



Prüfung der
Frühfestigkeit von
Spritzbeton mittels
Setzbolzenverfahren
Hilti DX 450-SCT

Bedienungsanleitung

Dezember 2011

Vorwort

Diese Bedienungsanleitung wurde von der Business Unit Direct Fastening der Hilti Aktiengesellschaft in Abstimmung und Zusammenarbeit mit Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Kusterle von der HS-Regensburg erstellt.

Diese Bedienungsanleitung ist eine Aktualisierung der Fassung vom Jänner 2009. Die Neuerung besteht im Wesentlichen in der Berücksichtigung der aktuellen Fassung der Richtlinie „Spritzbeton“ des ÖVBB vom Dezember 2009.

Schaan, 20. Dezember 2011

Inhalt

1 Einführung2

2 Frühfestigkeit von Spritzbeton3

 2.1 Regelwerke und weiterführende Literatur4

 2.2 Definitionen5

 2.3 Messprinzipien5

 2.4 Übersicht Messverfahren6

3 Setzbolzenverfahren: Hilti DX 450-SCT.....7

 3.1 Verfahrensschritte7

 3.2 Prüfausrüstung.....8

 3.3 Setzen der Gewindebolzens10

 3.4 Zur Auswahl der Gewindebolzen13

 3.5 Beispiel: Druckfestigkeit mit DX 450-SCT und Grüner Kartusche (Standardverfahren)14

 3.6 Arbeitsanweisung nach ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, Ausgabe 12/2009 Setzbolzenverfahren (Messbereich 2 bis 16 N/mm²)16

 3.7 Auswertung Regelfall17

 3.8 Eichung17

4. Bohrkernentnahme18

5. Entwicklung der Festigkeit des Jungen Spritzbetons.....19

Anhänge

Anhang 1 DX 450-SCT mit Grüner Kartusche: Prüfprotokoll zur Druckfestigkeitsberechnung für das **Standardverfahren**

Anhang 2 DX 450-SCT mit Gelber Kartusche: Prüfprotokoll zur Druckfestigkeitsberechnung für das Sonderverfahren

Anhang 3 DX 450-SCT mit Grüner Kartusche: Kalibrierkurve für das **Standardverfahren**

Anhang 4 DX 450-SCT mit Gelber Kartusche: Kalibrierkurve für das Sonderverfahren

Anhang 5 Für die Eichung verwendete Mischungen

Anhang 6 Entwicklung der Festigkeit des Jungen Spritzbetons

Anhang 7 Bestellinformation

1 Einführung

Die Grundlagen für diese Bedienungsanleitung sind die EN 14488-2, Ausgabe 11/06 und die ÖVBB Richtlinie Spritzbeton, Dezember 2009. Diese aktuelle Ausgabe der Richtlinie ist derzeit erst in deutscher Sprache von der Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bautechnik veröffentlicht. Die englische Übersetzung der aktuellen Richtlinie wird für Mitte 2012 erwartet.

Kontakt zur ÖVBB:

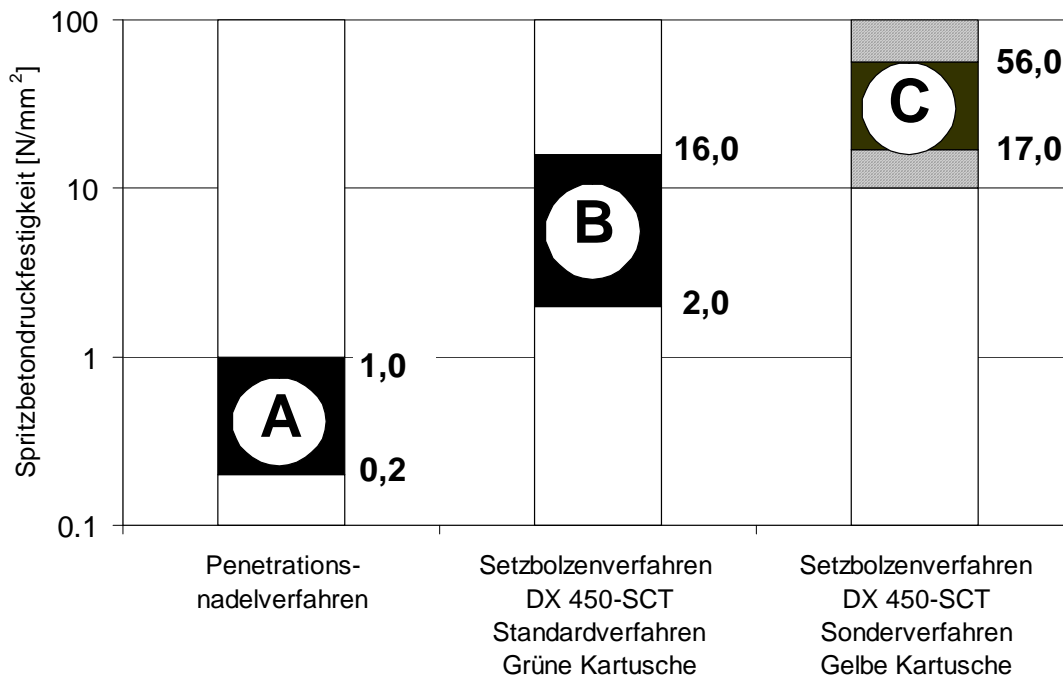
Karlgasse 5, A-1040 Wien

E-Mail: office@ovbb.at; Telefon: +43 1 504 15 95, Telefax: +43/1/504 15 95-99.

Homepage: www.concrete-austria.com

Das in dieser Bedienungsanleitung beschriebene Setzbolzenverfahren zur Ermittlung der Druckfestigkeit wurde ursprünglich von Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Kusterle an der Technischen Universität Innsbruck entwickelt.

Die folgende Grafik zeigt den Anwendungsbereich der verschiedenen Prüfverfahren.



A - Penetrationsnadelverfahren ϕ 3 mm

B - Setzbolzenverfahren mit Hilti **DX 450-SCT** und Grüner Kartusche und Gewindebolzen (d = 3,7 mm): **Standardverfahren** für den Festigkeitsbereich zwischen 2,0 und 16,0 N/mm²

C1 - Bohrkerne für den Festigkeitsbereich > 10,0 N/mm²

C2 - Setzbolzenverfahren mit Hilti **DX 450-SCT** und Gelber Kartusche und Gewindebolzen (d = 3,7 mm): **Sonderverfahren** für den Festigkeitsbereich zwischen 17,0 und 56,0 N/mm²

Ab 2009 wird das bisher verwendete Gerät DX 450 L unter der neuen Bezeichnung **DX 450-SCT** vertrieben. **SCT** steht für **Sprayed Concrete Testing**.

Das DX 450-SCT wird mit der richtigen Prüfausrüstung, fertig montiert im Hilti Prüfkoffer, geliefert (Artikelnummer: 233871). Der Prüfkoffer hat zusätzlich Platz für weiter erforderliche Prüfausrüstung (siehe Abschnitt 3.2. und Anhang 7).

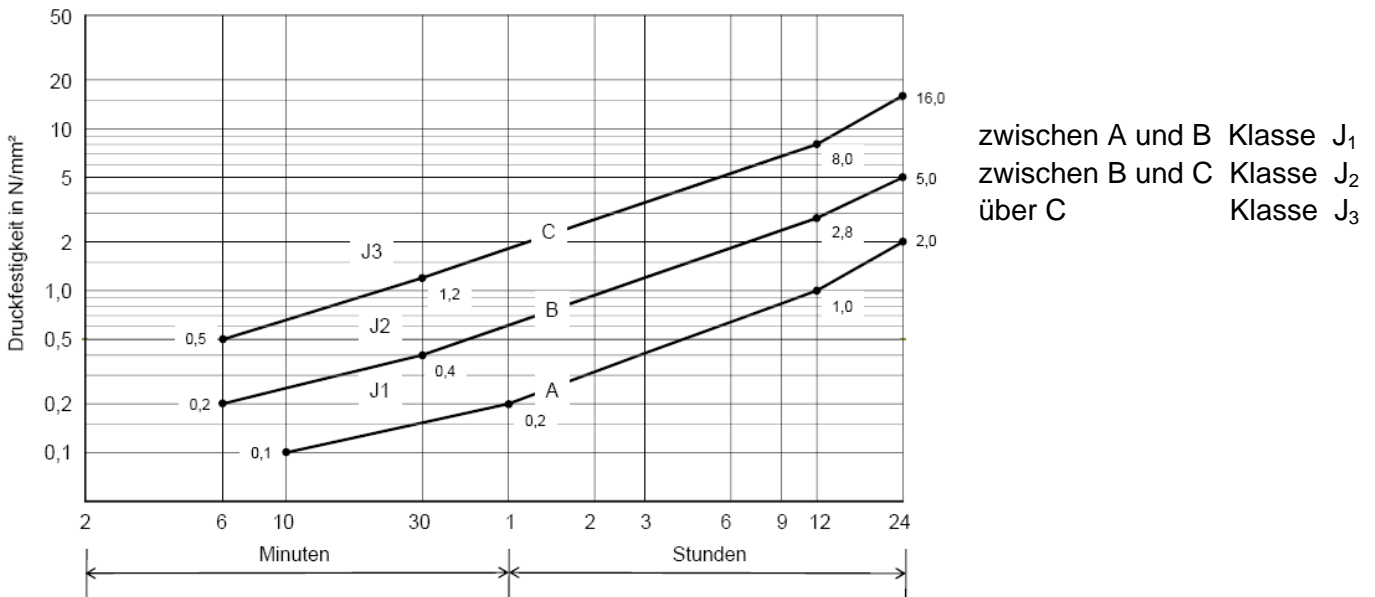
Für Beratung und Produktbestellung setzen Sie sich bitte mit der Hilti Marktorganisation in Ihrem Land in Verbindung. Kontakte finden Sie auf unserer Homepage www.hilti.com.

2 Frühfestigkeit von Spritzbeton

Beim Auftrag von Spritzbeton im Tunnelbau müssen vielfach dicke Schichten über Kopf und an senkrechter Wand appliziert werden. Dies ist nur mit Spritzbeton mit raschem Erstarrungsverlauf und erhöhter Frühfestigkeit möglich. Dazu kommen spezielle Bindemittel oder im Regelfall Bindemittel in Kombination mit Erstarrungsbeschleunigern zum Einsatz.

Sicherheitsanforderungen verlangen eine ausreichend genaue Kenntnis der aktuellen Festigkeit. Je nach Einsatz werden unterschiedliche Anforderungen an die Frühfestigkeit gestellt und die Einhaltung der entsprechenden Festigkeiten ist auch nachzuweisen. Die üblichen Klassen der Frühfestigkeit sind in EN 14487-1 (mit Maßstabfehler) und der ÖVBB Richtlinie „Spritzbeton“ zu entnehmen.

