.37	1.45	0.030	0.030	0.350
–	–	K55	379	655	19.5	0.37	1.45	0.030	0.030	0.350
S560	–	N80	551	689	18.5	0.36	1.45	0.030	0.030	0.350

Weitere Angaben in folgenden Dokumenten:





127/10.0 127/12.5 133/8.0 133/16.0 140/8.0 140/12.5 152/10.0 159/12.5 168/12.0 178/10.0 178/12.5

Eff. Aussendurchmesser mm		127	127	133	133	140	140	152	159	168	178	178
Wandstärke mm		10.0	12.5	8.0	16.0	8.0	12.5	10.0	12.5	12.0	10.0	12.5
Stahlquerschnitt A mm <sup>2</sup>		3676	4496	3142	5881	3310	4995	4474	5753	5881	5272	6491
Gewicht G kg/m		28.8	35.3	24.6	46.1	26	39.2	35.1	45.1	48	41.4	50.9

**GEBRAUCHSLASTEN N<sub>Rd</sub> ohne Abminderung**

**S235**

Fy/1 kN		494	604	422	790	444	671	601	773	790	708	872
entspricht N <sub>Rd</sub> KSB® Anker <sup>500</sup>		T76/59	T76/55	T76/59	T114/96	T76/59	T76/51	T76/55	T114/96	T114/92	T76/51	T114/92

**S355**

Fy/1 kN		746	912	637	1193	671	1013	908	1167	1193	1069	1317
entspricht N <sub>Rd</sub> KSB® Anker		T76/8T	T76/10T	T76/6T	T114/8T	T76/8T	T76/10T	T76/10T	T114/8T	T114/8T	T114/8T	T114/10T

**S560 (N80)**

Fy/1 kN		1176	1439	1005	1882	1059	1598	1432	1841	1882	1687	2080
entspricht N <sub>Rd</sub> KSB® Anker <sup>900</sup>		T114/8T	T114/10T	T76/10T	-	T114/8T	T114/10T	T114/10T	-	-	-	-

**BERECHNUNGSFORMELN**

De = Aussendurchmesser // Di = Innendurchmesser // Sp = Wanddicke // π = 3.14

**WIDERSTANDSMOMENT**

$$W \text{ cm}^3 = \frac{\pi}{32} \times \frac{De^4 - Di^4}{De}$$

**QUERSCHNITTSFLÄCHE**

$$S \text{ cm}^2 = \frac{\pi}{32} \times De^2 - Di^2$$

**GEWICHT Kg/m**

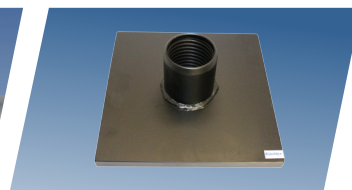
$$\text{Kg/m} = (De - Sp) \times Sp \times \pi \times 0.00785$$

**ZUBEHÖR**

**VENTILE**

**BOHRKRONEN**

**STECKPLATTE**



# KÜROR® GRUNDLAGEN

## 1. Abminderung

Bei der Bemessung von Mikropfählen stellen die diversen Schwächungen im Pfahl einige Schwierigkeiten dar. Der innere Tragwiderstand wird durch diese Details vermindert. Schwächungen der Festigkeit durch Längsverbindungen und Querschnittsverminderungen sind teilweise unbekannt. Es muss mit folgenden Abminderungen gerechnet werden:

- Zugfestigkeit in den Längsverbindungen
- Verbund zwischen Pfahlrohr und Zementmantel
- Abminderungen der Festigkeit durch Injektionsventile
- Abminderungen der Festigkeit durch Herstellertoleranzen
- Spitzendruck

## 2. Längsverbinding

Die ROR-Pfähle sind aufgrund ihrer diversen Schwächungen schwierig zu bemessen. Weil die Längsverbindungen die Zugfestigkeit erheblich senken. Die Firma KÜCHLER Technik bietet drei verschiedene Längsverbindungen für KÜROR® Pfähle an. Die Verbindung Male/Female ohne Verbindungsstück ist auf Zug nicht geeignet

### Längsverbindungen KÜROR® Mikropfähle



1 Male/Female Pinbox

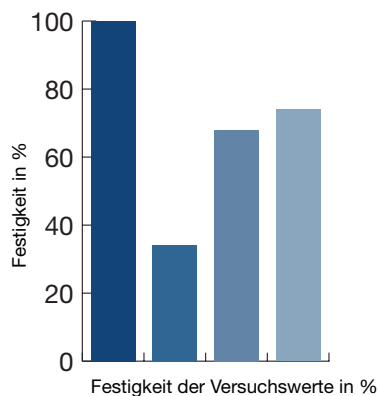
2 Male/Male mit Muffe  
(Aussen-/Innengewinde)

