

KÜROR®



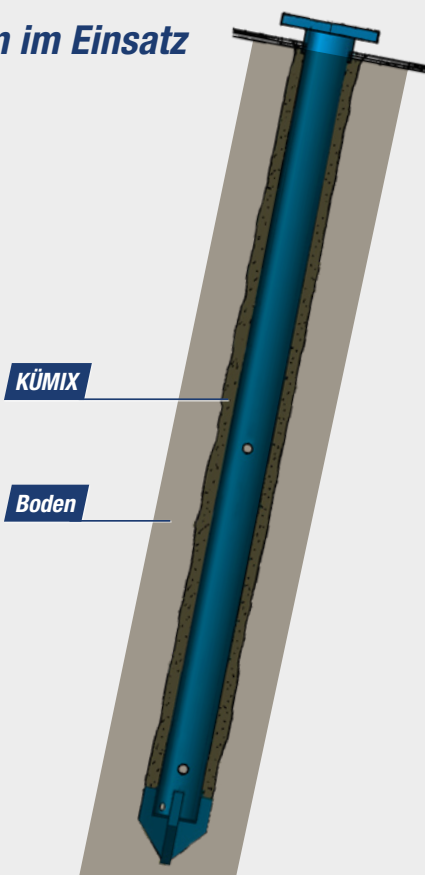
KÜROR® Mikropfahl

Küchler
Technik

KÜROR® Pfahlsystem



System im Einsatz



Mikropfähle

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.

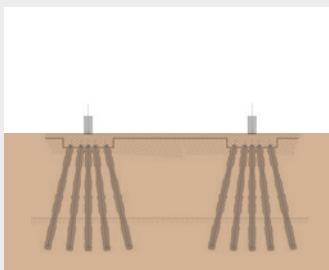
Biegebeständigkeit

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

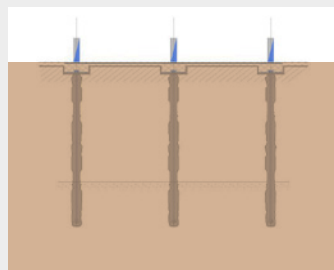
Geeignet für grosse Lasten und Unterfangungen

Im Vergleich zu anderen Pfahlsystemen wie dem **KSB®** oder dem **KÜ-BOLT®** können **KÜROR®** Mikropfähle grosse Lasten aufnehmen und sind verschweisbar.

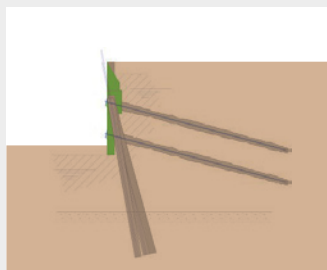
Anwendungsgebiete



Pfahlgruppe



Unabhängige Einzelpfähle



Unterfangungen



KÜROR® Technische Daten

KÜROR® S355 / S560 (N80)



60/5.0 76/10.0 89/7.0 89/10.0 89/12.5 101.6/10.0 114/10.0 114/12.5 114/16.0 127/10.0 127/12.5 152/10.0 159/12.5 168/12.5 178/10.0 178/16.0

Eff. Aussendurchmesser mm	60	76	89	89	89	101	114	114	114	127	127	152	159	168	178	178
Wandstärke mm	5	10	7	10	12.5	10	10	12.5	16	10	12.5	10	12.5	12.5	10	16
Stahlquerschnitt A mm ²	869	2 080	1 820	2 480	3 000	2 880	3 280	4 000	4 940	3 676	4 496	4 474	5 753	6 120	5 272	8 130
Gewicht G² kg/m	6.82	16.3	14.3	19.5	23.6	22.6	25.7	31.4	38.8	28.8	35.3	35.1	45.1	48	41.4	63.8

Gebrauchslasten NRd ohne Abminderung der Muffe S355

Fyk/1.75 F kN	176	421	370	503	608	580	665	810	1 002	746	912	908	1 167	1 240	1 069	1 640
entspricht NRd KSB® Anker	R32/15	R51/7T	R51/7T	R51/9T	T76/6T	T76/8T	T76/6T	T76/10T	T76/10T	T76/8T	T76/10T	T76/10T	T76/12T	T76/12T	T76/12T	

S560 (N80)

Fyk/1.75 F kN	278	664	582	793		920	1 049			1 176					1 687	2 600
entspricht NRd KSB® Anker⁰⁰⁰	R51/35	T76/6T	T76/6T	T76/8T		T76/12T	T76/12T									

Die Lieferfrist aller KÜROR® beträgt mindestens 2 – 3 Wochen.