Frühfestigkeitsklassen des Jungen Spritzbetons



Achtung: Über die Jahre wurde dieses Diagramm geringfügig angepasst. Verwenden Sie das Diagramm, das für Ihre Bauaufgabe vertraglich festgelegt ist.

Im Folgenden ein Auszug aus der ÖVBB Richtlinie „Spritzbeton“ (Ausgabe 12/2009) mit einem Beschrieb der Frühfestigkeitsklassen sowie den erforderlichen Prüfungen:

„Eine entsprechende Festigkeitsentwicklung in den ersten Minuten ist Voraussetzung für den Auftrag über Kopf, (Festigkeit nach 2 Minuten 0,1 bis 0,2 N/mm²). Die Festigkeitsentwicklung in den ersten Minuten hat auch großen Einfluss auf die Staubeentwicklung und den Rückprall, weil bei einer zu raschen Festigkeitsentwicklung der Spritzbeton unmittelbar nach dem Auftreffen an der Wand erhärtet und die Grobanteile des nachfolgenden Spritzbetons sich schlecht einbetten können. Deshalb ist es zur Verringerung der Staub- und Rückprallentwicklung günstig, wenn der Messwert nach zwei Minuten bei normalen Verhältnissen für den Spritzbetonauftrag 0,2 N/mm² nicht übersteigt.“

Spritzbeton J₁ eignet sich für den Auftrag von dünnen Lagen auf trockenem Untergrund ohne besondere statische Anforderungen und hat den Vorteil von wenig Staubeentwicklung und Rückprall.

Die Anforderung J₂ ist gegeben, wenn Spritzbeton in dicken Lagen (auch über Kopf) mit hoher Leistung aufgetragen werden soll; weiters bei leichtem Wasserandrang und bei Beanspruchung durch unmittelbar nachfolgende Arbeitsvorgänge (z.B. das Bohren von Ankerlöchern, Eintreiben von Dielen, Erschütterung durch Sprengschlag).

Die Anforderung J_2 ist auch bei rasch auftretenden Einwirkungen aus Gebirgsdruck, Erddruck oder nachdrängenden Lasten gegeben. Die Festlegung des Bereichs richtet sich auch nach dem Auslastungsgrad des Jungen Spritzbetons.

Spritzbeton J_3 sollte wegen erhöhter Staubentwicklung und vermehrtem Rückprall nur bei echtem Bedarf vorgeschrieben werden (z.B. großer Wasserandrang, statische Anforderungen, rascher Vortrieb).

Die Festigkeitsentwicklung des Jungen Spritzbetons wird mit den Prüfverfahren, die hier beschrieben werden, ermittelt. Die Zeitpunkte der Messung und das Prüfverfahren sind während des Zeitraumes von 2 Minuten bis 3 Stunden der Festigkeitsentwicklung so anzupassen, dass ein möglichst kontinuierlicher Verlauf ermittelt wird (die im Diagramm angeführten Zeitpunkte sind als Richtwerte zu betrachten), wobei aufgrund der vorgegebenen Prüfverfahren Festigkeiten zwischen 1,0 und 2,0 N/mm² messtechnisch nicht erfasst werden können. Zeitpunkte sind projektspezifisch auf Grund der Ergebnisse der Erstprüfung zwischen den Partnern so festzulegen, dass Messzeitpunkte nicht in den Bereich zwischen 1,0 und 2,0 N/mm² fallen. In allen Fällen ist der Nachweis des Verlaufs von 6 Minuten bis zum Erreichen von 1,0 N/mm², und zumindest je ein Wert nach 4 bis 9 Stunden (im Messbereich Verfahren B) und nach 24 Stunden zu erbringen. Der Nachweis der Festigkeit zwischen 9 und 24 Stunden ist nur bei Angabe zusätzlicher Prüfzeitpunkte zu prüfen (z.B. J_2 und nach 12 h: 5,0 N/mm²).“

[Auszüge aus ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, Ausgabe 12/2009]

2.1 Regelwerke und weiterführende Literatur

Regelwerke

- ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, Ausgabe 1998
- ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, Ausgabe 2004
- ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, Ausgabe 12/2009
- ÖNORM EN 14488-2 Prüfung von Spritzbeton: Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton. Ausgabe 11/06
- ÖNORM EN 14487-1 Spritzbeton – Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformität; Ausgabe 5/06
- ÖNORM EN 14487-2 Spritzbeton - Teil 2: Ausführung, Ausgabe 1/07

Bemerkung: Das Setzbolzen-Standardverfahren ist in jeder Ausgabe enthalten, die Sonderverfahren nur in einigen Ausgaben, eine Übersicht findet sich unter 2.4.

Weiterführende Literatur

- Kusterle, W.: Optimierung der Komponenten für Spritzbeton. Dissertation Universität Innsbruck, 1984.
- Kusterle, W.: Ein kombiniertes Verfahren zur Beurteilung der Frühfestigkeit von Spritzbeton. Beton- und Stahlbetonbau, Heft 9/1984.
- Testor, M.; Kusterle, W.: Ermittlung von Spritzbetondruckfestigkeiten, Modifiziertes Setzbolzenverfahren und Abhängigkeit der Druckfestigkeit von der Probekörpergeometrie. Zement + Beton 3 / 1998.
- Leitner, Ch.: Indirekte Verfahren zur Druckfestigkeitsbestimmung von Spritzbetonen. Diplomarbeit Universität Innsbruck, 1998.

2.2 Definitionen

Frühfestigkeit	Festigkeit des Jungen Spritzbetons. Die Anforderung an die Frühfestigkeit erfolgt in Frühfestigkeitsklassen (Bereiche J ₁ , J ₂ , J ₃).
Junger Spritzbeton	Spritzbeton bis zum Alter von 24 Stunden.
Spritzbeton (SpC)	Beton, der durch Spritzen von Mischgut und gegebenenfalls Wasser und/oder Erstarungsbeschleuniger mit hoher Auftreffgeschwindigkeit aufgetragen und bei diesem Vorgang verdichtet wird.
Penetrationsnadelverfahren	Verfahren, bei dem eine Nadel ($\varnothing 3 \pm 0,1$ mm) mithilfe eines Penetrometers in den Jungen Spritzbeton getrieben wird. Gemessen wird die Eindringkraft bei 15 ± 2 mm.
Setzbolzenverfahren	Verfahren, bei dem ein Bolzen mit einer definierten Energie in den Beton mittels eines Bolzensetzgerätes gesetzt wird und anschließend unter Messung der Ausziehkraft mit einer Ausziehvorrichtung gezogen wird.

2.3 Messprinzipien

Eine direkte Messung der Frühfestigkeiten an Probekörpern ist nicht möglich, da Würfel oder andere Formen nicht zielsicher eingespritzt werden können. Wegen der rauen Tunnelumgebung können nur robuste Messverfahren zum Einsatz kommen. Folgende Anforderungen müssen erfüllt werden: Unkompliziert, schnell, nachträglich überall einsetzbar, Messung auf spritzrauer Oberfläche, keine Störung durch Faserarmierung.

Zwei Messverfahren haben sich durchgesetzt, die beide indirekt über das Eindringen eines dünnen Eindringkörpers arbeiten.

Das **Penetrationsnadelverfahren**, bei dem eine Nadel 15 mm in den Beton unter Erfassung der dazu notwendigen Kraft eingedrückt wird, für die ersten Frühfestigkeiten bis etwa 1,0 N/mm².

Das **Setzbolzenverfahren**, bei dem Setzbolzen mit definierter Setzenergie in den Beton eingetrieben werden und die anschließend unter Messung der notwendigen Kraft ausgezogen werden. Das Setzbolzenverfahren ist ab Festigkeiten von etwa 2 N/mm² einsetzbar. Als Prüfparameter wird das Verhältnis Ausziehkraft zu Eindringtiefe herangezogen.

Neben dem **Standardverfahren (Hilti DX 450-SCT mit Grüner Kartuschen)** wurden auch Verfahren mit anderem Messbereich (1 bis 8 MPa, 17 bis 56 MPa) kalibriert. In der Regel soll aber nur das Standardverfahren eingesetzt werden, um Verwechslungen auf der Baustelle zu vermeiden.

Sowohl das Penetrationsnadel- als auch das Setzbolzenverfahren haben sich weltweit auf Tunnelbaustellen bewährt.

Für die Bestimmung von Festigkeiten über 10 N/mm² werden in der Regel Bohrkerne gezogen.

2.4 Übersicht Messverfahren

Messbereich	Verfahren	Kartusche	Energieeinstellung DX 450-SCT	Größtkorn	Gestein	Regelwerk**
0,2 bis 1,0 MPa	Penetrationsnadelverfahren	-	-	0-8 0-11 0-16	Dolomitisch/ kalzitisch (für dieses Verfahren nicht relevant)	EN 14488-2 ÖVBB 1998 ÖVBB 2004 ÖVBB 2009
1 bis 8 MPa	Setzbolzenverfahren Hilti DX 450	Weiß***, Sonderverfahren	1*	0-8/11	Dolomitisch/ kalzitisch	ÖVBB 1998
2 bis 16 MPa	Setzbolzenverfahren Hilti DX 450-SCT	Grün Standardverfahren	1*	0-8/11 0-16	Dolomitisch/ kalzitisch	EN 14488-2 ÖVBB 1998 ÖVBB 2004 ÖVBB 2009
				0-16	Hartgestein (Diabas)	EN 14488-2
17 bis 56 MPa	Setzbolzenverfahren Hilti DX 450-SCT	Gelb Sonderverfahren	2*	0-8/11	Dolomitisch/ kalzitisch	ÖVBB 2004

* für Kolbenführung L 140 kalibriert (entspricht der Geräteausrüstung des DX 450-SCT, Art.Nummer 233871), im Sonderfall einer alternativen Kolbenführung L125 sind andere Einstellungen zu verwenden (siehe Abschnitt 3.2).

** ÖVBB = ÖVBB Richtlinie Spritzbeton mit jeweiligem Ausgabedatum

*** Älteres Verfahren, wird heute im Allgemeinen nicht mehr verwendet.

Hinweis: Eine detaillierte Arbeitsanweisung zu Durchführung und Auswertung beim Penetrationsnadelverfahren ist in den zitierten Regelwerken gegeben.

3 Setzbolzenverfahren: Hilti DX 450-SCT

3.1 Verfahrensschritte

Der generelle Ablauf ist beim Standard- und Sonderverfahren unter Beachtung der jeweiligen Sicherheitsvorschriften derselbe.