3 Female/Female mit Nippel

Die Festigkeitsabminderung für die Längsverbindungen auf Zug betragen:

- 1 Male/Female Abminderung ~ 60 % abminderung
- 2 Male/Male und einer Muffe ~ 30 % abminderung
- 3 Female/Female und Nippel ~ 25 % abminderung

### Versuchsergebnisse mit Verbindungen



- Referenz glattes Rohr
- Verbindung Male/Female
- Verbindung Male/Male mit Muffe
- Verbindung Female/Female mit Nippel

Voraussichtlich wird die Festigkeitsabminderung für Längsverbindungen auf Druck geringer sein. Da die Schwächung für Male/Female Verbindungen auf Zug aber sehr gross ist, wird empfohlen die Gebrauchslast für Einwirkungen auf Druck ebenfalls zu reduzieren.

Bei Belastungen auf Zug oder Biegung ist zusätzlich die Rissbildung zu prüfen und nach SIA 262 der entsprechende Nachweis zu führen. Zur Gewährleistung der Kraftübertragung ist eine Pfahlkopfplatte oder andere geeignete Massnahmen vorzusehen (vgl. SIA 267 9.6.1.2.2). Aus diesen Gründen wird empfohlen, die KÜROR® Pfähle ausschliesslich für Belastungen auf Druck oder Biegung zu verwenden. Bei höheren Ansprüchen empfehlen wir die KSB® oder KÜBOLT® Produkte

### 3. Herstellertoleranzen

Die Toleranzen der Querschnittsparameter sind für Kreisrunde Querschnitte in der Norm EN 10219-2 geregelt. Für einen Querschnitt mit Durchmesser 76 mm und Wanddicke 8 mm führen diese Toleranzen zu einer Variation der Querschnittsfläche von 1524 mm<sup>2</sup> bis zu 1894 mm<sup>2</sup>. Die Abweichung der Querschnittsfläche sowie der Festigkeit betragen Maximal + 10.8 % und - 10.8 %.

### 4. Abminderungen durch Injektionsventile

Für das Verpressen des Mikropfahls mit dem Kümix-Injektionsgut werden im Stahlrohr Ventile eingebohrt. Da die Längsverbindungen aber auf Zug eine deutlich grössere Schwächung darstellen, sind die Ventile nicht massgebend. Für ein Rohr 76 mm Durchmesser und 8 mm Wandstärke betragen die Festigkeitsverluste 13 %.

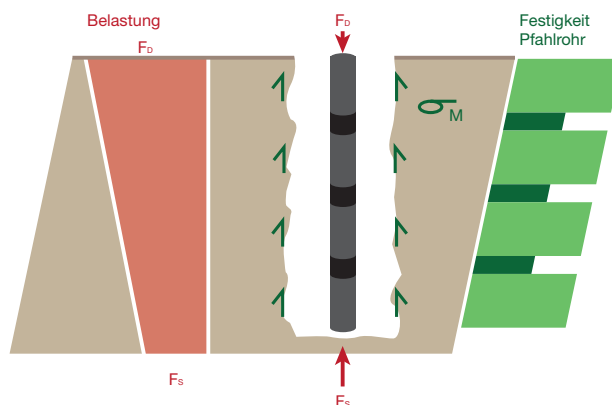
### 5. Spitzendruck

Ist die Spitzendruckkraft im Rohr zu gross übersteigt die Druckspannung im untenliegenden Injektionsgut ihre Druckfestigkeit. Die kleine Auflagefläche der Rohre führt schon bei kleinen Belastungen zu grossen Spannungsspitzen. Um die Auflagefläche des Pfahls zu vergrössern und somit die Druckspannung im Zement oder Fels durch die Spitzenpfahlkraft zu reduzieren wird es empfohlen die Rohre mit einem Deckel zu zuschweissen und eine Fussplatte anzubringen.

### 6. Verbund Pfahlrohr und Zement

Durch Versuche wurde die Verbundspannung zwischen Pfahlrohr und Kümix-Injektionsmörtel ermittelt. Für eine glatte Oberfläche beträgt sie ungefähr 0.7 N/mm<sup>2</sup>. Allerdings ist hier zu beachten, dass optimal verdichtet werden konnte. Im Feld muss also mit einer kleineren Verbundspannung gerechnet werden. Bei grossem Durchmesser und Wandstärken ist deshalb zu beachten, dass genügend Einbindetiefe vorhanden ist. Ansonsten kann ein Versagen vom Verbund zwischen Rohr und Injektionsgut stattfinden. Bei KSB® oder KÜBOLT® hingegen ist dieser Verbund durch die Rippen um vielfaches grösser.