Stahlqualität

EN 10025	UNI 7070	API 5CT	Fließgrenze		Dehnung	Zusammensetzung				
			min. N/mm ²	min. N/mm ²		C	Mn	P	S	Si
S 235	Fe 360	–	235	340–470	26	0.17	1.40	0.035	0.035	0.350
S 275	Fe 510	–	275	410–560	22	0.18	1.50	0.035	0.035	0.350
S 355	Fe 510	–	355	490–630	22	0.22	1.60	0.035	0.035	0.550
–	–	J 55	379	517	24	0.37	1.45	0.030	0.030	0.350
–	–	K 55	379	655	19.5	0.37	1.45	0.030	0.030	0.350
S560	–	N 80	551	689	18.5	0.36	1.45	0.030	0.030	0.350

Weitere Angaben siehe:



Siehe Ankerzubehör
Seite 41

Legende

 Druck	 Zug
 Vorgespannt (VS)	 Druck / Zug
 Permanent	 Jet

Berechnungsformeln

Widerstandsmoment

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

Querschnittsfläche

$$S \text{ cm}^2 = \frac{\pi}{4} \times (De^2 - Di^2)$$

Gewicht kg/m

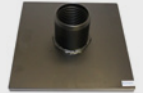
$$\text{Kg/m} = (De - Sp) \times Sp \times \pi \times 0.00785$$

De = Aussendurchmesser // Di = Innendurchmesser // Sp = Wanddicke // $\pi = 3.14$



Zubehör

Steckplatte



Injektionsöffnung (12/16 mm)



Nachinjektionsventil (12/16 mm)



Aufgeschweisster Pfahlfuss



Aufgeschweisste Bohrkrone



Injektionsadapter



Einhebe-Adapter



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 Querschnittsvermindierungen 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. Längsverbindung

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.

Die Festigkeitsabminderung für die Längsverbindungen auf Zug betragen



Male/Female
~ 60 % Abminderung



Male/Male und einer Muffe
~ 30 % Abminderung



Female/Female und Nippel
~ 25 % Abminderung

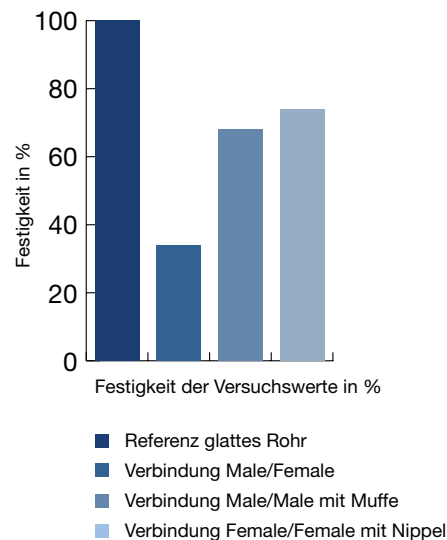
Die Festigkeitsabminderung für die Längsverbindungen auf Zug betragen:

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

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

Versuchsergebnisse mit Verbindungen



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 mm² bis zu 1894 mm². 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 %.

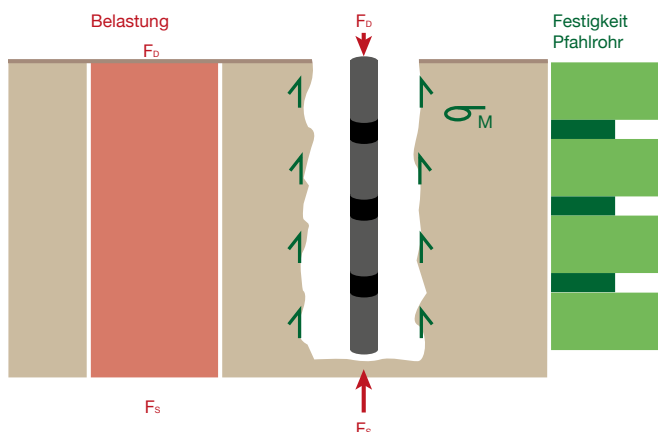
5. Spitzendruck

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.

