



# HILTI BX 3-SCT TEST INSTRUKTIONEN

**Bestimmung der Festigkeit von Spritzbeton  
mit dem Hilti BX 3-SCT Bolzenschlagverfahren**



## VORWORT

In diesem Handbuch wird das neue Hilti BX 3-SCT System vorgestellt und beschrieben, das für die Schätzung der Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton verwendet werden soll. Das BX 3-SCT System ersetzt das bisherige System Hilti DX 450-SCT, das seit Jahrzehnten für diese Anwendung eingesetzt wird. Im Gegensatz zum DX 450-SCT verwendet das BX 3-SCT System die neue akkubetriebene Befestigungswerkzeugtechnologie. Daher werden keine Pulverpatronen mehr benötigt.

Weitere Vorteile des BX 3-SCT-Systems sind, dass ein Ziehen der Bolzen nicht mehr erforderlich ist und dass der Anwendungsbereich des Verfahrens erweitert werden konnte, jetzt ab einer Betonfestigkeit von etwa 1 N/mm<sup>2</sup> aufwärts. Für das BX 3-SCT wurde eine neue Kalibrierkurve empirisch ausgewertet. Die entsprechenden experimentellen Untersuchungen wurden an der Fakultät für Bauingenieurwesen der OTH-Regensburg (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg) in Deutschland durchgeführt. Diese Versuchsanleitung wurde von der Hilti Corporation in Zusammenarbeit mit Prof. Charlotte Thiel und Prof. Wolfgang Kusterle, beide OTH-Regensburg, erstellt. Hinweis zum DX 450-SCT System: Hilti wird den Verkauf von neuen DX 450-SCT Werkzeugen einstellen, wird aber selbstverständlich weiterhin einen Reparaturservice für die bestehenden Werkzeuge im Markt anbieten. Darüber hinaus werden die für das DX 450-SCT-Bolzensetzverfahren erforderlichen Bolzen und Kartuschen weiterhin geliefert, um das DX 450-SCT-Verfahren mit dem im Markt vorhandenen Werkzeugbestand nutzen zu können.

Dezember 2021

## INHALT

<b>1</b>	<b>Frühfestigkeit von Spritzbeton</b>	<b>4</b>
	1.1 Definitionen und Frühfestigkeitsstufen	4
	1.2 Methoden zur Prüfung der Frühfestigkeit	5
	1.3 Häufigkeit der Prüfung	6
<b>2</b>	<b>BX 3-SCT Bolzenschlagverfahren</b>	<b>7</b>
	2.1 Prüfgeräte	7
	2.2 Merkmale des BX 3-SCT und Vergleich mit dem DX 450-SCT	8
	2.3 Arbeitsschritte und Festigkeitsermittlung	9
	2.4 Übersicht der für die Kalibrierung verwendeten Betonmischungen	12
<b>3</b>	<b>Literatur und Anhänge</b>	<b>13</b>
	3.1 Literatur und Spezifikationen	13
	3.2 Anhänge	13

# 1 FRÜHFESTIGKEIT VON SPRITZBETON

## Definitionen und Frühfestigkeitsklassen

### Spritzbeton (SpC)

Aus einer Grundmischung hergestellter Beton, der pneumatisch mit hoher Geschwindigkeit aus einer Düse an Ort und Stelle geschleudert wird, um durch seine Eigendynamik eine dichte, homogene Masse zu erzeugen.

### Junger Spritzbeton

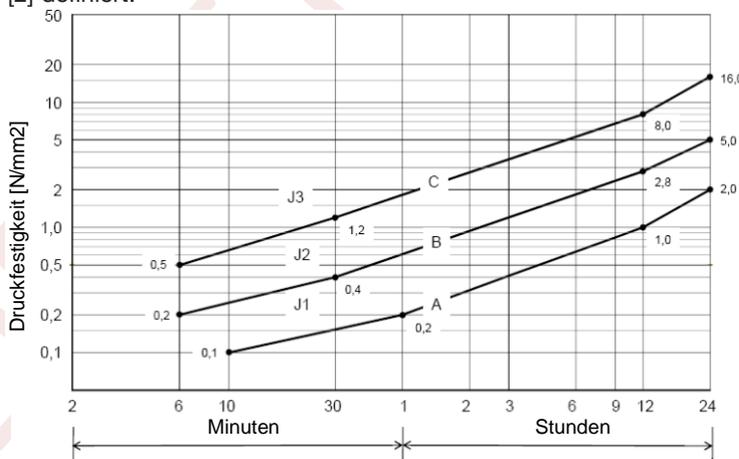
Spritzbeton bis zu einem Alter von 24 Stunden.

### Frühfestigkeit

Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton. Die Anforderungen an die Frühfestigkeit werden durch die Frühfestigkeitsklassen J1, J2 und J3 festgelegt.

Im Tunnelbau müssen oft dicke Schichten von Spritzbeton über Kopf oder an senkrechten Wänden angebracht werden. Daher wird Spritzbeton mit einer schnellen Abbindung und einer hohen Frühfestigkeit benötigt. Um diese Eigenschaften zu erreichen, werden spezielle Bindemittel oder typischerweise zementbasierte Bindemittel - oft in Kombination mit zusätzlichen zementhaltigen Stoffen - zusammen mit Beschleunigern verwendet.

Je nach Tunnelbauverfahren und Gesteinsklasse sind unterschiedliche Frühfestigkeitsstufen des Spritzbetons erforderlich. Aus Sicherheitsgründen ist eine Überprüfung der Frühfestigkeit während des Baus durch ein ausreichend genaues Prüfverfahren erforderlich. Die gängigen Frühfestigkeitsstufen J1 bis J3 sind in der ÖBV-Richtlinie<sup>1)</sup> "Spritzbeton" [1] sowie in der EN 14487-1 [2] definiert.



zwischen A und B: Class J<sub>1</sub>  
 zwischen B und C: Class J<sub>2</sub>  
 über C: Class J<sub>3</sub>

Hinweis: In den letzten Jahren wurde dieses Diagramm leicht verändert. Verwenden Sie das Diagramm, das für die jeweilige Konstruktion vertraglich festgelegt wurde.