Mikropfahl mit Belastung



### 7. Bemessung

#### Äussere Tragfähigkeit

Der äussere Tragwiderstand setzt sich aus der Mantelreibung  $R_b$  und der Spitzenkraft  $R_s$  zusammen. Er ist stark von den geologischen Verhältnissen abhängig und ist deshalb nicht Gegenstand dieses Berichts. Versagen der äusseren Tragfähigkeit führt zu einem Absenken oder Herausziehen des ganzen Pfahls inklusive Zementummantelung.

$$R_{a,d} = \frac{\eta_a \cdot R_{a,k}}{\gamma_{m,a}} \quad (\text{SIA 267 9.5.2}) \quad \text{wobei } R_{a,k} = R_{b,k} + R_{s,k}$$

#### Innere Tragfähigkeit

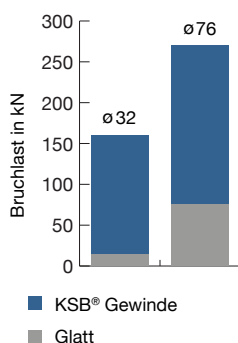
Der innere Widerstand beschreibt die Tragfähigkeit des Pfahls selbst. Ist der Widerstand überschritten ist ein Versagen des eingebauten Rohres möglich. Eine andere Versagensmöglichkeit für die innere Tragfähigkeit ist das Versagen im Verbund zwischen Rohr und Zementmantel.

$$R_{i,d} = \eta_i \cdot R_{mat,d} \quad (\text{SIA 267 9.5.2})$$

$$R_{i,d} \approx \frac{R_{mat,k}}{1.75} \quad (\text{wird empfohlen})$$

Vereinfachend kann  $R_{mat,k}$  für Mikropfähle mit der Streckgrenze vom KÜROR® gleichgesetzt werden. Der Widerstand vom Injektionsgut kann vernachlässigt werden.

Versuchsergebnisse  
Zugversuch Mantelreibung  
(mit Kümix®)



# BEZEICHNUNGEN MIKROPFÄHLE

<b>KRÄFTE</b>	$N_d$	Kraft im Pfahl auf Bemessungsniveau
	$F_{yk}$	Fliessgrenze des KÜROR® auf charakteristischem Niveau
	$F_{tk}$	Bruchkraft des KÜROR® auf charakteristischem Niveau
	$\Delta F$	Kraftinkremente/Kraftstufen bei Ankerversuchen
<b>WIDERSTÄNDE</b>	$V_{RK}$	charakteristischer Wert der Querkraft an der Fliessgrenze des Zuggliedes
	$M_{RK}$	charakteristischer Wert des Biegemomentes der Fliessgrenze des Zuggliedes
	$R_i$	innerer Tragwiderstand des Pfahls
	$R_a$	äusserer Tragwiderstand des Pfahls
	$R_{mat, k}$	Material Widerstand auf charakteristischem Niveau
	$R_{mat, d}$	Material Widerstand auf Bemessungsniveau
<b>EINWIRKUNGEN/ BEMESSUNGSWERTE</b>	$N_d$	Einwirkung in Längsrichtung auf Bemessungsniveau
	$Q_d$	Einwirkung in Querrichtung auf Bemessungsniveau
	$M_d$	Momenten-Einwirkung auf Bemessungsniveau
<b>GEOMETRISCHE BEZEICHNUNGEN</b>	$L$	Pfahllänge
	$A$	Querschnittsfläche des KÜROR®
	$L_{bd}$	Verankerungslänge
<b>KENNWERTE</b>	$f_t$	Zugfestigkeit
	$f_y$	Fliessgrenze
	$E$	Elastizitätsmodul
<b>VERSCHIEBUNGEN</b>	$\Delta L$	Gesamtverschiebung Pfahl
	$\Delta L_i$	Am luftseitigem Zugglied zur Zeit
	$\Delta L_{el}$	Elastische Verschiebung
	$\Delta L_{pl}$	Plastische Verschiebung
<b>WIDERSTANDSBEIWERTE</b>	$\gamma_{m1}$	Material-Widerstandsbeiwert
	$\eta_i$	Umrechnungsfaktor

## Korrosionsschutz

Es gilt zu beachten, dass bei Zugpfählen dringend ein Korrosionsschutz angebracht werden muss (vgl. SIA 267 9.6.1.5.4). Für Druckpfähle kann dieser Schutz bei schwach aggressiven Verhältnissen weggelassen werden. Dafür sollte dies mit einem entsprechenden Zuschlag bei der Bemessung berücksichtigt werden.