1. Eintreiben eines Hilti Gewindebolzen X-M6-8-52-D12, X-M6-8-72-D12 oder X-M6-8-95-D12 mittels Hilti Bolzensetzgerät DX 450-SCT.
 - Standardverfahren „Grüne Kartusche“, Einstellung 1.
 - Sonderverfahren „Gelbe Kartusche“, Einstellung 2.
2. Messung und Protokollieren des Bolzenvorstandes NVS über der Betonoberfläche.
3. Rechnerische Ermittlung der Eintreibtiefe h_{nom} der Gewindebolzen im Spritzbeton.
4. Ermittlung der Auszugslasten N_u der Gewindebolzen mittels Auszugsgerät Hilti Mark 5 oder Hilti HAT 28 (Hilti Anchor Tester 28).
5. Rechnerische Ermittlung der bezogenen Auszugslast (N_u/h_{nom}) pro Gewindebolzen.
6. Berechnung der mittleren, bezogenen Auszugslast.
7. Berechnung der Spritzbetonfestigkeit aus den Kalibrierkurven.
 - Standardverfahren „Grüne Kartusche“, Kalibrierkurve Anhang 3
 - Sonderverfahren „Gelbe Kartusche“, Kalibrierkurve Anhang 4

Hinweise:

Wird noch das ältere Prüfgerät Hilti Tester 4 verwendet, müssen noch die abgelesenen Werte mittels einem prüfgerätspezifischem Kalibrierblatt korrigiert werden: $N_u \rightarrow N_u'$ (siehe Anhang 1 und 2). Bei Verwendung des Prüfgerätes Mark 5 ist keine Korrektur erforderlich. Hier gilt dann $N_u = N_u'$.

In der Spritzbetonrichtlinie des ÖVBB werden die Auszugslasten N_u mit F bzw. P und die Eintreibtiefe h_{nom} mit L bezeichnet.

Der Tester HAT28 ist identisch mit dem Auszugsgerät Mark 5. HAT28 entspricht der neuen Tester-Bezeichnung.

3.2 Prüfausrüstung

<p>Bolzensetzgerät:</p>	<p>DX 450-SCT</p>  <p>Geräteausrüstung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • L 140 Kolbenführung¹ • 45/SL 1 Standplatte • 45/FL 1 Bolzenführung • 45/M6-8L Kolben²
<p>M6 Gewindebolzen:</p>	<p>X-M6-8-52 D12 , Gesamtlänge 60 mm X-M6-8-72 D12 , Gesamtlänge 80 mm X-M6-8-95 D12 , Gesamtlänge 103 mm</p> 
<p>Kartuschen:</p>	<p>6.8/11M grün für $f_c = 2$ to 16 N/mm^2, das <u>Standardverfahren</u> 6.8/11M gelb für $f_c = 17$ to 56 N/mm^2</p>
<p>Auszugstester:</p>	<p>Hilti Mark 5 bzw. HAT28 mit Gewindeknopf 6/M6</p>

Bestellinformation

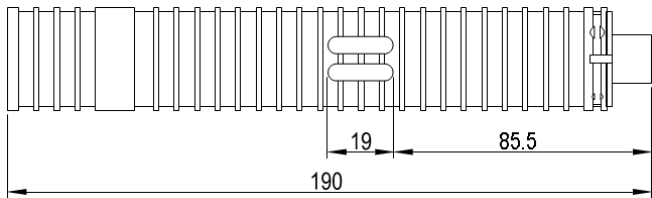
Das Bolzensetzgerät DX 450-SCT ist im Hilti-Prüfkoffer mit der Artikelnummer 233871 zu beziehen. Der Auszugstester ist separat zu bestellen. Der Hilti Prüfkoffer beinhaltet aber Raum für den Auszugstester Mark 5, Gewindebolzen und Kartuschen. Eine Zusammenstellung aller Artikelnummern ist im Anhang 7 gegeben.

Hinweis zu unterschiedlichem Kolbenführungstyp L125

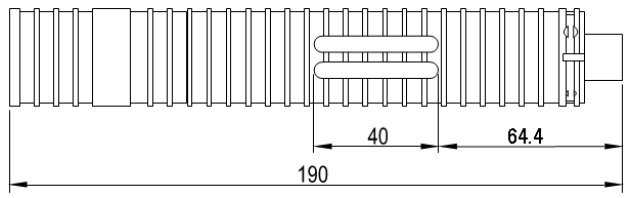
Das Bolzensetzgerät DX 450-SCT wird standardmäßig mit der Kolbenführung L140 ausgeliefert. Dies entspricht dem in vielen Märkten bisher üblichen Standard (u.a. Österreich). In einigen wenigen Märkten wurden früher aber auch Geräte DX 450 L mit einem abweichenden Kolbenführungstyp L125 verwendet. Bei Verwendung der Kolbenführung L125 reduziert sich die Eintreibenergie.

Geometrisch unterscheiden sich die Kolbenführungen durch die unterschiedlichen Längen der Gasablassschlitze (40 mm bei der L125 und 19 mm bei der L140). Der Kolbenführungstyp kann über die Länge der Schlitze einfach identifiziert werden.

Standardausführung DX 450-SCT, L 140 Kolbenführung (hoher Energie), kurze Schlitze (19 mm)



L 125 Kolbenführung (niedriger Energie): lange Schlitze (40 mm)



Ist ausnahmsweise nur eine L125 Kolbenführung verfügbar (z.B. bei Verwendung eines älteren Gerätes DX 450-L), kann das Setzbolzenverfahren dennoch gewendet werden. Es ist dann aber die Energieeinstellung am Gerät wie folgt anzupassen:

- Standardverfahren: Grüne Kartusche, Einstellung 1,625
- Sonderverfahren: Gelbe Kartusche, Einstellung 2,5

¹ Hinweis: In der ÖVBB Richtlinie wird noch die alte Bezeichnung 45/KFL verwendet.
² Hinweis: In der ÖVBB Richtlinie wird noch die alte Bezeichnung 45/NKL verwendet.

Hilti Mark 5 bzw. HAT28 Auszugstester

Hilti empfiehlt das Mark 5 bzw. HAT28 Prüfgerät für das Prüfverfahren. Der Tester HAT28 ist identisch mit dem Auszugsgerät Mark 5. HAT28 entspricht der neuen Tester-Bezeichnung.



- Das Mark 5 bzw. HAT28 Prüfgerät kann mit verschiedenen Manometern, die mittels einer Steckverbindung am Prüfgerät schnell montiert werden können, eingesetzt werden. Für das Standardverfahren mit Grüner Kartusche wird das 0 – 5 kN Manometer empfohlen, welches ein genaues und leichtes Ablesen der Auszugslast ermöglicht. Wird gegebenenfalls beim Sonderverfahren mit gelber Kartusche eine höhere Last als 5 kN erreicht, stehen Manometer mit Skalen 0 – 10 kN, 0 – 15 kN, 0 – 20 kN und 0 – 25 kN zur Verfügung (siehe Bestellinformation im Anhang 7).
- Ein weiterer Vorteil des Mark 5 bzw. HAT28 Prüfgerätes ist – im Vergleich zum Vorgängermodell Hilti Tester 4 – der größere Hub von 50 mm.

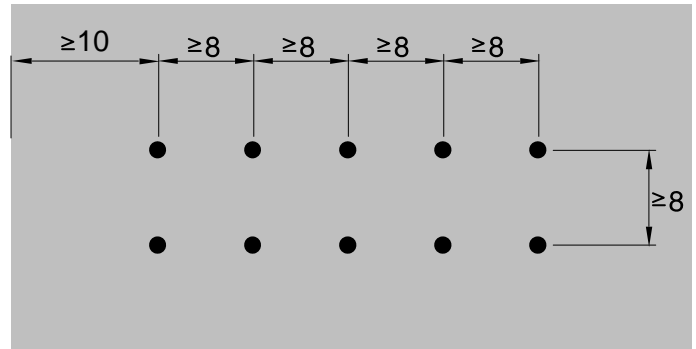
Prüfanweisung Mark 5 bzw. HAT28:

1. Den M6 Gewindeknopf auf den Gewindebolzen schrauben.
2. Roten Schleppzeiger zurück auf Null stellen.
3. Positionieren des Prüfgerätes über dem Gewindebolzen, sodass die Gabel der Zugstange den Gewindeknopf von unten greift und der Bolzen in Achsrichtung gezogen wird.
4. Drehen des Bedienungshebels: Zuerst wird der Schlupf überwunden und danach die Zuglast auf den Gewindebolzen aufgebracht. Weiterdrehen bis zum Auszug des Gewindebolzens und entsprechendem Lastabfall am Manometer.
5. Ablesen der maximalen Last am roten Schleppzeiger des Manometers.



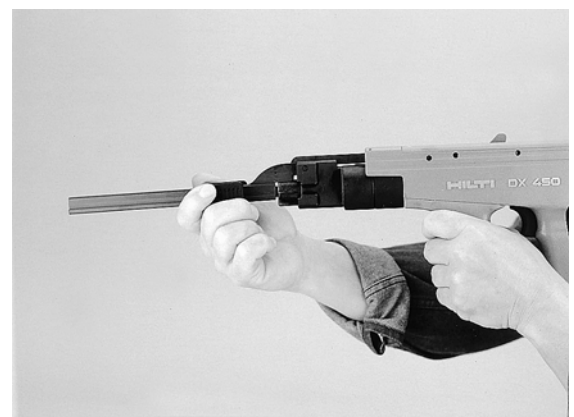
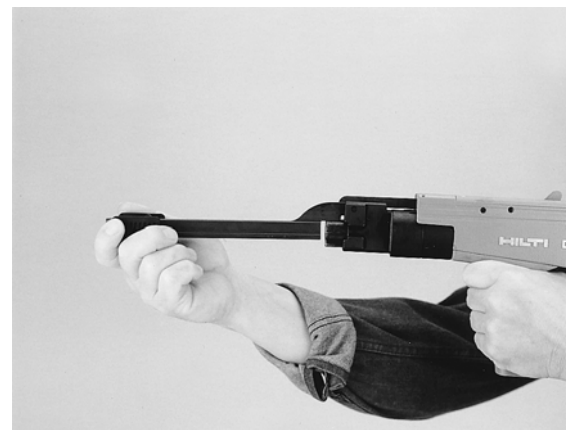
3.3 Setzen der Gewindebolzens

- Setzen von 10 Gewindebolzen der gleichen Größe pro Serie.
- Der Abstand zwischen den Bolzen darf 8 cm nicht unterschreiten. Von Kanten sind 10 cm Abstand einzuhalten.



Zur vollständigen Information über Sicherheit, Bedienung und Wartung des Bolzensetzgeräts, lesen Sie die Bedienungsanleitung des Geräts Hilti DX 450. Die folgenden Anweisungen sind dieser Bedienungsanleitung entnommen und decken nur die Handhabung des Gerätes ab.

1. Das DX 450 mit der Mündung nach oben halten, den M6 Bolzen mit der Spitze zuerst in den Lauf des Repetierhebels einführen und fallen lassen.
2. Repetierhebel mit leichtem Ruck nach oben aus der Fixierung lösen und um 180° nach vorne schwenken.
3. Den Griff am Repetierhebel bis zum Anschlag nach hinten schieben (dadurch wird der Bolzen richtig in der Bolzenführung positioniert).
4. Griff wieder zurückführen und den Repetierhebel in die Ausgangsstellung bringen.



5. Kartuschenstreifen von unten in den Griff einführen und so weit wie möglich einschieben (dadurch wird die erste Kartusche in die richtige Stellung gebracht).