Diagramm 1: Frühfestigkeitsklassen von jungem Spritzbeton [1]

<sup>1)</sup> ÖBV – Österreichische Bautechnik Vereinigung (Austrian Society for Construction Technology), [www.bautechnik.pro](http://www.bautechnik.pro)

## 1.2 Methoden der frühen Festigkeitsprüfung

Eine direkte Messung der Frühfestigkeit mit Probekörpern ist nicht möglich, da Würfel oder andere Testformen nicht gleichmäßig bespritzt werden können. Aufgrund der rauen Tunnelumgebung kommen nur robuste Messmethoden in Frage. Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt werden: Einfach zu bedienen, schnell, späterer Einsatz überall im Tunnel, Messung auf rauer Oberfläche möglich, keine Beeinträchtigung durch Faserverstärkung.

Zwei Messmethoden haben sich allgemein durchgesetzt:

- Penetrationsnadelverfahren
- Bolzenvortriebsmethode

Beide verwenden den indirekten Ansatz, einen dünnen Eindringkörper in den Beton zu treiben, und haben sich auf Tunnelbaustellen in der ganzen Welt erfolgreich bewährt.

Bei der "Penetrationsnadelverfahren" wird eine Nadel ( $\varnothing 3 \pm 0,1$  mm) mit Hilfe eines Penetrometers in den jungen Spritzbeton getrieben. Die Kraft, die erforderlich ist, um die Nadel  $15 \pm 2$  mm tief in den Spritzbeton zu treiben, wird aufgezeichnet. Das Verfahren ist für die anfängliche Frühfestigkeit von bis zu etwa  $1,0$  N/mm<sup>2</sup>.

Bei der "Bolzenvortriebsmethode" werden Gewindestangen verwendet, die mit einem Direktbefestigungswerkzeug mit definiertem Durchmesser in den Beton getrieben werden. Das Bolzenvortriebsverfahren wurde 1984 von Prof. Dr. Wolfgang Kusterle an der Universität Innsbruck, Österreich, entwickelt [5]. Das Verfahren Hilti DX 450-SCT ist seit den 1990er Jahren in der ÖBV-Richtlinie "Spritzbeton" [1] enthalten. Das allgemeine "Bolzenschussverfahren" wird seit 2006 als "Verfahren B" in der EN 14488-2 [4] weiter behandelt.

Abbildung 2 zeigt den Anwendungsbereich des "Nadelvortriebsverfahrens", des aktuellen DX 450-SCT sowie des neuen Bolzenschussverfahrens BX 3-SCT.

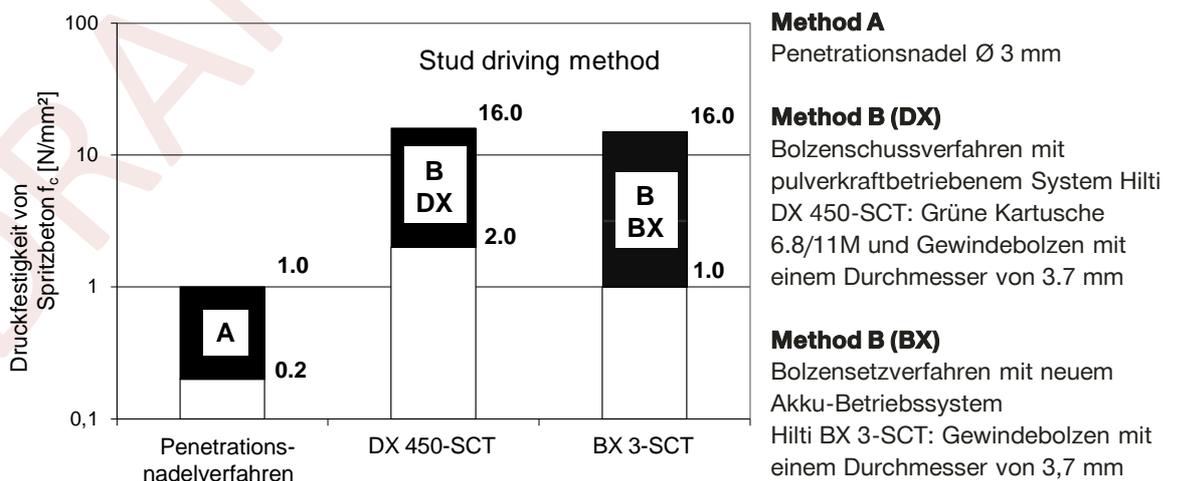


Diagramm 2: Messverfahren und Bereich der Spritzbetonfestigkeit

Bei der Hilti DX 450-SCT Grüne Kartuschen Methode werden die Bolzen in den Beton getrieben und werden anschließend wieder herausgezogen. Sie ist ab einer Betonfestigkeit von etwa 2 N/mm<sup>2</sup> bis 16 N/mm<sup>2</sup> anwendbar. Der relevante Prüfparameter ist das Verhältnis der Auszugskraft zur Einbettung des Befestigungselements. Ein historischer Überblick über die verschiedenen DX 450 Prüfverfahren findet sich in [6].

Bei der neuen Hilti BX 3-SCT Methode werden die Bolzen nur in den Beton getrieben und es ist kein Auszug aus dem Beton mehr erforderlich. Es ist ab einer Betonfestigkeit von etwa 1 N/mm<sup>2</sup> bis zu 16 N/mm<sup>2</sup> anwendbar. Der relevante Prüfparameter ist die Einbettung des Befestigungsmittels<sup>1)</sup>. Ab einer Betonfestigkeit von >10 N/mm<sup>2</sup> wird weiterhin die Prüfung von Bohrkernen aus dem Spritzbeton empfohlen.