## Grobvorgehen Bemessung

- Bei einer gegebenen Belastung auf Bemessungsniveau  $N_d$  sind folgende Nachweise zu erbringen  
Nachweis:  $N_d < R_i$  und  $N_d < R_a$
- Der äussere Tragwiderstand hängt von den geologischen Bodenverhältnissen ab und ist nicht Gegenstand dieses Berichts
- $R_i = \eta_i * R_{mat, d} = 0.8 * \frac{A * f_y}{1.15}$  (nach SIA-Normen)

$$\text{wobei: } R_{mat, d} = \frac{A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{A * f_y}{1.15}$$

$$\text{Für Druckpfähle wird empfohlen: } R_i \approx \frac{R_{mat, k}}{1.75}$$



# KÜROR® UND KSB® IM VERGLEICH

Die KSB® Selbstbohranker stellen eine geeignete Alternative dar. Sie sind zwar etwas teurer als KÜROR® Pfähle aber haben einen deutlich geringeren Arbeitsaufwand bei der Erstellung der Pfähle. So können in gleicher Zeit wesentlich mehr KSB® Anker gebohrt werden als KÜROR® Pfähle.

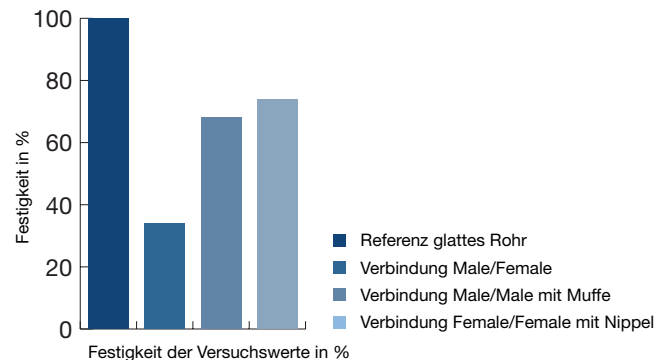
In den Zugversuchen wurde ebenfalls die Festigkeit von Selbstbohrankern mit und ohne Verbindung ermittelt. In diesen Versuchen wurde festgestellt, dass die KSB® Anker eine höhere Zugfestigkeit bei gleichem Stahlquerschnitt aufweisen. Die höhere Festigkeit der Selbstbohranker ist auf die Kaltverformung beim einrollen des Gewindes beziehungsweise die Gefügeveränderung im Gewinde zurückzuführen. Bei den Selbstbohrankern ist die Verbindung wie nach SIA 267 9.6.1.3 gefordert, stärker als der Rohrquerschnitt. Bei den KÜROR® Pfählen ist dies nicht der Fall. Auf Zug haben Versuche gezeigt, dass die Verbindungen deutlich schwächer sind.



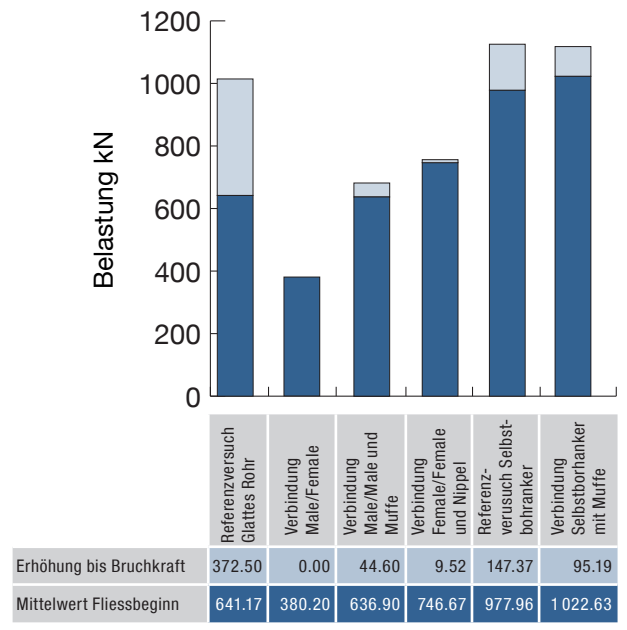
KÜROR®	KSB®
<b>Vorteile</b>	<b>Vorteile</b>
Preiswert	Unverrohrte Bohrung
Guter Knickwiderstand	Geringerer Arbeitsaufwand
Hohe Einzellasten auf Druck	Gute Längsverbindung
Geeignet für Gebäudeunterfangungen	Durchgehendes Gewinde
Einsatz mit Strumpf möglich	Geprüftes System
	Verfügbarkeit
	Keine Abminderungen

Nachteile	Nachteile
Abminderung durch Längsverbindungen	Teureres Material
Verrohrte Bohrung	
Handling	
Glatte Oberfläche	
Wasser- oder Luftspülung	