6. Leistungseinstellung LE kontrollieren. Die LE muss der Kalibrierung entsprechen. Falls die Basis der Kalibrierung eine der Kalibrierkurven (Anhang 3, Anhang 4) dieser Anleitung ist, beträgt die LE für das Bolzensetzgerät DX 450-SCT:

Standardverfahren: Grün 1

Sonderverfahren: Gelb 2



Hinweis zu unterschiedlichem Kolbenführungstyp L125

Für den Sonderfall des Einsatzes einer L125 Kolbenführung (siehe Abschnitt 3.2) beträgt die Energieeinstellung beim Standardverfahren „Grüne Kartusche“ 1,625 (Hinweis: Das Drehrad rastet in den Achtelpositionen zwischen 1 und 2 ein.) bzw. 2,5 beim Sonderverfahren „Gelbe Kartusche“.



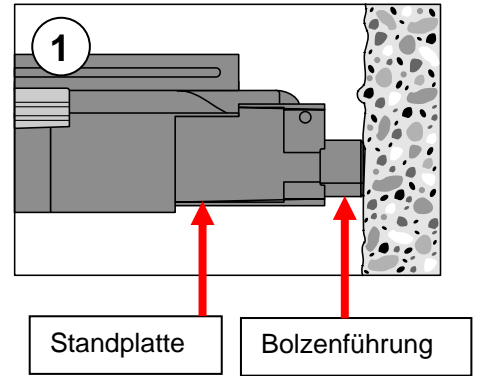
1,625



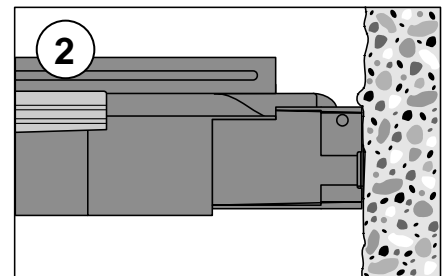
2,5

7. Setzen der Gewindebolzen **X-M6-8-52 D12**, **X-M6-8-72 D12** oder **X-M6-8-95 D12**

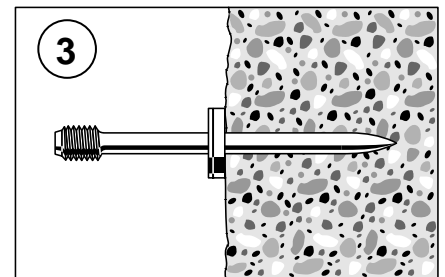
- ① Gerät an die Stelle bringen, wo der Bolzen gesetzt werden soll.



- ② Gerät gegen den Beton bis zum Anschlag¹⁾ anpressen.



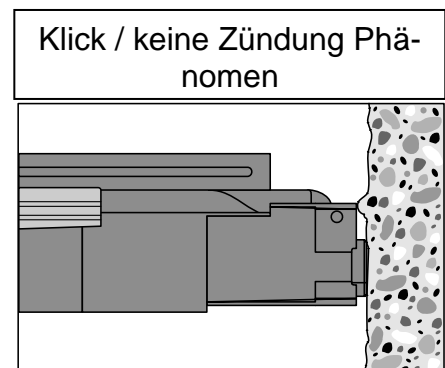
- ③ Abzug betätigen, um den Bolzen zu setzen.



- 1) Um eine Kartusche zur Zündung zu bringen, ist es notwendig, dass die Bolzenführung vollständig in die Standplatte hineingeschoben wird.

Sollte die Bolzenführung 1 bis 2 mm aus der Standplatte heraus schauen, kann der Abzug betätigt werden, ohne dass die Kartusche zündet. Es wird dann lediglich ein "Klick" zu hören sein und das Gerät muss repetiert werden, bevor der Abzug wieder betätigt werden kann. Repetieren schiebt den Kartuschenstreifen vor und eine Kartusche geht "verloren". Dieses 1 – 2 mm kleine Zündungsfenster gibt dem Gerät eine Schrägstellungssicherheit für Standard Stahl- und Betonanwendungen.

Die Oberfläche von Spritzbeton ist normalerweise sehr rau. Die Standplatte kann auf einer lokalen Unebenheit anstehen, was zum "Klick / keine Zündung" Phänomen führen kann. Um dies zu vermeiden, positionieren Sie die Standplatte auf eine etwas vorstehende, möglichst ebene Stelle, sodass die Standplatte am Untergrund vollflächig aufliegt.

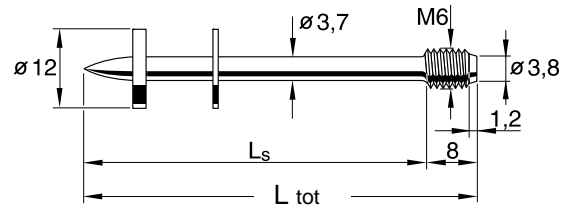


- 8. Schritte 1., 2., 3., 4. und 7. wiederholen, um die restlichen Gewindebolzen zu setzen.

- 9. Trocknen Sie – vor allem nach kleinen Prüfserien – Kolben und Kolbenführung, um Korrosion zu vermeiden, sofort nach dem Prüfeinsatz.

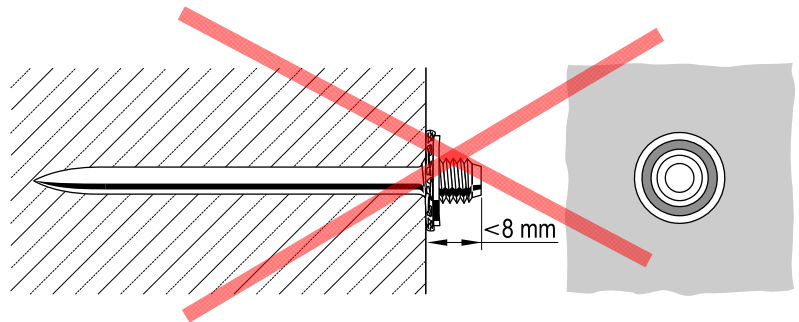
3.4 Zur Auswahl der Gewindebolzen

Das Bolzenprogramm für den Test besteht aus Gewindebolzen in 3 verschiedenen Längen.



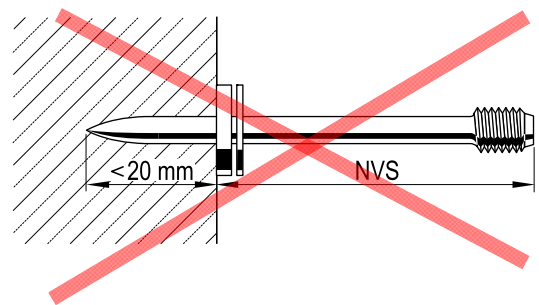
$L_s = 52, 72, 95 \text{ mm}$

Wenn der längste Bolzen tiefer eindringt als seine Schaftlänge (**NVS < 8 mm**), muss der Test wiederholt werden, nachdem der Spritzbeton etwas härter geworden ist.



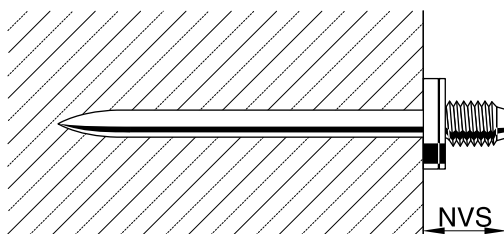
Beträgt die Eindringtiefe h_{nom} im Beton weniger als 20 mm, ist der nächstkürzere Bolzen zu verwenden. Die Eindringtiefe errechnet sich aus gesamter Bolzenlänge L_{tot} minus Nagelvorstand ($h_{nom} = L_{tot} - NVS$).

Gewindebolzen	Maximale NVS (mm)
X-M6-8-52 D12	$60 - 20 = 40$
X-M6-8-72 D12	$80 - 20 = 60$
X-M6-8-95 D12	$103 - 20 = 83$

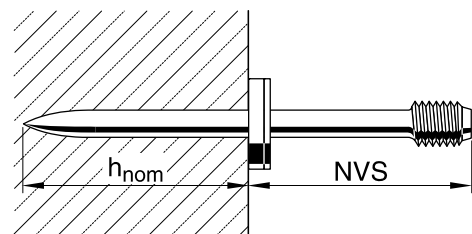


Der Auszugstest ist leichter durchzuführen, wenn der Vorstand kleiner als 30 mm ist.

Anforderung: **NVS** $\geq 8 \text{ mm}$



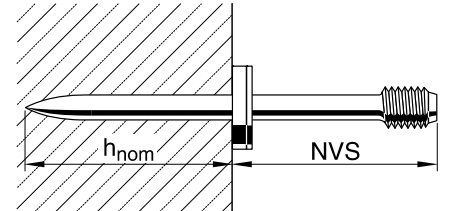
Empfehlung: **NVS** $\leq 30 \text{ mm}$



3.5 Beispiel: Druckfestigkeit mit DX 450-SCT und Grüner Kartusche (Standardverfahren)

Unter Beachtung der Setzanweisungen werden mit den grünen Kartuschen, Einstellung 1, 10 Gewindebolzen des gleichen Typs gesetzt. Ein Formular für das Prüfprotokoll ist in Anhang 1 gegeben. Die Eichkurve ist in Anhang 3 dargestellt.

1. Für jeden Bolzen Messung des Vorstandes **NVS** und Eintrag in Spalte (4) des Protokolls Anhang 1.
2. Für jeden Bolzen Berechnung der Eindringtiefe h_{nom} und Eintrag in Spalte (5).