### 1.3 Häufigkeit der Prüfung

Wie oben beschrieben ist das "Bolzenschussverfahren" in mehreren Regelwerken enthalten, wie z.B. in der ÖBV-Richtlinie "Spritzbeton" [1]. In diesen Richtlinien wird auch das geforderte Niveau der Konformitätsbewertung für Spritzbeton angesprochen, insbesondere die Überprüfung der Einhaltung der festgelegten Frühfestigkeitsklasse J.

Die Häufigkeit der Spritzbetonprüfung richtet sich nach der vorgegebenen Prüfklasse UEK I, II oder III, im Detail siehe [1]:

Testparameter	Prüfung vor dem Bau	Konformitätsbewertung	Inspektionskategorie UEK I	Inspektionskategorie UEK II	Inspektionskategorie UEK III	Identitätsverifikation
Frühfestigkeitsklasse	x	x	Alle 2 Monate oder alle 5000m <sup>2</sup>	Monatlich oder alle 2500 m <sup>2</sup>	2 pro Monat oder alle 1250 m <sup>2</sup>	alle 20 000 m <sup>2</sup>

1) Das aktuelle Versuchsprogramm an der OTH-Regensburg [7] umfasste auch die Untersuchung der Frühfestigkeit Korrelation mit dem Kraft/Einbettungsverhältnis der Bolzen. Die Ergebnisse zeigten jedoch, dass für das System BX 3-SCT die Berücksichtigung der Einbettung allein eine bessere Korrelation ergibt, vor allem im Bereich der niedrigen Frühfestigkeit (1 bis 4 N/mm<sup>2</sup>).

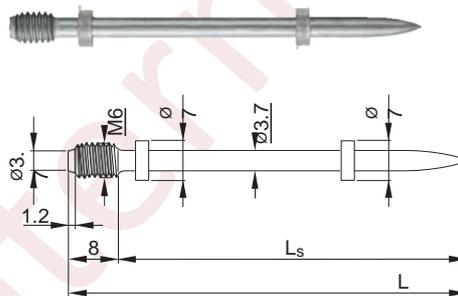
## 2 BX 3-SCT BOLZENSCHUSSVERFAHREN

### Prüfgeräte

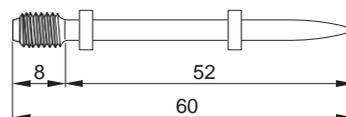
Batteriebetriebenes Werkzeug Hilti BX 3-SCT



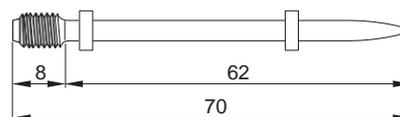
Bolzen aus verzinktem Kohlenstoffstahl mit einem Schaftdurchmesser von 3,7 mm



Ls ... Schaftlänge  
L ... gesamte Bolzenlänge  
X-M6-8-52 DP7 SCT B3



X-M6-8-62 DP7 SCT B3



X-M6-8-87 DP7 SCT B3

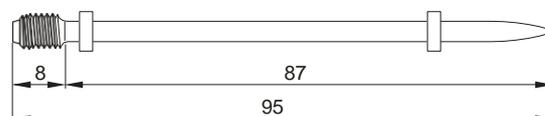


Abbildung 3: Prüfgerät BX 3-SCT

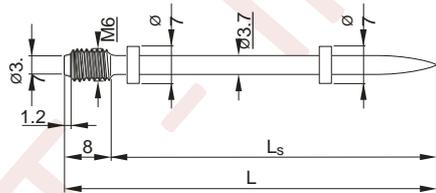
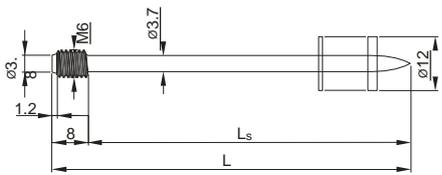
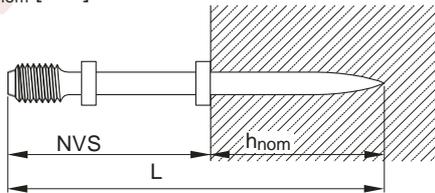
Anmerkungen zur Bolzenbezeichnung:

M6-8 ... M6-Gewinde mit einer Gewindelänge von 8 mm  
52, 62 or 87 ... Schaftlänge Ls des jeweiligen Befestigungselements  
60, 70 or 95 ... Gesamtlänge L des jeweiligen Befestigungselements

DP7 ... Doppelte Kunststoffscheiben mit einem Außendurchmesser von 7 mm  
SCT ... Bolzen für die Spritzbetonprüfung  
B3 ... Bolzen für die Verwendung mit dem batteriebetriebenen Gerät BX 3-SCT

Eine Übersicht über die Bestellinformationen findet sich in Anhang 5.