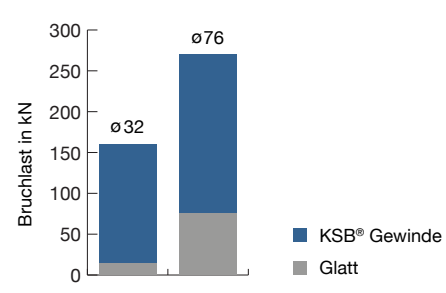
## Versuchsergebnisse mit Verbindungen



## Zugversuche im Vergleich glattes Rohr (KÜROR®) und gerolltes Rohr (KSB®)



## Versuchsergebnisse Zugversuch Mantelreibung (mit Kümix®)



# GEWICHTSTABELLE

kg/m	3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	5.9	6.3	7.1	8.0	8.8	9.5	10.0	11.0	12.5	14.2	16.0	17.5	20.0	22.2	25.0	28.0	30.0	
48.3	4.0	4.4	4.9	5.3	5.9	6.2	6.5	7.2	7.9	8.6	9.1	9.4	10.1	11.0									
60.3	5.0	5.6	6.2	6.8	7.6	7.9	8.4	9.3	10.3	11.2	11.9	12.4	13.4	14.7	16.1	17.5							
70.0	5.9	6.5	7.3	8.0	8.9	9.3	9.9	11.0	12.2	13.3	14.2	14.8	16.0	17.7	19.5	21.3	22.6	24.6					
73.0	6.2	6.8	7.6	8.4	9.3	9.8	10.4	11.5	12.8	13.9	14.9	15.5	16.8	18.6	20.6	22.5	23.9	26.1					
76.1	6.4	7.1	7.9	8.8	9.7	10.2	10.8	12.1	13.4	14.6	15.6	16.3	17.7	19.6	21.7	23.7	25.3	27.7					
82.5	7.0	7.7	8.7	9.6	10.6	11.1	11.8	13.2	14.7	16.0	17.1	17.9	19.4	21.6	23.9	26.2	28.0	30.8	33.0	35.4			
88.9	7.6	8.4	9.4	10.3	11.5	12.1	12.8	14.3	16.0	17.4	18.6	19.4	21.1	23.5	26.1	28.8	30.8	34.0	36.5	39.4			
95.0	8.1	9.0	10.0	11.1	12.3	13.0	13.8	15.4	17.2	18.7	20.0	21.0	22.8	25.4	28.3	31.2	33.4	37.0	39.8	43.1			
101.6	8.7	9.6	10.8	11.9	13.3	13.9	14.8	16.5	18.5	20.1	21.6	22.6	24.6	27.5	30.6	33.8	36.3	40.2	43.4	47.2	50.8	52.9	
108.0	9.3	10.3	11.5	12.7	14.1	14.8	15.8	17.7	19.7	21.5	23.1	24.2	26.3	29.4	32.8	36.3	39.0	43.4	47.0	51.1	55.2	57.7	
114.3	9.8	10.9	12.2	13.5	15.0	15.8	16.8	18.8	21.0	22.9	24.5	25.7	28.0	31.4	35.0	38.8	41.8	46.5	50.4	55.0	59.6	62.3	
121.0	10.4	11.5	12.9	14.3	15.9	16.7	17.8	19.9	22.3	24.3	26.1	27.4	29.8	33.4	37.4	41.4	44.6	49.8	54.1	59.2	64.2	67.3	
127.0	11.0	12.1	13.6	15.0	16.8	17.6	18.7	21.0	23.5	25.6	27.5	28.8	31.5	35.3	39.5	43.8	47.2	52.7	57.3	62.9	68.3	71.7	
133.0	11.5	12.7	14.3	15.8	17.6	18.5	19.7	22.0	24.6	26.9	28.9	30.3	33.1	37.1	41.6	46.1	49.8	55.7	60.6	66.6	72.5	76.2	
139.7	12.1	13.4	15.0	16.6	18.5	19.5	20.7	23.2	26.0	28.4	30.5	32.0	34.9	39.2	43.9	48.8	52.7	59.0	64.3	70.7	77.1	81.1	