(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)		(7)		(8)		(9)		(10)		
Tageszeit [h : min.]		Zeit nach dem Spritzen (1) - t ₀ [h : min.]		Bolzentyp und Gesamtlänge Ltot [mm]		Bolzenvorstand NVS [mm]		Eindringtiefe h _{nom} = Ltot - NVS [mm]		Auszugswert N _u abgelesen, [N]		Effektiver Auszugswert N _{u'} **) [N]		N _{u'} / h _{nom} [N/mm]		Mittelwert N _{u'} /h _{nom} Σ N _{u'} /h _{nom} /10 [N/mm]		Würfeldruckfestigkeit Kalibrierkurve Anhang 3		
Alle Messungen und Berechnungen in derselben Reihenfolge wie die Bolzen gesetzt wurden																				
16:00		4:30		M6-8-52 60 mm		25	35	900	-	25,7										
						18	42	1100	-	26,2										
						23	37	900	-	24,3										
						18	42	1000	-	23,8										
						20	40	1200	-	30,0										
						20	40	1100	-	27,5										
						17	43	1250	-	29,1										
						14	46	1300	-	28,3										
						17	43	1150	-	26,7										
						21	39	1050	-	26,9										
												Σ =	268,5	26,9	3,8					

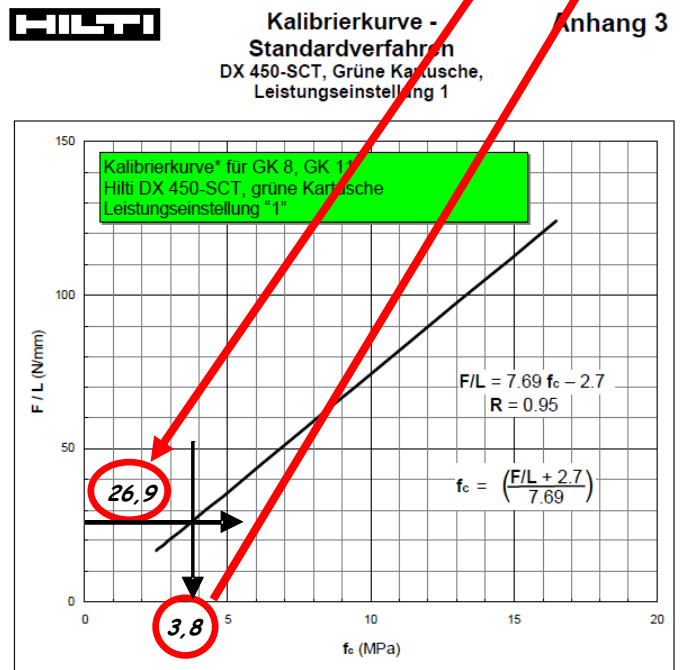
*) Grün 1 für Standardausrüstung des Gerätes DX 450-SCT. Wird ein Gerät DX 450 mit Kolbenführung L125 verwendet beträgt die Leistungseinstellungen 1.625.
**) diese Spalte ist reserviert für korrigierte Auszugswerte, nur notwendig bei Verwendung des früheren Hilti Tester 4. Wird das Auszugsgerät Mark 5 verwendet: Wert in (7) = Wert in (6).

3. Auszug aller Gewindebolzen mit dem Auszugstester Hilti Mark 5. Eintragen aller abgelesenen Auszugswerte **N_u** in die Spalte (6) des Protokolls.
Hinweis: Bei Verwendung des Auszugsgeräts Mark 5 ist keine Korrektur des abgelesenen Wertes erforderlich → **N_u = N_{u'}**
4. Berechnung der bezogenen Auszugslast **N_{u'}/h_{nom}** für jeden Bolzen und Eintrag in Spalte (8). Anschließend Berechnung des Mittelwerts von **N_{u'}/h_{nom}** und Eintrag in Spalte (9).
5. Mit dem Mittelwert **N_{u'}/h_{nom}** (entspricht **F/L** in der Kalibrierkurve Anhang 3) wird mittels der Kalibrierkurve Anhang 3 die Spritzbetonfestigkeit abgelesen. Alternativ, Berechnung der Festigkeit mit der Formel **f_c = (N_{u'}/h_{nom} + 2,7) / 7,69**.

Berechnung der Betondruckfestigkeit							Anhang 1			
DX 450-SCT: Standardverfahren, Grüne Kartusche, Einstellung 1 *)										
Datum: 21.08.2000		Prüfgerät: DX 450-SCT Typ und Seriennummer: 123123			Lufttemperatur: 20° C		Mischguttemperatur: 32° C		Sachbearbeiter: H. Beck	
Galerie/Tunnel: Lötschberg				Station: km 7.24		Stelle: links		Auszugsgerät: Mark 5		
Korngröße: 0 - 8 mm			Zement: CEM I 42,5R		Beschleuniger: Typ 1a		Uhrzeit: Ende der Spritzarbeit, t _e = 11:30			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
Tageszeit [h : min.]	Zeit nach dem Spritzen (1) - t _e [h : min.]	Bolzentyp und Gesamtlänge L _{tot} [mm]	Bolzenvorstand NVS [mm]	Eindringtiefe h _{nom} = L _{tot} - NVS [mm]	Auszugswert Nu abgelesen, [N]	Effektiver Auszugswert Nu' **') [N]	Nu' / h _{nom} [N/mm]	Mittelwert Σ Nu' / h _{nom} / 10 [N/mm]	Würfeldruckfestigkeit Kalibrierkurve Anhang 3	
Alle Messungen und Berechnungen in derselben Reihenfolge wie die Bolzen gesetzt wurden										
16:00	4:30	M6-8-52 60 mm	25	35	900	-	25,7	268,5	26,9	3,8
			18	42	1100	-	26,2			
			23	37	900	-	24,3			
			18	42	1000	-	23,8			
			20	40	1200	-	30,0			
			20	40	1100	-	27,5			
			17	43	1250	-	29,1			
			14	46	1300	-	28,3			
			17	43	1150	-	26,7			
			21	39	1050	-	26,9			

*) Grün 1 für Standardausrüstung des Gerätes DX 450-SCT. Wird ein Gerät DX 450 mit Kolbenführung L125 verwendet beträgt die Leistungseinstellungen 1.625.
 **) diese Spalte ist reserviert für korrigierte Auszugswerte, nur notwendig bei Verwendung des früheren Hilti Tester 4. Wird das Auszugsgerät Mark 5 verwendet: Wert in (7) = Wert in (6).

6. Eintrag der Festigkeit f_c in das Protokoll Anhang 1.



7. Sollte der Beton älter bzw. hochfester sein, sind die gelben Kartuschen und die Gewindebolzen **X-M6-8-52 D12** zu verwenden (Sonderverfahren). In diesem Fall ist in analoger Weise das Protokoll Anhang 2 bzw. die Kalibrierkurve Anhang 4 zu verwenden.

**3.6 Arbeitsanweisung nach ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton, Ausgabe 12/2009
Setzbolzenverfahren (Messbereich 2 bis 16 N/mm²)**

Das Setzbolzenverfahren ist gemäß Abschnitt 2.4 in verschiedenen Regelwerken enthalten. Im Folgenden ist die Arbeitsanweisung aus der ÖVBB Richtlinie Spritzbeton (Ausgabe 12/2009) zitiert:

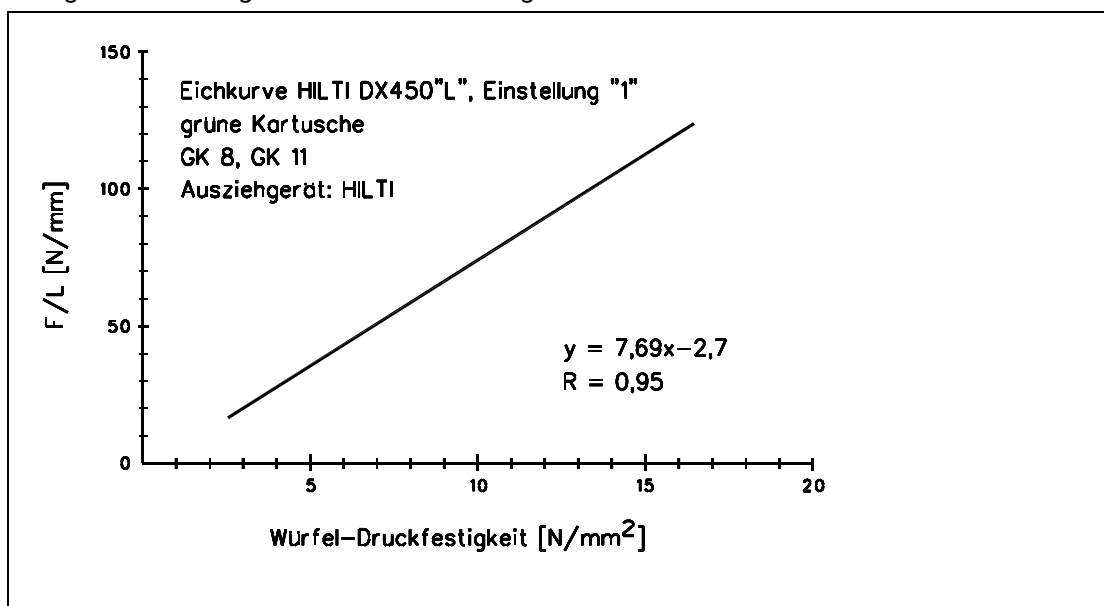
“Es werden Gewindebolzen in den Beton getrieben, die Eindringtiefe bestimmt und gleich anschließend unter Messung der Ausziehkraft gezogen. Parameter für die Bestimmung der Druckfestigkeit ist das Verhältnis Ausziehkraft zu Eindringtiefe. Das Setzgerät muss in der Lage sein einen Bolzen mit gleichmäßiger Energie 20 mm in den jungen Beton zu treiben. Als Setzgerät wird z.B. ein Sicherheitskolbengerät Hilti DX 450-SCT mit grünen Kartuschen verwendet. Setzenergie $E = 96 \pm 8$ Joule mit Kolbenführung L 140 und Bolzendurchmesser 3,7 mm.

Die Ausziehkraft (Höchstkraft) ermittelt man mit einem Ausziehprüfgerät (z.B. Hilti Tester 4 (Kalibrierkurve dieses Gerätes beachten) oder Hilti Mark 5 mit einer Genauigkeit gemäß ÖNORM EN 14488-2 von < 5%). Für den Einsatz dieser Geräte werden hier Kalibrierkurven angegeben. Das Verhalten ist für übliche Spritzbetone im Tunnelbau kalibriert (Abb. angeführt). Bei Abweichungen davon - vor allem in der Mohs'schen Härte der Gesteinskörnungen - ist eine Kalibrierung durchzuführen.

Prüfvorgang und Auswertung (Erläuterungen im Anhang der RILI und in Pkt. 5.2 der EN 14488-2)

- Kenntnisnahme der Sicherheitsvorschriften für das Setzgerät
- Bolzen laden und Gerät auf Einstellung „1“
- Gerät ansetzen und Bolzen setzen, je 10 Einzelversuche je Prüfvorgang mit > 80 mm Abstand zueinander und > 100 mm zu Kanten
- Vorstand der Bolzen messen und notieren
- Eindringtiefe ermitteln, Mindesteindringtiefe 20 mm
- Mutter befestigen und Bolzen in gleicher Reihenfolge losziehen. Belastung in Bolzenrichtung aufbringen!
- Ausziehkraft, Zeitpunkt und Prüfort festhalten, Kraft mit Kalibrierkurve des Ausziehgerätes korrigieren
- Bestimmung des Verhältnisses Ausziehkraft „P“ zu Eindringtiefe „L“
- P/L der Einzelwerte
- Mit Mittelwert aus Kalibrierkurven Würfeldruckfestigkeit entnehmen. Extrapolationen sind nicht zulässig.

Das Verfahren gestattet die Messungen an beliebiger Stelle ohne vorhergehende Vorbereitungen. Es ist daher sehr gut für Kontrollmessungen geeignet. Durch die Verteilung der Messstellen über größere Bereiche lassen sich allfällige Schwankungen der Betondruckfestigkeiten erfassen.“



3.7 Auswertung Regelfall

Die Auswertung erfolgt im Regelfall mit den angegebenen Kalibrierkurven (Anhang 3 und 4).