## 2.2 Merkmale des BX 3-SCT und Vergleich mit dem DX 450-SCT

Funktionen	Batterie-betrieben BX 3-SCT	Pulverbetrieben DX 450-SCT
Befestigungsprinzip & Antriebsenergie	Direktbefestigungswerkzeug mit integriertem unverlierbarem Kolben, der den Bolzen in den Beton treibt. Antriebsenergie: Mechanische Energie geladen durch einen Akkumulator. Es wird keine Pulverpatrone benötigt.	Enthält auch einen unverlierbaren Kolben, aber die Antriebsenergie stammt aus der Verbrennung einer Pulverpatrone.
Energie-einstellung des Werkzeugs <sup>1)</sup>	Nicht erforderlich. Die Werkzeugenergie ist konstant und kann nicht eingestellt werden.	Ist erforderlich. Der Bediener muss die richtige Kartusche verwenden und die richtige Antriebsenergie am Werkzeug einstellen.
Bolzen <sup>2)</sup>	M6-Bolzen mit einem Schaftdurchmesser von 3,7 mm und 3 Schaftlängen $L_s$ von 52, 62 und 87 mm.	M6-Bolzen mit einem Schaftdurchmesser von 3,7 mm und 3 Schaftlängen $L_s$ von 52, 72 und 95 mm.
	 <p>2 Kunststoff-Unterlegscheiben mit 7 mm Durchmesser</p>	 <p>1 Kunststoff- und 1 Metallunterlegscheibe mit 12 mm Durchmesser</p>
Kalibrierungsparameter	Die Kalibrierung erfolgt anhand der Einbettung des Befestigungsmittels $h_{nom}$ [mm].  Bei der Bolzeneinschlagmethode BX 3-SCT sind keine Auszugstests erforderlich.	Die Kalibrierung erfolgt über das Verhältnis von Auszugskraft zu Einbettung des Befestigungselements $N_u / h_{nom}$ [N/mm], siehe im Einzelnen [1], [4], [5], [6].
Kalibrationskurve	Da die Antriebsenergie des BX 3-SCT von der Bolzenlänge abhängt, wurden 2 separate Kalibrationskurven erstellt: Kurve A: X-M6-8-87 DP7 SCT B3 Kurve B: X-M6-8-52 DP7 SCT B3 und X-M6-8-62 DP7 SCT B3	Eine Kalibrierung für alle Bolzenlängen.

1) Energie der Werkzeuge: BX 3-SCT:  $77 \pm 7$  J, DX 450-SCT:  $96 \pm 8$  J

2) Die Verwendung von DX 450-SCT-Bolzen mit dem BX 3-SCT ist weder zulässig noch praktisch möglich, da die Bolzen nicht in der Bolzenführung des BX 3-SCT-Werkzeugs gehalten werden. Die Verwendung von BX 3-SCT-Bolzen mit dem DX 450-SCT ist ebenfalls nicht zulässig und auch praktisch nicht möglich, da diese Bolzen mit einem Durchmesser von 7 mm ebenfalls nicht im DX 450-SCT-Gerät gehalten werden.

## 2.3 Arbeitsschritte und Schätzung der Stärke

### Vor dem Start:

Lesen Sie vor der ersten Inbetriebnahme des Werkzeugs die Betriebsanleitung des BX 3-SCT als Voraussetzung für eine sichere und störungsfreie Handhabung und Nutzung des Produkts. Beachten Sie alle Sicherheitshinweise und Warnungen in der Betriebsanleitung, die jedem Werkzeug beiliegt.

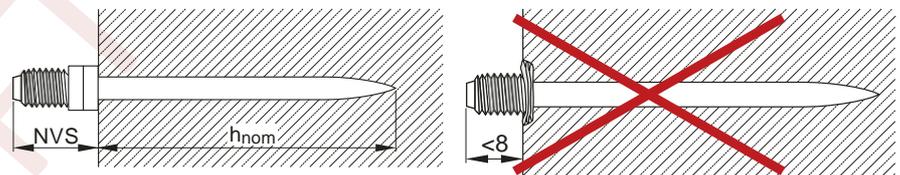
1. Wählen Sie den richtigen Bolzen für die zu erwartende Betonfestigkeit.

Bolzentyp	Frühe Festigkeitsspanne $f_c$	Bemerkungen <sup>1)</sup>
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	1 zu 4 N/mm <sup>2</sup>	Nicht kalibriert über 4 N/mm <sup>2</sup>
X-M6-8-52 DP7 SCT B3 X-M6-8-62 DP7 SCT B3	2 zu 16 N/mm <sup>2</sup>	Wann immer möglich, sollte der kürzere Bolzen X-M6-8-52 DP7 SCT B3 verwendet werden. Nur wenn der 52er-Bolzen im unteren Betonfestigkeitsbereich zu kurz ist, ist der längere X-M6-8-62 DP7 SCT B3 zu verwenden.

<sup>1)</sup> 150 mm Würfelstärke

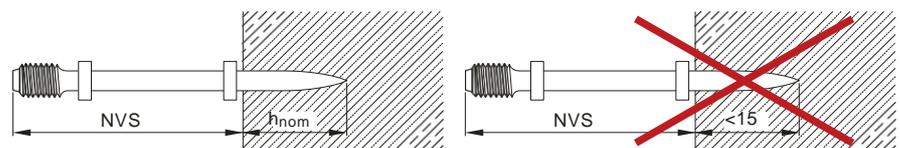
Generell sollte immer der kürzestmögliche Bolzen verwendet werden. Die folgenden Abstands- und Verankerungsvorschriften sind zu beachten:

#### Abstand NVS $\geq 8$ mm



Wenn die NVS weniger als 8 mm beträgt und wenn bereits der längste Bolzen verwendet wird X-M6-8-87 DP7 SCT B3, ist der Beton immer noch zu weich für die BX 3-SCT Prüfmethode.

#### Einbindetiefe des Verbinders $h_{nom} \geq 15$ mm



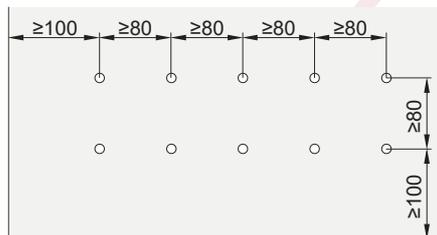
Beträgt die Einbettung  $h_{nom}$  einzelner Befestigungsmittel weniger als 15 mm, ist der Beton bereits zu hart für die BX 3-SCT Prüfmethode. Die durchschnittliche Mindesteinbettung einer Serie von 10 Bolzen sollte 20 mm betragen, andernfalls ist der Beton zu hart für die BX 3-SCT-Prüfmethode.

2. Mit dem akkubetriebenen Schraubgerät BX 3-SCT 10 Bolzen unter Beachtung der Bedienungsanleitung des Gerätes einschlagen.

Die Bolzen werden, wie unten dargestellt, manuell in die rohrförmige Bolzenführung eingeführt. Der Bolzen ist ausreichend eingeführt, wenn die Kunststoffscheibe in der Nähe seiner Spitze in der Führung des Gerätes gehalten wird<sup>1)</sup>. Wenn das Werkzeug gegen die Betonoberfläche gedrückt wird, gleitet der Bolzen vollständig in die rohrförmige Führung für Befestigungselemente.