146.0	12.6	14.0	15.7	17.4	19.4	20.4	21.7	24.3	27.2	29.8	32.0	33.5	36.6	41.1	46.1	51.3	55.4	62.1	67.7	74.6	81.4	85.8	
152.4	13.2	14.6	16.4	18.2	20.3	21.3	22.7	25.4	28.5	31.1	33.5	35.1	38.3	43.1	48.4	53.8	58.2	65.3	71.2	78.5	85.9	90.5	
159.0	13.8	15.3	17.1	19.0	21.2	22.3	23.7	26.6	29.8	32.6	35.0	36.7	40.1	45.1	50.7	56.4	61.0	68.5	74.9	82.6	90.4	95.4	
168.3	14.6	16.2	18.2	20.1	22.5	23.6	25.2	28.2	31.6	34.6	37.2	39.0	42.7	48.0	53.9	60.1	65.0	73.1	79.9	88.3	96.8	102	
177.8	15.5	17.1	19.2	21.3	23.8	25.0	26.6	29.9	33.5	36.7	39.4	41.4	45.2	50.9	57.3	63.8	69.1	77.8	85.1	94.2	103	109	
193.7	16.9	18.7	21.0	23.3	26.0	27.3	29.1	32.7	36.6	40.1	43.1	45.3	49.5	55.8	62.8	70.1	76.0	85.6	93.8	104	114	121	
203.0	17.7	19.6	22.0	24.4	27.2	28.7	30.5	34.3	38.5	42.1	45.3	47.6	52.1	58.7	66.1	73.7	80.0	90.2	98.9	110	121	128	
219.1	19.1	21.2	23.8	26.4	29.5	31.0	33.0	37.1	41.6	45.6	49.1	51.5	56.4	63.7	71.7	80.1	87.0	98.2	108	120	132	140	
229.0		22.2	24.9	27.6	30.8	32.4	34.6	38.8	43.6	47.8	51.4	54.0	59.1	66.7	75.2	84.0	91.2	103	113	126	139	147	
244.5		23.7	26.6	29.5	33.0	34.7	37.0	41.5	46.6	51.1	55.0	57.8	63.3	71.5	80.6	90.1	97.9	111	122	135	149	159	
273.0		26.5	29.8	33.0	36.9	38.8	41.4	46.5	52.3	57.3	61.7	64.8	71.0	80.3	90.6	101	110	125	137	153	169	180	
298.5		29.0	32.6	36.2	40.4	42.6	45.4	51.0	57.3	62.8	67.7	71.1	78.0	88.1	99.5	111	121	137	151	169	187	199	
323.9		31.5	35.4	39.3	43.9	46.2	49.3	55.4	62.3	68.3	73.6	77.4	84.8	95.9	108	121	132	150	165	184	204	217	
339.7				41.3	46.1	48.5	51.8	58.2	65.4	71.8	77.3	81.3	89.1	101	114	128	139	158	174	194	215	229	
355.6				43.2	48.3	50.9	54.2	61.0	68.5	75.2	81.0	85.2	93.4	106	119	134	146	165	182	204	226	241	
406.4				49.5	55.3	58.2	62.1	69.9	78.6	86.2	92.9	97.7	107	121	137	154	168	190	210	235	261	278	
457.2				55.7	62.3	65.6	70.0	78.8	88.6	97.3	105	110	121	137	155	174	190	216	238	266	296	316	
508.0				62.0	69.3	73.0	77.9	87.7	98.6	108	117	123	135	153	173	194	212	241	266	298	331	353	
609.6				83.4	87.8	93.7	105	119	130	141	148	162	184	208	234	255	291	321	360	401	429		