Eigenschaft	Prüfverfahren	Konformitäts- und Identitätskriterien
Frühfestigkeitsklasse	Hier angeführt	Einhaltung der geforderten J-Klasse über gesamte Zeit

Die Prüfhäufigkeit ist in den Regelwerken angegeben:

Prüfung	Erstprüfung	Konf.-Prüf.	ÜK I	ÜK II	ÜK III	Identitätsprüfung
Frühfestigkeitsklasse	x	x	alle 2 Monate bzw. alle 5.000 m ²	monatlich bzw. alle 2.500 m ²	2/Monat bzw. alle 1.250 m ²	alle 20.000 m ²

3.8 Eichung

Die oben angeführten Kalibrierkurven (Anhang 3 und 4) sind gut für Mischungen und Gesteinskörnungen, wie sie üblicherweise in Mitteleuropa eingesetzt werden, geeignet. Für die Erstellung wurden unterschiedliche Rezepturen unter Variation der Gesteinskörnungen, der Sieblinie, des Bindemittelgehaltes und des W/Z-Wertes berücksichtigt. Für Diabas gibt es z.B. in EN 14488-2 eine eigene Eichkurve. Die Eichungen wurden mit 20-er Würfeln durchgeführt.

Bei abweichender Mischungszusammenstellung (zu Anhang 5), vor allem in der Mohs'schen Härte der Gesteinskörnungen, empfiehlt es sich eine neue Eichkurve zu erstellen. Die Vorgehensweise ist auch kurz in der ÖVBB-Richtlinie beschrieben.

Für die Eichung verwendet man unbeschleunigte Spritzbeton-Ausgangsmischungen, bei deren Rezeptur die Rückprallverluste berücksichtigt werden (höherer Bindemittelgehalt, feinere Sieblinie). Die Mischung wird in Probeformen eingebracht, verdichtet und abgedeckt gelagert. An Würfel (oder Zylinderproben) werden nach gewissen Zeiten die Druckfestigkeiten nach den geltenden Vorschriften bestimmt. Die Entschalung erfolgt kurz vor der Prüfung. Dazu sind für diesen niedrigen Lastbereich geeignete Prüfmaschinen zu verwenden.

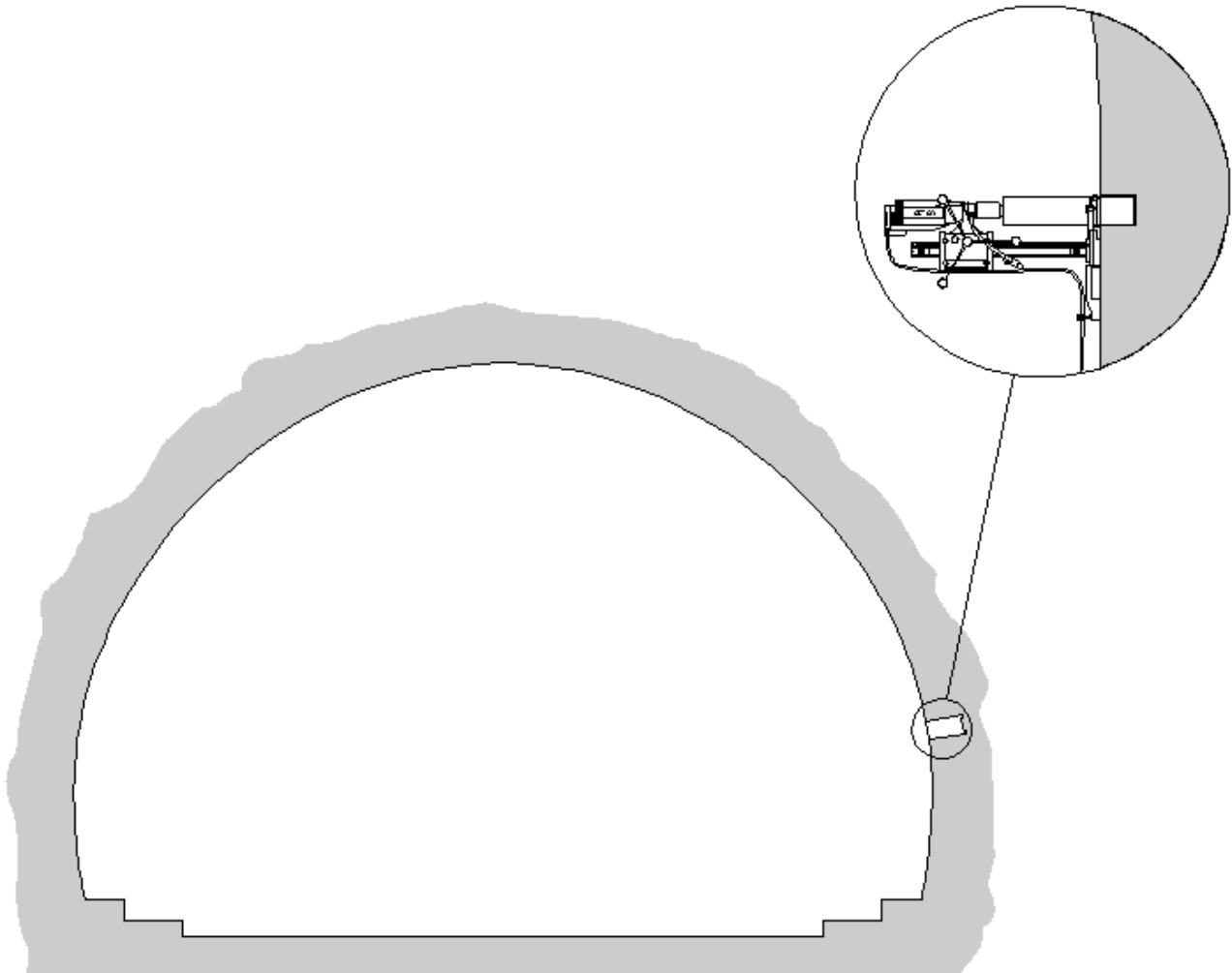
An getrennt hergestellten Platten mit etwa gleicher Kubatur, aber 10 cm Dicke werden die Versuche mit den Eindringverfahren nach der jeweiligen Prüfvorschrift durchgeführt. Die Temperaturentwicklung in den Würfeln und den Platten sollte möglichst entsprechen, um bei gleichen Hydratationsgrad zu prüfen, ev. bei gleicher Reifezahl. Die Platten bleiben während der Prüfung eingeschalt und sind satt auf dem Untergrund zu lagern. Die Prüfung hat möglichst zeitnah zu erfolgen. Mit den Ergebnissen beider Prüfungen erstellt man mit der linearen Regressionsrechnung eine Eichkurve. Der Korrelationskoeffizient sollte $R > 0,85$ betragen. Extrapolationen über die Kurve sind nicht zulässig.

4. Bohrkernentnahme

Diese Verfahren ist anwendbar bei Druckfestigkeiten $f_c \geq 10 \text{ N/mm}^2$. Die Hinweise in EN 12504-1 sind zu beachten.

Für die Entnahme der Bohrkern mit einem Nenndurchmesser von 100 mm wird z.B. folgendes Hilti Kernbohrsystem empfohlen:

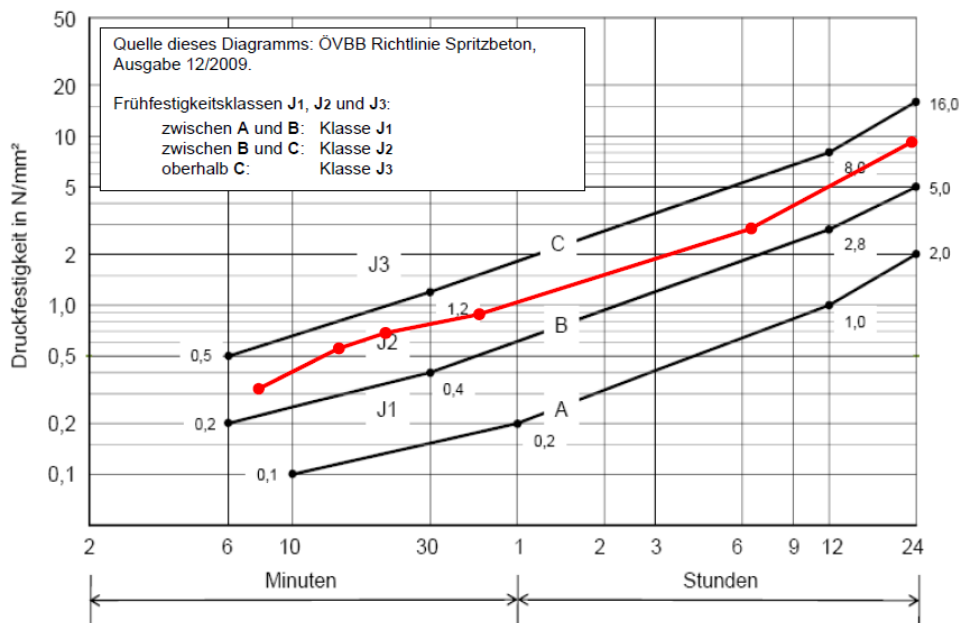
- DD 150-U 230V Diamantbohrgerät (Artikelnummer: 433323)
- DD-ST 150-U Bohrstander (Artikelnummer: 435666)
- Bohrkronen DD BI 102/320+ PS (Artikelnummer: 2022443), Arbeitslänge: 320 mm
Bohrkronen DD BI 102/320+ PL (Artikelnummer: 2022333), Arbeitslänge: 320 mm



5. Entwicklung der Festigkeit des Jungen Spritzbetons

Durch Eintragen der gemessenen Druckfestigkeitswerte in das Diagramm Anhang 6 bekommt man eine Übersicht der Festigkeitsentwicklung des Jungen Spritzbetons.

HILTI		Entwicklung Festigkeit des Jungen Spritzbetons		Anhang 6
Datum: 21.08.2000	Lufttemperatur: 20° C	Mischguttemperatur: 32° C	Sachbearbeiter: H. Beck	
Prüfgerät: Typ und Seriennummer: DX 450-SCT (123123)	Station: km 7,24		Stelle: links	
Galerie/Tunnel: Lötschberg	Beschleuniger: Typ 1a		Uhrzeit - Ende der Spritzarbeit, $t_0 = 11:30$	
Korngröße: 0 - 8 mm	Zement: CEM I 42,5R			



In dem Beispiel oben liegen alle Werte zwischen B und C. Das bedeutet, dass dieser Spritzbeton der Frühfestigkeitsklasse J₂ entspricht.

Achtung: Über die Jahre wurde dieses Diagramm geringfügig angepasst. Verwenden Sie das Diagramm, das für Ihre Bauaufgabe vertraglich festgelegt ist.