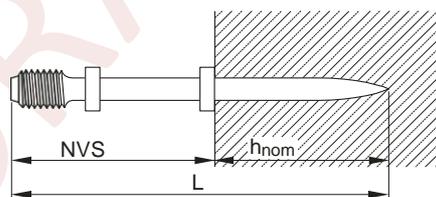


Der Mindestabstand von Mitte zu Mitte muss mindestens 80 mm betragen. Der Randabstand muss mindestens 100 mm betragen.



Anmerkung:  
Kantenabstand 100 mm relevant wenn das Verfahren mit Sprühplatten angewendet wird.

3. Messen und notieren Sie den Abstand NVS über der Betonoberfläche von jedem Bolzen.



4. Berechnen Sie die Verankerung des Befestigungsmittels  $h_{nom}$  jedes einzelnen Gewindebolzens.

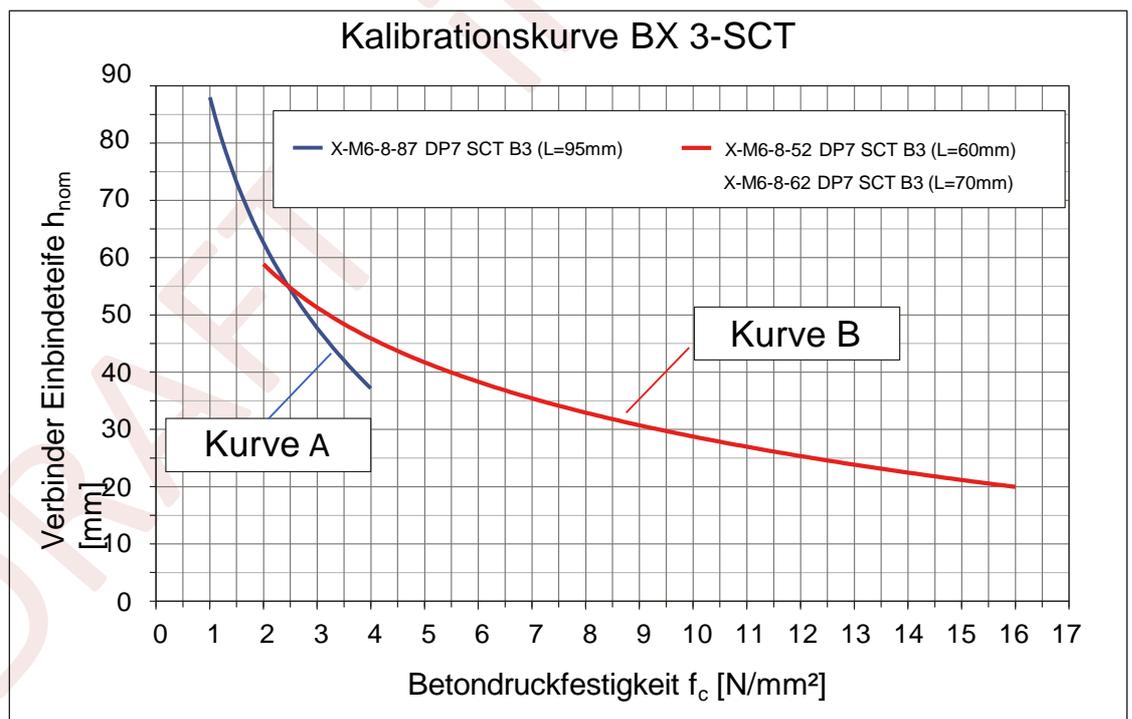
	Bolzentyp	Gesamtlänge L [mm]
$h_{nom} = L - NVS$	X-M6-8-52 DP7 SCT B3	60
	X-M6-8-62 DP7 SCT B3	70
	X-M6-8-87 DP7 SCT B3	95

<sup>1)</sup> Die Kunststoffscheiben sind so konstruiert, dass sie sich in der Führung festklemmen und verhindern, dass die Bolzen aus der Führung herausfallen. Die Bolzen können auch von Hand vollständig in die Führung eingeführt werden, wobei die Spitze des Bolzens bündig mit dem vorderen Teil der Führung abschließt.

- Berechnen Sie die mittlere Einbettung der Befestigungsmittel  $h_{nom}$  für alle 10 Bolzen der Versuchsreihe.
- Schätzen Sie die Frühfestigkeit des Spritzbetons anhand des unten stehenden Kalibrierungsdiagramms oder der Kalibrierungsformel. Da die Vortriebsenergie des BX 3-SCT von der Bolzenlänge abhängt, wurden 2 separate Kalibrierkurven A und B erstellt:

Bolzen	Festigkeitsbereich $f_c$	Kalibrationskurve	Kalibrationsformel
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	1 bis 4 N/mm <sup>2</sup>	A	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-87.93}{36.62}}$
X-M6-8-52 DP7 SCT B3 X-M6-8-62 DP7 SCT B3	2 bis 16 N/mm <sup>2</sup>	B	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-71.82}{18.69}}$

$h_{nom}$  ... mittlere Einbettung des Befestigungselements in [mm] aus einer Serie mit 10 Proben  
 $f_c$  ... geschätzte Frühwürfelstärke (150 mm) in [N/mm<sup>2</sup>]



Die Kalibrierkurven berücksichtigen die in [7] geprüften Betonmischungen, eine Übersicht über die jeweiligen Mischungen findet sich in Abschnitt 2.4 und Anhang 4.

Die nichtlinearen Kurven stellen den Mittelwert der Prüfergebnisse aller Betonmischungen dar.