# QUERSCHNITTSFLÄCHE

$A_{cm^2}$ $W_{cm^2}$	3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	5.9	6.3	7.1	8.0	8.8	9.5	10.0	11.0	12.5	14.2	16.0	17.5	20.0	22.2	25.0	28.0	30.0	
48.3	5.1 5.3	5.6 5.7	6.2 6.2	6.8 6.7	7.5 7.2	7.9 7.5	8.3 7.8	9.2 8.3	10.1 8.8	10.9 9.3	11.6 9.6	12.0 9.8	12.9 10.1	14.1 10.5									
60.3	6.4 8.6	7.1 9.3	7.9 10.2	8.7 11.1	9.6 12.1	10.1 12.5	10.7 13.1	11.9 14.2	13.1 15.2	14.2 16.1	15.2 16.8	15.8 17.2	17.0 18.0	18.8 19.0	20.6 19.8	22.3 20.5							
70.0	7.5 11.9	8.3 12.9	9.3 14.2	10.2 15.5	11.3 16.9	11.9 17.6	12.6 18.4	14.0 20.1	15.6 21.7	16.9 23.1	18.0 24.2	18.8 24.9	20.4 26.2	22.6 27.9	24.9 29.5	27.1 30.7	28.8 31.6	31.4 32.5					
73.0	7.8 13.0	8.7 14.2	9.7 15.6	10.7 17.0	11.9 18.6	12.4 19.3	13.2 20.3	14.7 22.1	16.3 24.0	17.7 25.5	18.9 26.7	19.8 27.6	21.4 29.1	23.7 31.0	26.2 32.9	28.6 34.4	30.5 35.4	33.3 36.6					
76.1	8.2 14.2	9.1 15.5	10.1 17.1	11.2 18.6	12.4 20.4	13.0 21.2	13.8 22.3	15.4 24.3	17.1 26.4	18.6 28.1	19.9 29.5	20.8 30.5	22.5 32.2	25.0 34.5	27.6 36.6	30.2 38.4	32.2 39.6	35.2 41.1					
82.5	8.9 16.9	9.9 18.5	11.0 20.4	12.2 22.2	13.5 24.4	14.2 25.4	15.1 26.7	16.8 29.2	18.7 31.8	20.4 34.0	21.8 35.8	22.8 36.9	24.7 39.2	27.5 42.1	30.5 44.9	33.4 47.4	35.7 49.0	39.3 51.0	42.0 53.0	45.1 54.0			
88.9	9.6 19.8	10.7 21.7	11.9 24.0	13.2 26.2	14.6 28.7	15.4 29.9	16.3 31.5	18.2 34.5	20.3 37.8	22.1 40.4	23.7 42.6	24.8 44.1	26.9 46.8	30.0 51.0	33.3 54.0	36.6 57.0	39.2 60.0	43.3 63.0	46.5 65.0	50.2 66.0			
95.0	10.3 22.7	11.4 25.0	12.8 27.6	14.1 30.2	15.7 33.2	16.5 34.6	17.5 36.5	19.6 40.1	21.9 43.9	23.8 47.1	25.5 49.7	26.7 51.0	29.0 55.0	32.4 59.0	36.0 64.0	39.7 68.0	42.6 71.0	47.1 75.0	50.7 77.0	55.0 80.0			
101.6	11.1 26.2	12.3 28.8	13.7 31.9	15.2 34.9	19.9 38.4	17.7 40.1	18.9 42.3	21.1 46.6	23.5 51.0	25.6 55.0	27.5 58.0	28.8 60.0	31.3 64.0	35.0 70.0	39.0 75.0	43.0 80.0	46.2 84.0	51.2 89.0	55.3 93.0	60.1 96.0	64.7 99.0	67.4 100	
108.0	11.8 30.0	13.1 33.0	14.6 36.0	16.2 40.0	18.0 44.0	18.9 46.0	20.1 48.0	22.5 53.0	25.1 59.0	27.4 63.0	29.4 67.0	30.8 69.0	33.5 74.0	37.5 80.0	41.8 87.0	46.2 93.0	49.7 98.0	55.3 104	59.8 109	65.2 113	70.3 117	73.5 119	
114.3	12.5 34.0	13.9 37.0	15.5 41.0	17.2 45.0	19.1 50.0	20.1 52.0	21.4 55.0	23.9 60.0	26.7 66.0	29.2 71.0	31.3 76.0	32.8 79.0	35.7 84.0	40.0 92.0	44.6 100	49.4 107	53.2 113	59.2 120	64.2 126	70.1 132	75.9 137	79.4 139	
121.0	13.3 38.0	14.7 42.0	16.5 46.0	18.2 51.0	20.3 56.0	21.3 59.0	22.7 62.0	25.4 68.0	28.4 75.0	31.0 81.0	33.3 86.0	34.9 89.0	38.0 96.0	42.6 105	47.6 114	52.8 123	56.9 129	63.4 139	68.9 146	75.4 153	81.8 159	85.7 163	
127.0	13.9 42.0	15.4 46.0	17.3 51.0	19.2 56.0	21.3 62.0	22.4 65.0	23.9 69.0	26.7 76.0	29.9 84.0	32.7 90.0	35.1 96.0	36.7 100	40.1 107	44.9 117	50.3 128	55.8 138	60.2 146	67.2 157	73.1 165	80.1 174	87.0 181	91.4 185	
133.0	14.6 46.0	16.2 51.0	18.2 56.0	20.1 62.0	22.4 68.0	23.5 72.0	25.1 76.0	28.1 84.0	31.4 93.0	34.3 100	36.8 106	38.6 111	42.1 119	47.3 130	53.0 143	58.8 154	63.5 163	71.0 176	77.2 185	84.8 196	92.3 205	97.0 210	