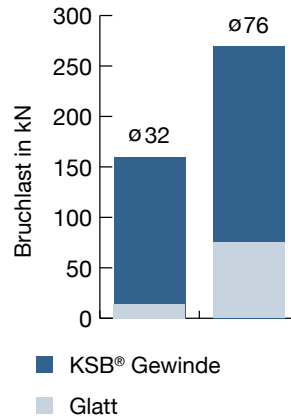
6. Verbund Pfahlrohr und Zement

Durch Versuche wurde die Verbundspannung zwischen Pfahlrohr und **KÜMIX**[®]-Injektionsmörtel ermittelt. Für eine glatte Oberfläche beträgt sie ungefähr 0.7 N/mm². 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



Versuchsergebnisse Zugversuch Mantelreibung (mit **KÜMIX**[®])



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.

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.



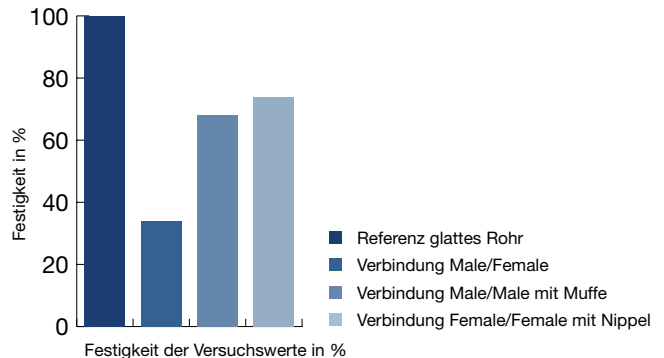
KÜROR®

KSB®

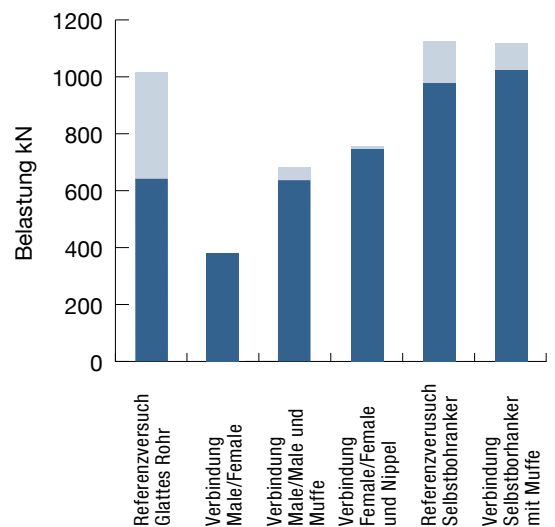
Vorteile	Vorteile
Preiswert	Unverrohrte Bohrung
Guter Knickwiderstand	Geringerer Arbeitsaufwand
Hohe Einzellasten auf Druck	Gute Längsverbindung
Geeignet für Gebäudeunterfangungen	Durchgehendes Gewinde
Einsatz mit Strumpf möglich	Geprüftes System
	Verfügbarkeit
	Keine Abminderungen

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

Versuchsergebnisse mit Verbindungen

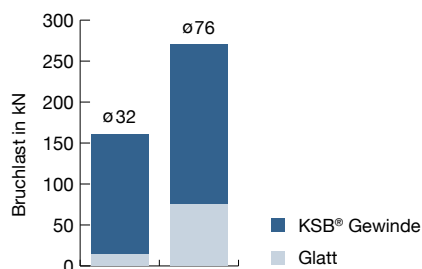


Zugversuche im Vergleich glattes Rohr (KÜROR®) und gerolltes Rohr (KSB®)



Erhöhung bis Bruchkraft	372.50	0.00	44.60	9.52	147.37	95.19
Mittelwert Fließbeginn	641.17	380.20	636.90	746.67	977.96	1022.63

Versuchsergebnisse Zugversuch Mantelreibung (mit KÜMIX®)