## 2.4 Erhebung der für die Kalibrierung verwendeten Betonmischungen

Für die experimentelle Bewertung der Kalibrierung [7] wurden 6 verschiedene Betonmischungen verwendet, die für die Verwendung in Spritzbetonwerken typisch sind<sup>1)</sup>:

- Gesteinskörnungen: Kantiges oder rundes Korn mit Standardhärte (gemischter dolomitischer Kalkstein) mit einer maximalen Korngröße von 8 mm.
- Sieblinie B8. Einige Mischungen enthielten mehr Feinkorn und einige weniger Feinkorn als die nominale Sieblinie B8.
- Der Bindemittelgehalt variierte im Bereich von 400 bis 480 kg/m<sup>3</sup>.
- Das Wasser-Bindemittel-Verhältnis variierte im Bereich von 0,45 bis 0,62.
- Der Luftporengehalt variierte in einem Bereich von 1,2 bis 3,9 %.

Eine Übersicht über die verschiedenen Betonmischungen findet sich in Anhang 4.

Die Kalibrierkurven sind für die in Mitteleuropa gebräuchlichen Mischungen und Gesteinskörnungen gut geeignet. Bei abweichenden Mischungen - insbesondere in Bezug auf die Mohshärte der Gesteinskörnung, z.B. Quarzit mit Mohshärte 7 - empfiehlt es sich, vor Ort eine neue Kalibrierkurve zu erstellen. Die entsprechende Vorgangsweise ist auch in der ÖBV-Spritzbetonrichtlinie kurz wie folgt beschrieben:

"Für die Kalibrierung sollten Grundmischungen ohne Beschleuniger verwendet werden. Bei der Rezeptur der Prüfmischung müssen daher die Rückprallverluste (höherer Bindemittelgehalt, feinere Sieblinie) berücksichtigt werden. Das Mischgut wird in die Prüfformen eingebracht, verdichtet und vor Verdunstung geschützt gelagert. Die Druckfestigkeit der Würfel (oder Zylinder) wird nach einer bestimmten Zeit in Übereinstimmung mit anerkannten Prüfverfahren bewertet. Das Entfernen der Probeschalung erfolgt kurz vor der Prüfung. Die Verwendung geeigneter Prüfgeräte für die Messung kleiner Lasten ist erforderlich.

Parallel dazu werden Bolzenschlagversuche nach dem jeweiligen Prüfverfahren durchgeführt. Diese werden an separat hergestellten Platten von etwa gleicher Kubatur, aber mit einer Dicke von 10 cm durchgeführt.

Die Temperaturentwicklung in den Würfeln und den Platten sollte ähnlich sein, um mit dem gleichen Hydratationsgrad bzw. mit der gleichen Reife zu prüfen. Die Platten bleiben während der Rammprüfung in der Form und müssen fest abgestützt werden. Die Prüfung wird zeitnah mit den Referenzwürfeltests durchgeführt. Mit den Ergebnissen beider Prüfungen wird mittels linearer Regressionsanalyse eine Eichkurve erstellt. Der Korrelationskoeffizient R sollte > 0,85 sein. Extrapolationen sind nicht zulässig."

---

<sup>1)</sup> Obwohl eine Vielzahl von Mischungen im Testprogramm berücksichtigt wurde, können die Eigenschaften des tatsächlich verwendeten Spritzbetons abweichen und die allgemeine Anwendbarkeit der Kalibrierung einschränken. Daher empfiehlt Hilti eine erste projektspezifische Überprüfung der Kalibrierkurve

## 3 LITERATUR UND ANLAGE

### Literatur und Spezifikationen

1. ÖBV-Richtlinie Spritzbeton (2013), Österreichische Bautechnik Vereinigung, Ausgabe April 2013.
2. EN 14487-1:2005: Spritzbeton - Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformität.
3. EN 14487-2:2006: Spritzbeton - Teil 2: Ausführung.
4. EN 14488-2:2006: Prüfung von Spritzbeton - Teil 2: Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton.
5. Kusterle, W. (1984): Ein kombiniertes Verfahren zur Beurteilung der Frühfestigkeit von Spritzbeton. Beton- und Stahlbetonbau, Heft 9/1984 (in Deutsch).
6. Hilti (2011): Bestimmung der Frühfestigkeit von Spritzbeton mit dem Bolzenschussverfahren Hilti DX 450-SCT, Dezember 2011.
7. Hechenbichler, J., Kuyten, L., Thiel, C. (2021): Hilti BX 3-SCT: Erstellung einer Kalibrierung für die Frühfestigkeits-Bestimmung von Spritzbeton ("Hilti BX 3-SCT: Erstellung einer Kalibrierung für die Bestimmung der Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton"), OTH- Regensburg, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Fakultät Bauwesen, November 2021 (in Deutsch).