139.7	15.4 51.0	17.0 56.0	19.1 63.0	21.1 69.0	23.6 76.0	24.8 80.0	26.4 84.0	29.6 93.0	33.1 103	36.2 111	38.8 118	40.7 123	44.5 133	49.9 146	56.0 160	62.1 173	67.1 183	75.2 198	81.9 210	90.0 222	98.2 233	103 239	
152.4	16.8 61.0	18.6 67.0	20.9 75.0	23.1 83.0	25.8 91.0	27.1 96.0	28.9 101	32.4 112	36.3 124	39.7 135	42.6 143	44.7 149	48.8 161	54.9 178	61.6 195	68.5 212	74.1 225	83.1 245	90.8 260	100 277	109 292	115 300	
159.0	17.6 67.0	19.5 74.0	21.8 82.0	24.2 90.0	27.0 100	28.4 105	30.2 111	33.9 123	37.9 136	41.5 148	44.6 157	46.8 164	51.1 177	57.5 195	64.6 215	71.8 234	77.8 249	87.3 271	95.4 288	105 307	115 325	122 335	
168.3	18.6 75.0	20.6 83.0	23.1 92.0	25.6 102	28.6 113	30.1 118	32.0 125	35.9 139	40.3 154	44.1 167	47.4 178	49.7 186	54.3 201	61.2 222	68.7 244	76.5 267	82.9 284	93.1 310	102 330	112 354	123 375	130 388	
177.8	19.7 84.0	21.8 93.0	24.5 103	27.1 114	30.3 126	31.8 132	33.9 140	38.1 156	42.7 173	46.7 188	50.2 201	52.7 209	57.6 226	64.9 251	72.9 277	81.3 302	88.1 322	99.1 353	108 377	120 404	132 430	139 445	
193.7	21.5 100	23.8 111	26.7 124	29.6 136	33.1 151	34.8 159	37.1 168	41.6 187	46.6 208	51.1 226	54.9 241	57.7 252	63.1 273	71.1 303	80.0 335	89.3 367	96.8 392	109 430	120 461	132 497	146 531	154 551	
219.1	24.4 129	27.0 143	30.3 159	33.6 176	37.5 195	39.5 205	42.1 218	47.3 243	53.0 270	58.1 294	62.5 314	65.7 328	71.9 356	81.1 396	91.4 440	102 483	111 518	125 571	137 615	152 666	168 715	178 745	
244.5		30.2 179	33.9 200	37.6 221	42.0 245	44.2 257	47.1 274	52.9 305	59.4 340	65.1 370	70.1 396	73.6 415	80.7 451	91.1 503	103 559	115 616	125 661	141 732	155 791	172 860	190 927	202 969	
273.0		33.8 224	37.9 251	42.1 277	47.0 308	49.5 323	52.8 344	59.3 384	66.6 428	73.0 467	78.6 500	82.6 524	90.5 570	102 637	115 710	129 784	140 843	159 937	175 1.02	195 1.11	215 1.2	229 1.26	
298.5		37.0 269	41.5 301	46.1 333	51.5 370	54.2 389	57.8 414	65.0 462	73.0 516	80.0 563	86.2 604	90.6 632	99.3 688	112 770	127 860	142 952	154 1.03	175 1.14	193 1.24	215 1.36	238 1.47	253 1.55	
323.9		40.2 317	45.1 355	50.1 393	56.0 438	58.9 460	62.8 489	70.6 547	79.4 612	87.1 668	93.8 716	98.6 750	108 818	122 916	138 1.02	155 1.14	168 1.22	191 1.37	210 1.49	235 1.63	260 1.77	277 1.87	
339.7				52.5 433	58.7 483	61.8 507	66.0 540	74.1 604	83.3 675	91.4 737	98.5 791	104 829	114 904	128 1.01	145 1.13	163 1.26	177 1.36	201 1.52	221 1.65	247 1.81	274 1.98	292 2.08	
355.6				55.0 476	61.5 530	64.8 557	69.1 593	77.7 664	87.3 742	95.8 811	103 870	109 912	119 995	135 1.12	152 1.25	171 1.39	186 1.50	211 1.68	232 1.82	260 2.01	288 2.19	307 2.31	
406.4				63.0 625	70.5 697	74.2 732	79.1 780	89.0 873	100 978	110 1.07	118 1.15	124 1.20	134 1.31	148 1.48	166 1.66	184 1.84	199 1.99	224 2.24	242 2.44	275 2.69	303 2.95	333 3.11	
457.2				71.0 794	79.4 886	83.6 931	89.2 992	100 1.11	113 1.25	124 1.36	134 1.46	140 1.54	154 1.68	175 1.89	198 2.12	222 2.36	242 2.56	275 2.88	303 3.15	339 3.48	377 3.82	402 4.04	
508.0				79.0 983	88.3 1.10	93.0 1.15	99.2 1.23	112 1.38	126 1.55	138 1.69	149 1.82	156 1.91	172 2.09	194 2.35	220 2.64	247 2.95	270 3.20	306 3.60	339 3.94	379 4.36	422 4.80	450 5.08	