Bezeichnungen Mikropfähle

Mikropfähle

Kräfte	N_d	Kraft im Pfahl auf Bemessungsniveau
	F_{yk}	Fließgrenze des KÜROR® auf charakteristischem Niveau
	F_{tk}	Bruchkraft des KÜROR® auf charakteristischem Niveau
	ΔF	Kraftinkremente/Kraftstufen bei Ankerversuchen
Widerstände	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
Einwirkungen / Bemessungswerte	N_d	Einwirkung in Längsrichtung auf Bemessungsniveau
	Q_d	Einwirkung in Querrichtung auf Bemessungsniveau
	M_d	Momenten-Einwirkung auf Bemessungsniveau
Geometrische Bezeichnungen	L	Pfahllänge
	A	Querschnittsfläche des KÜROR®
	L_{bd}	Verankerungslänge
Kennwerte	f_t	Zugfestigkeit
	f_y	Fließgrenze
	E	Elastizitätsmodul
Verschiebungen	ΔL	Gesamtverschiebung Pfahl
	ΔL_i	Am luftseitigem Zugglied zur Zeit
	ΔL_{el}	Elastische Verschiebung
	ΔL_{pl}	Plastische Verschiebung
Widerstandsbeiwerte	γ_{mf}	Material-Widerstandsbeiwert
	η_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

$$R_i = \eta_i \cdot R_{mat,d} = 0.8 \cdot \frac{A \cdot f_y}{1.15} \quad (\text{nach SIA-Normen})$$

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

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

Gewichtstabelle

kg/m	3.6	4	4.5	5	5.6	5.9	6.3	7.1	8	8.8	9.5	10	11	12.5	14.2	16	17.5	20	22.2	25	28	30	
48.3	4	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									
60.3	5	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	5.9	6.5	7.3	8	8.9	9.3	9.9	11	12.2	13.3	14.2	14.8	16	17.7	19.5	21.3	22.6	24.6					
73	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	7.7	8.7	9.6	10.6	11.1	11.8	13.2	14.7	16	17.1	17.9	19.4	21.6	23.9	26.2	28	30.8	33	35.4			
88.9	7.6	8.4	9.4	10.3	11.5	12.1	12.8	14.3	16	17.4	18.6	19.4	21.1	23.5	26.1	28.8	30.8	34	36.5	39.4			
95	8.1	9	10	11.1	12.3	13	13.8	15.4	17.2	18.7	20	21	22.8	25.4	28.3	31.2	33.4	37	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	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	43.4	47	51.1	55.2	57.7	
114.3	9.8	10.9	12.2	13.5	15	15.8	16.8	18.8	21	22.9	24.5	25.7	28	31.4	35	38.8	41.8	46.5	50.4	55	59.6	62.3	
121	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	11	12.1	13.6	15	16.8	17.6	18.7	21	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	11.5	12.7	14.3	15.8	17.6	18.5	19.7	22	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	16.6	18.5	19.5	20.7	23.2	26	28.4	30.5	32	34.9	39.2	43.9	48.8	52.7	59	64.3	70.7	77.1	81.1	
146	12.6	14	15.7	17.4	19.4	20.4	21.7	24.3	27.2	29.8	32	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	13.8	15.3	17.1	19	21.2	22.3	23.7	26.6	29.8	32.6	35	36.7	40.1	45.1	50.7	56.4	61	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	42.7	48	53.9	60.1	65	73.1	79.9	88.3	96.8	102	
177.8	15.5	17.1	19.2	21.3	23.8	25	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	23.3	26	27.3	29.1	32.7	36.6	40.1	43.1	45.3	49.5	55.8	62.8	70.1	76	85.6	93.8	104	114	121	
203	17.7	19.6	22	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	90.2	98.9	110	121	128	
219.1	19.1	21.2	23.8	26.4	29.5	31	33	37.1	41.6	45.6	49.1	51.5	56.4	63.7	71.7	80.1	87	98.2	108	120	132	140	
229		22.2	24.9	27.6	30.8	32.4	34.6	38.8	43.6	47.8	51.4	54	59.1	66.7	75.2	84	91.2	103	113	126	139	147	
244.5		23.7	26.6	29.5	33	34.7	37	41.5	46.6	51.1	55	57.8	63.3	71.5	80.6	90.1	97.9	111	122	135	149	159	
273		26.5	29.8	33	36.9	38.8	41.4	46.5	52.3	57.3	61.7	64.8	71	80.3	90.6	101	110	125	137	153	169	180	
298.5		29	32.6	36.2	40.4	42.6	45.4	51	57.3	62.8	67.7	71.1	78	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	68.5	75.2	81	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	78.8	88.6	97.3	105	110	121	137	155	174	190	216	238	266	296	316	
508				62	69.3	73	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		