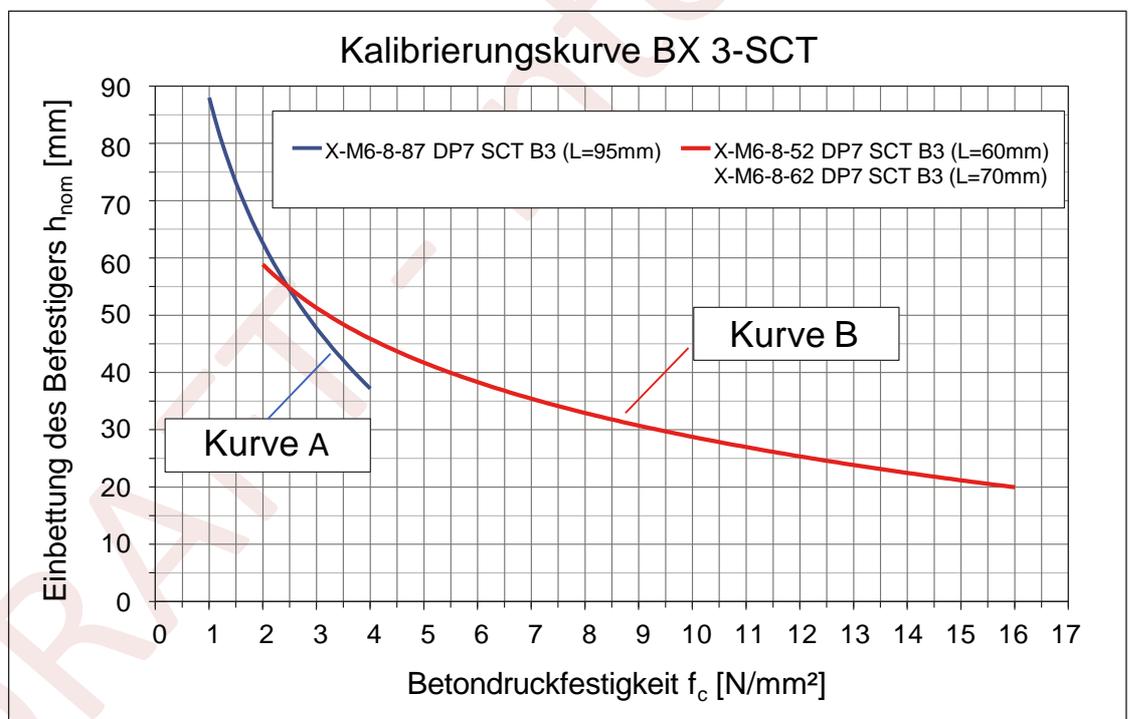
### 3.2 Anlage

- Anlage 1: BX 3-SCT-Kalibrierkurve und Formel
- Anlage 2: Kalibrierkurve A: Beispiel für Prüfprotokoll und Betonabschätzung
- Anlage 3: Kalibrierkurve B: Beispiel für Prüfprotokoll und Betonabschätzung
- Anlage 4: Rezeptur für Kalibrierversuche
- Anlage 5: Bestellinformationen

## ANHANG 1: BX 3-SCT KALIBRIERKURVEN

Bolzen	Festigkeitsbereich $f_c$	Kalibrierungs-kurve	Kalibrierungsformel
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	1 bis 4 N/mm <sup>2</sup>	<b>A</b>	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-87.93}{36.62}}$
X-M6-8-52 DP7 SCT B3 X-M6-8-62 DP7 SCT B3	2 bis 16 N/mm <sup>2</sup>	<b>B</b>	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-71.82}{18.69}}$

Der Korrelationskoeffizient beträgt  $R = 0,92$  für beide Kalibrierkurven.



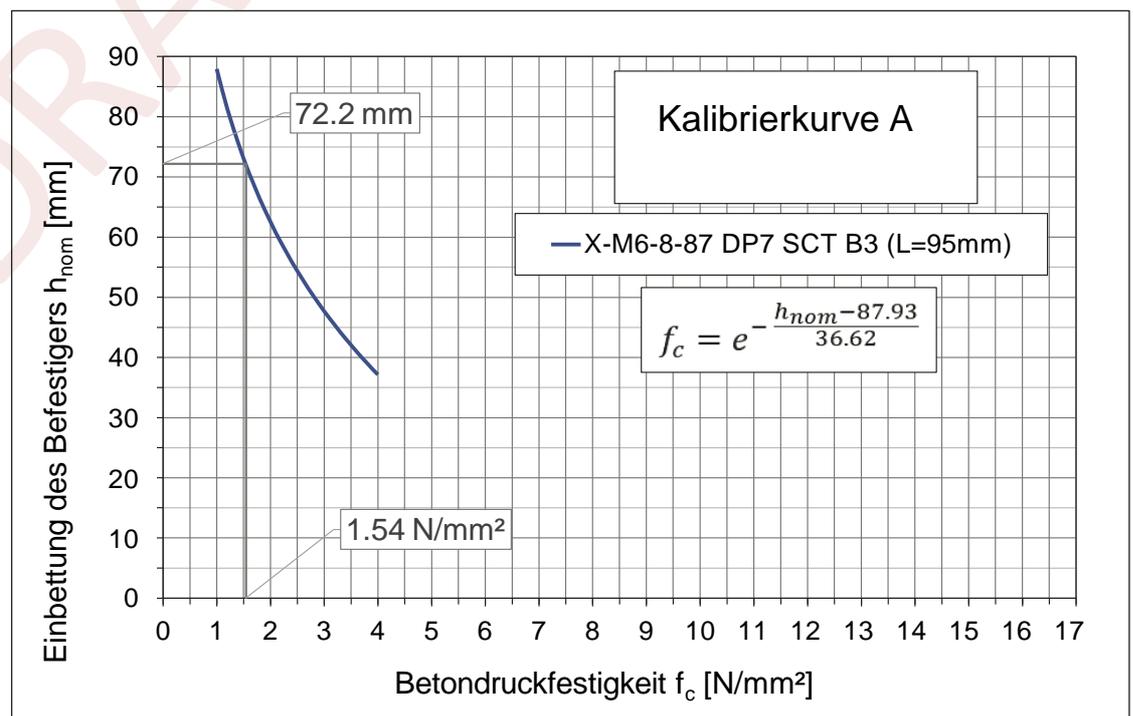
## ANHANG 2: BEISPIEL EINER KALIBRIERKURVE A

Bemerkung: Die in der Praxis verwendeten Formulare müssen Informationen über das Projekt, den Ort, den Prüfenieur, die Betonmischung, den Zeitpunkt des Aufsprühens und den Zeitpunkt der Prüfung enthalten.