Berechnung der Betondruckfestigkeit

DX 450-SCT: Standardverfahren, Grüne Kartusche, Einstellung 1 *)

Anhang 1

Datum:	Prüfgerät: Typ und Seriennummer:	Lufttemperatur:	Mischguttemperatur:	Sachbearbeiter:
Galerie/Tunnel:		Station:	Stelle:	Auszugsgerät:
Korngröße:	Zement:	Beschleuniger:	Zeitpunkt: Ende der Spritzarbeit, $t_0 =$	

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Tageszeit [h : min.]	Zeit nach dem Spritzen (1) - t_0 [h : min.]	Bolzentyp und Gesamtlänge L_{tot} [mm]	Bolzenvorstand NVS [mm]	Eindringtiefe h_{nom} = $L_{tot} - NVS$ [mm]	Auszugswert N_u abgelesen, [N]	Effektiver Auszugswert $N_{u, **}$ [N]	$N_{u, nom}$ [N/mm]	Mittelwert $N_{u, nom}$ ($\Sigma N_{u, nom}$)/10 [N/mm]	Würfeldruck- festigkeit Kalibrierkurve Anhang 3
t =		Alle Messungen und Berechnungen in derselben Reihenfolge, wie die Bolzen gesetzt wurden							

*) Grün 1 für Standardausrüstung des Gerätes DX 450-SCT. Wird ein Gerät DX 450 mit Kolbenführung L125 verwendet, beträgt die Leistungseinstellung 1,625.

$\Sigma =$

***) diese Spalte ist reserviert für korrigierte Auszugswerte, nur notwendig bei Verwendung des früheren Hilti **Tester 4**. Wird das Auszugsgerät **Mark 5** bzw. **HAT28** verwendet: Wert in (7) = Wert in (6).



Berechnung der Betondruckfestigkeit

DX 450-SCT: Sonderverfahren, Gelbe Kartusche, Einstellung 2 *)

Anhang 2

Datum:	Prüfgerät: Typ und Seriennummer:	Lufttemperatur:	Mischguttemperatur:	Sachbearbeiter:
Galerie/Tunnel:	Station:	Stelle:	Auszugsgerät:	
Korngröße:	Zement:	Beschleuniger:	Zeitpunkt: Ende der Spritzarbeit, $t_o =$	

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Tageszeit [h : min.]	Zeit nach dem Spritzen (1) - t_0 [h : min.]	Bolzentyp und Gesamtlänge L_{tot} [mm]	Bolzenvorstand NVS [mm]	Eindringtiefe h_{nom} = $L_{tot} - NVS$ [mm]	Auszugswert N_u abgelesen, [N]	Effektiver Auszugswert $N_{u, **}$ [N]	N_u/h_{nom} [N/mm]	Mittelwert N_u/h_{nom} ($\Sigma N_u/h_{nom}$)/10 [N/mm]	Würfeldruck- festigkeit Kalibrierkurve Anhang 4
$t =$		Alle Messungen und Berechnungen in derselben Reihenfolge, wie die Bolzen gesetzt wurden							

*) Gelb 2 für Standardausrüstung des Gerätes DX 450-SCT. Wird ein Gerät DX 450 mit Kolbenführung L125 verwendet, beträgt die Leistungseinstellung 2,5.

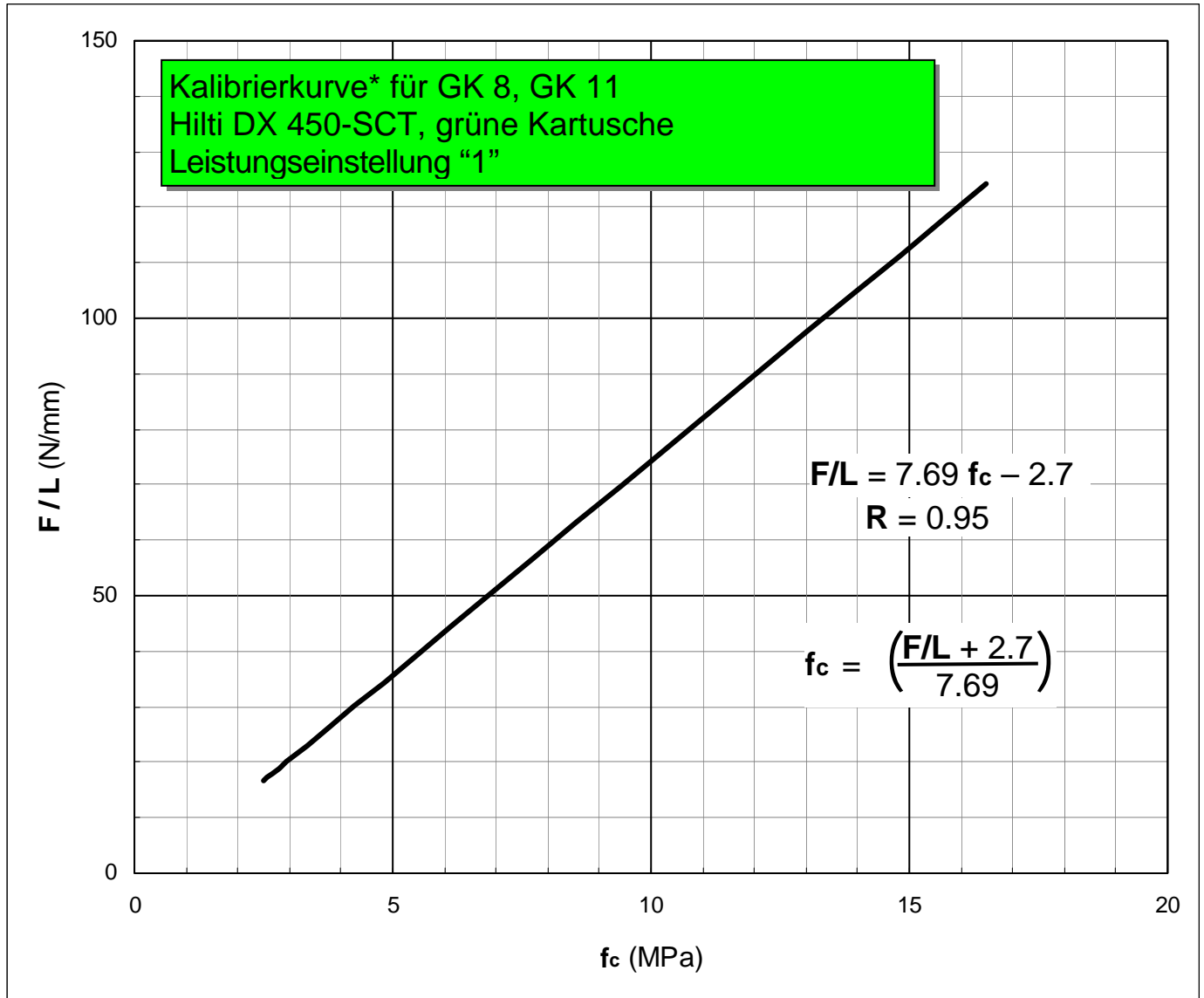
$\Sigma =$

***) diese Spalte ist reserviert für korrigierte Auszugswerte, nur notwendig bei Verwendung des früheren Hilti **Tester 4**. Wird das Auszugsgerät **Mark 5** bzw. **HAT28** verwendet: Wert in (7) = Wert in (6).



Kalibrierkurve - Standardverfahren DX 450-SCT, Grüne Kartusche, Leistungseinstellung 1

Anhang 3



* Die Quelle dieser Kalibrierkurve ist die ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton (Ausgabe 1998, 2004, 2009) bzw. EN 14488-2. Die Genauigkeit hängt von den Eigenschaften des verwendeten Spritzbetons ab und die Anwendbarkeit ist deshalb begrenzt. Hilti empfiehlt die Erstellung eines projektspezifischen Kalibrierungsdiagramms.

* Grün 1 für Standardausrüstung des Gerätes DX 450-SCT. Wird ein Gerät DX 450 mit Kolbenführung L125 verwendet, beträgt die Leistungseinstellungen 1,625.

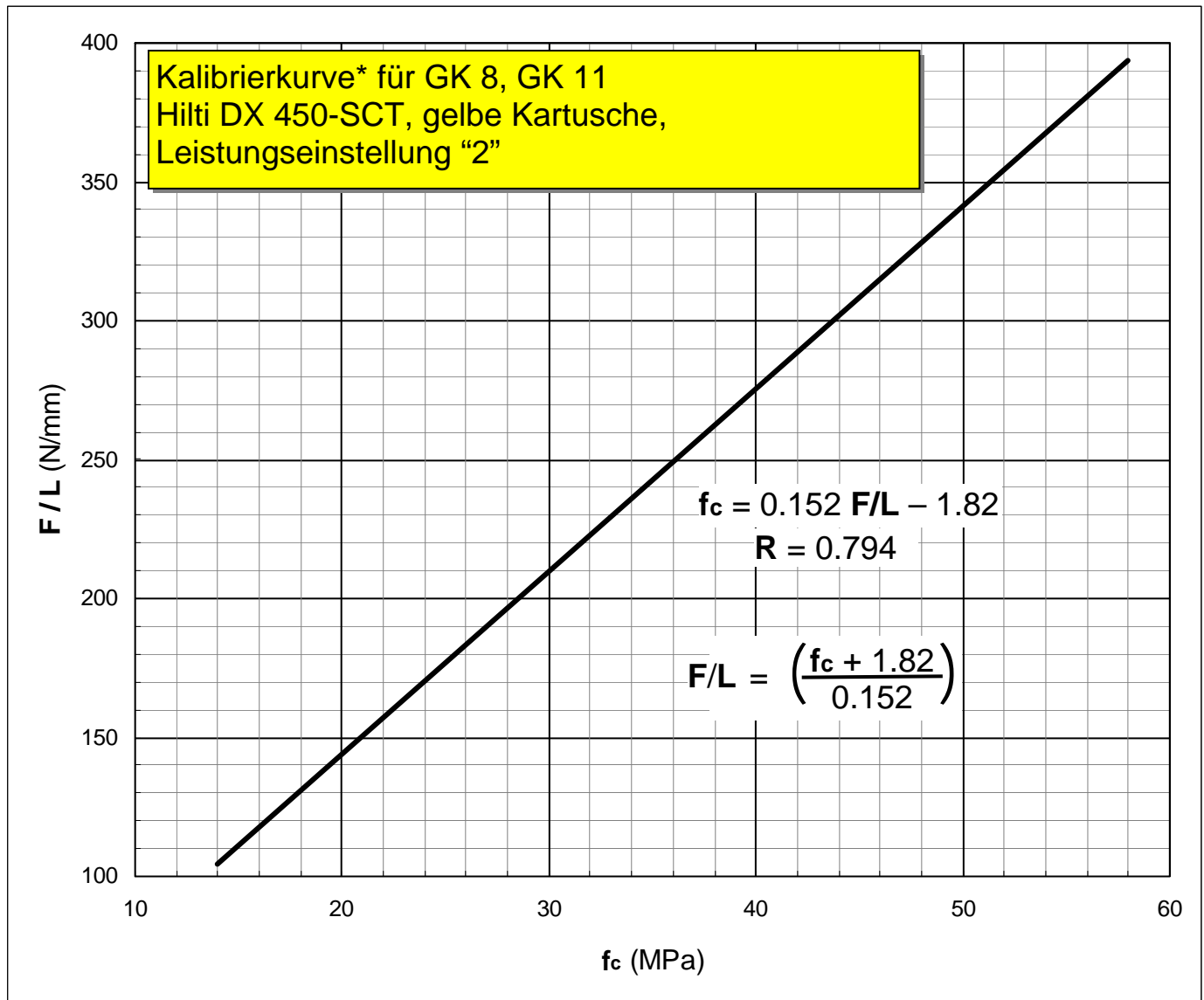
* $F/L = N_u/h_{nom}$

* R = Korrelationskoeffizient



Kalibrierkurve - Sonderverfahren DX 450-SCT, Gelbe Kartusche, Leistungseinstellung 2

Anhang 4



- * Die Quelle dieser Kalibrierkurve ist die ÖVBB-Richtlinie Spritzbeton (Ausgabe 1998, 2004). Die Genauigkeit hängt von den Eigenschaften des verwendeten Spritzbetons ab und die Anwendbarkeit ist deshalb begrenzt. Hilti empfiehlt die Erstellung eines projektspezifischen Kalibrierungsdiagramms.
- * Gelb 2 für Standardausrüstung des Gerätes DX 450-SCT. Wird ein Gerät DX 450 mit Kolbenführung L125 verwendet, beträgt die Leistungseinstellungen 2,5.
- * $F/L = N_u/h_{nom}$
- * R = Korrelationskoeffizient



Mischungen, die für die Kalibrierung (Standardverfahren) verwendet wurden Anhang 5

Mischungszusammenstellung für die Kalibrierung Hilti DX 450-SCT (Kolbenführung L140)								
Zement	W/Z	Z/K	GK	Sieblinie	Gestein	Kons.	LP	RG.
420 kg PZ 375	0,4	1 : 4,31	8	$\frac{A+B}{2}$ Kant- korn	Dolomitisch kal- zitisches Misch- gestein	K1	3,3	2,430
420 kg PZ 375	0,45	1 : 4,183	8	B₈ Rund- korn	— „ —	K1	5,4	2,296
440 kg PZ 475 (H)	0,47	1 : 3,86	8	B₈ Kant- korn	— „ —	K1	2,36	2,36
420 kg PZ 375	0,45	1 : 4,183	16	B₁₆ Rund- korn	— „ —	K2	2,4	2,39
420 kg PZ 475 (H)	0,42	1 : 4,39	16	$\frac{A+B}{2}$ Kant- korn	— „ —	K1	2,6	2,456
420 kg PZ 375	0,4	1 : 4,31	16	$\frac{A+B}{2}$ Kant- korn	— „ — + Diabas 8/16	K1	2,7	2,48
Mischungszusammenstellung für die Kalibrierung des Eindringverfahrens und Vorversuche Hilti DX 450-SCT (Kolbenführung L140)								
Zement	W/Z	Z/K	GK	Sieblinie	Gestein	Kons.	LP	RG.
355 kg PZ 375 HS + Zusatzmittel	0,4		8	$\frac{A+B}{2}$ Kant- korn	Dolomitisch kal- zitisches Misch- gestein			
400 kg PZ 375	0,43	1 : 4,76	8	B₈ Rund- korn	— „ —	K1	3,9	2,378
397 kg PZ 375	0,42	1 : 4,49	16	B₈ Kant- korn	— „ —	K1		
230 kg PZ 375	0,65	1 : 9,19	16	B₁₆ Rund- korn	— „ —	K1	2,1	2,320
400 kg PZ 375	0,5	1 : 4,58	16	$\frac{A+B}{2}$ Kant- korn	— „ —	K3	2	2,396
400 kg PZ 375	0,43	1 : 4,76	16	$\frac{A+B}{2}$ Kant- korn	— „ —	K1	---	2,450

ABKÜRZUNGEN:

W/Z	Wasser/Zement-Wert
Z/K	Verhältnis Zement / Zuschlag
GK	Größtkorn
Kons.	Konsistenz des Frischbetons
LP	Luftporengehalt
RG	Raumgewicht des Frischbetons
PZ	Portland Zement
(H)	Hüttensand

Die Zementbezeichnungen folgen den damals gültigen Österreichischen Normen.

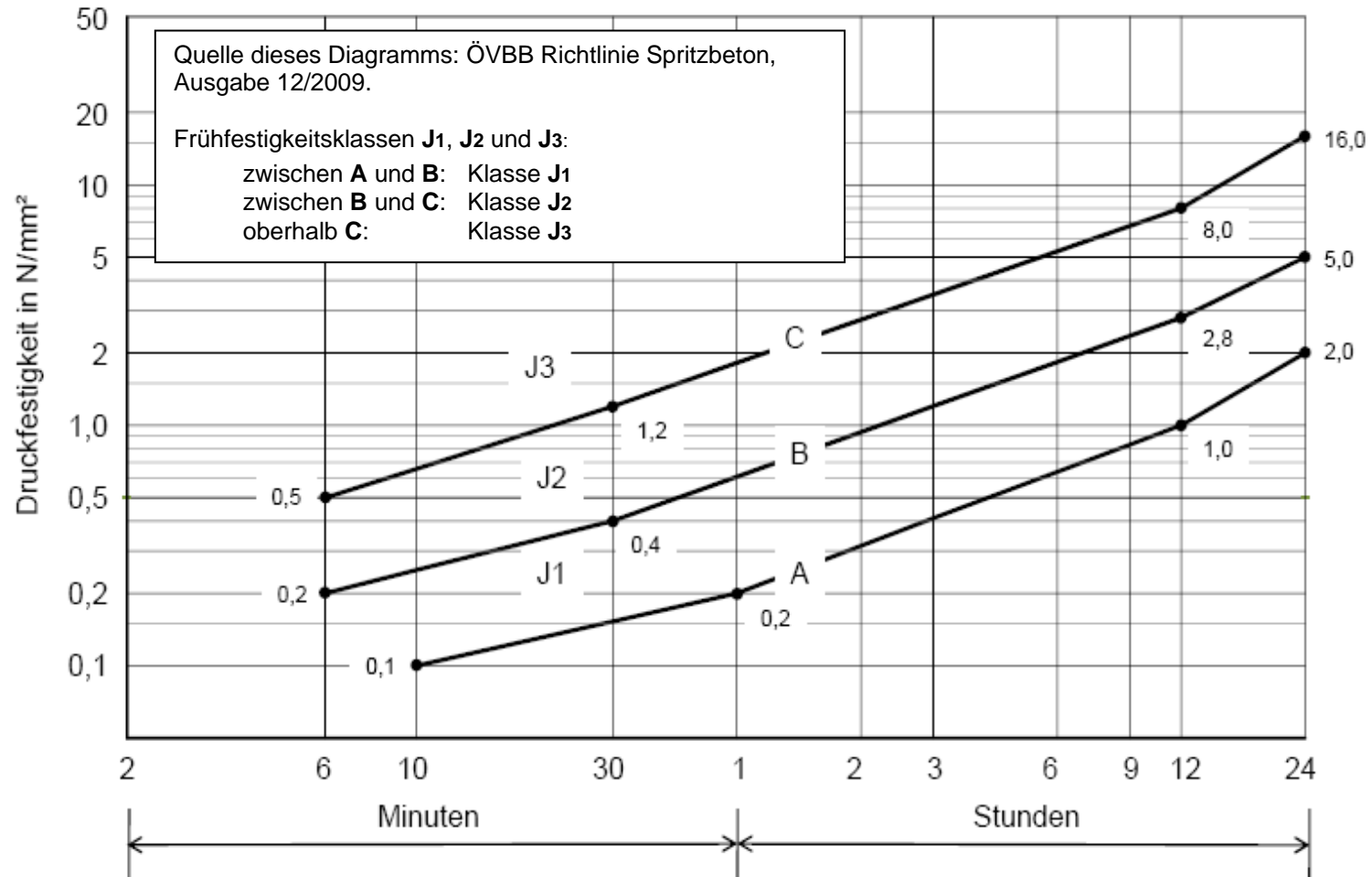
Die Eichkurve **Anhang 3** wurde mit diesen Betonen erstellt. Weicht der verwendete Spritzbeton davon ab (speziell Mohs'sche Härte der Zuschläge), sind eigene Eichkurven zu erstellen.



Entwicklung der Festigkeit des Jungen Spritzbetons

Anhang 6

Datum:		Lufttemperatur:		Mischguttemperatur:		Sachbearbeiter:	
Prüfgerät: Typ und Seriennummer:							
Galerie/Tunnel			Station:			Stelle:	
Korngröße:		Zement:		Beschleuniger:		Zeit - Ende der Spritzarbeit, $t_0 =$	



Anhang 7

Bestellinformation zum Bolzensetzgerät DX 450-SCT und zur erforderlichen Prüfausrüstung.
Entnommen aus der Broschüre:

Hilti DX 450-SCT, Sprayed Concrete Testing System – Gain more from acceleration (2008)

DX 450-SCT

Ordering designation

DX 450-SCT

Item no.

233871

Comprising a Hilti DX 450-SCT powder-actuated tool (long version) including 45/SL 1 base plate, 45/FL1 fastener guide, L140 piston guide and 45/M6-SL piston. This kit also includes the cleaning set, safety equipment and operating instructions. Packed in an impact-resistant plastic Hilti toolbox.

Please note: This item number does not include the tester, tester accessories, threaded studs or cartridges.

Accessories, consumables and spare parts for DX 450-SCT

45/SL1 base plate assembly	②	000732
45/FL1 fastener guide	③	000730
L140 piston guide	④	000787
45/M6-8L piston	⑤	088058
X-M6-8-52D12 threaded stud (100 pcs/box)	⑥	306050
X-M6-8-72D12 threaded stud (100 pcs/box)		306051
X-M6-8-95D12 threaded stud (100 pcs/box)		306052
6.8/11 green cartridge	⑦	050351
6.8/11 yellow cartridge		050352

Tester Mark 5

Tester Mark 5

236442

Comprising Hilti Tester Mark 5, 0-5 kN force gauge, M6 adapter set and operating instructions, packed in an impact-resistant plastic Hilti toolbox

Accessories and spare parts for the Tester Mark 5

Tester Mark 5 body only	⑧	285523
0- 5 kN force gauge	⑨	285525
0-10 kN force gauge		285526
0-15 kN force gauge		285527
0-20 kN force gauge		285528
0-25 kN force gauge		285529
0-30 kN force gauge		274311
6/M6 adapter set	⑩	285562



Hinweis:

Bei Bestellung der Testausrüstung DX 450-SCT mit der Artikelnummer 233871 ist der Tester Mark 5 bzw. HAT28 nicht enthalten. Der Tester ist separat zu bestellen.