Gerät	Seriennummer des Werkzeugs	Bolzen Typ	Gesamtlänge der Bolzen L [mm]	
BX 3-SCT	1000	X-M6-8-87 DP7 SCT B3	95	

Bolzen #	Abstandshalter NVS [mm]	Einbettungstiefe $h_{nom}$ [mm]	Mittlere Verankerungstiefe $h_{nom}$ [mm]	Betonfestigkeit $f_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	25	70	<b>72.2</b>	<b>1.54</b>
2	26	69		
3	22	73		
4	27	68		
5	20	75		
6	21	74		
7	26	69		
8	27	68		
9	15	80		
10	19	76		

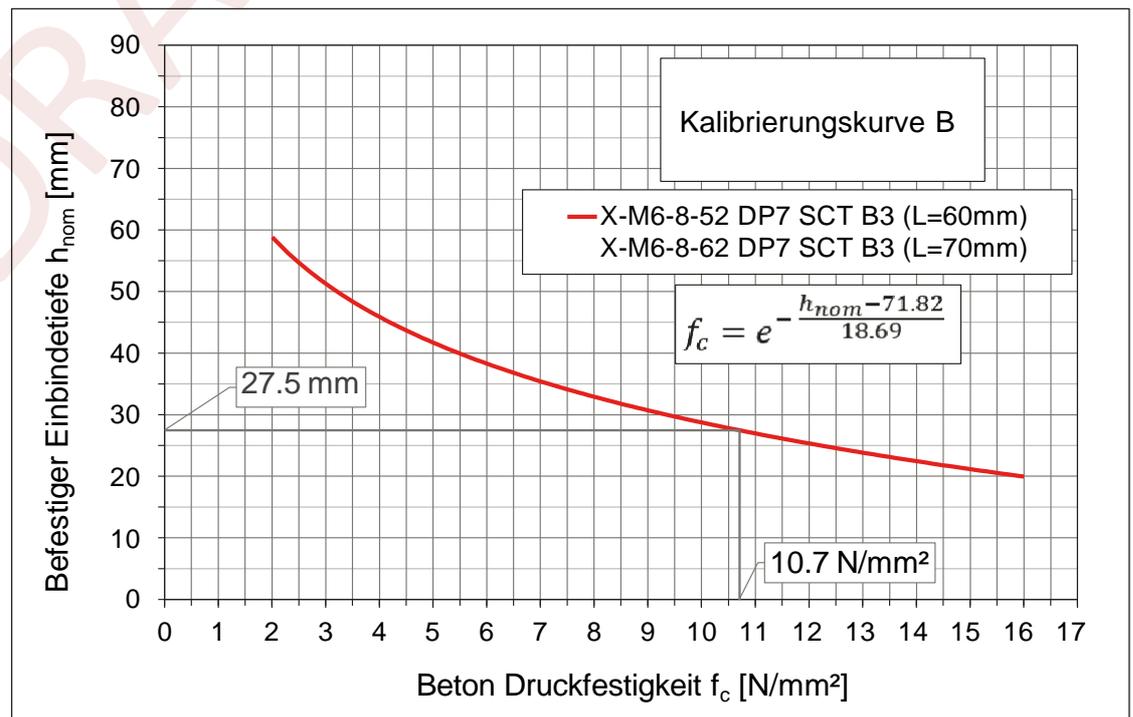


### ANHANG 3: BEISPIEL EINER KALIBRIERKURVE B

Bemerkung: Die in der Praxis verwendeten Formulare müssen Informationen über das Projekt, den Ort, den Prüfenieur, die Betonmischung, den Zeitpunkt des Aufsprühens und den Zeitpunkt der Prüfung enthalten.

Gerät	Seriennummer des Werkzeugs	Bolzen Typ	Gesamtlänge der Bolzen L [mm]
BX3-SCT	1000	X-M6-8-52 DP7 SCT B3	60

Bolzen #	Abstandshalter NVS [mm]	Einbettungstiefe $h_{nom}$ [mm]	Mittlere Verankerungstiefe $h_{nom}$ [mm]	Betonfestigkeit $f_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	34	26	<b>27.5</b>	<b>10.7</b>
2	35	25		
3	29	31		
4	31	29		
5	33	27		
6	35	25		
7	29	31		
8	34	26		
9	33	27		
10	32	28		



## ANHANG 4: MISCHUNGSENTWURF FÜR KALIBRIERUNGSPRÜFUNGEN

Betonmix	Aggregate <sup>1)</sup>	Max. Körner Größe[mm]	Binde- mittelge halt [kg/m <sup>3</sup> ]	Zement <sup>2)</sup> Inhalt [kg/m <sup>3</sup> ]	Zuschläge <sup>3)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ]	w/b Verhältnis
1	rund	8	420	280	140	0.46
2	rund	8	460	307	153	0.46
3	rund	8	480	320	160	0.46
4	rund	8	460	307	153	0.51
5	eckig	8	460	307	153	0.46
7	rund	8	400	267	133	0.62

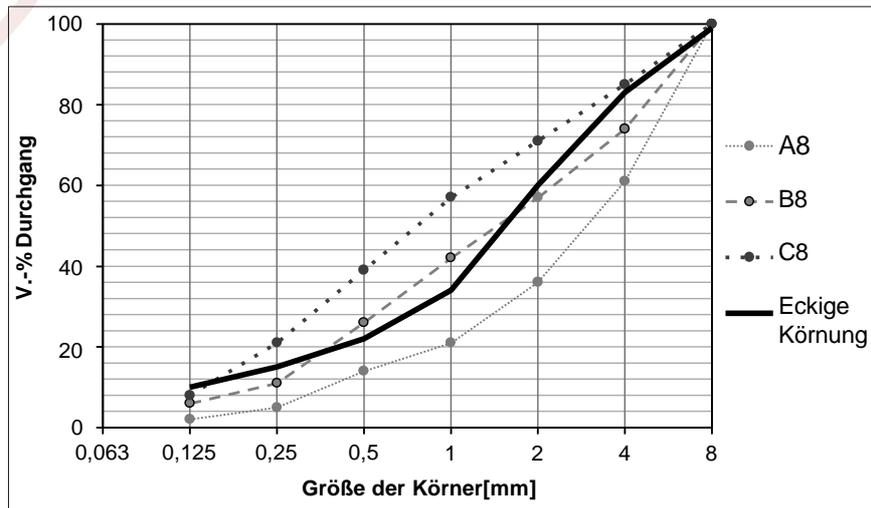
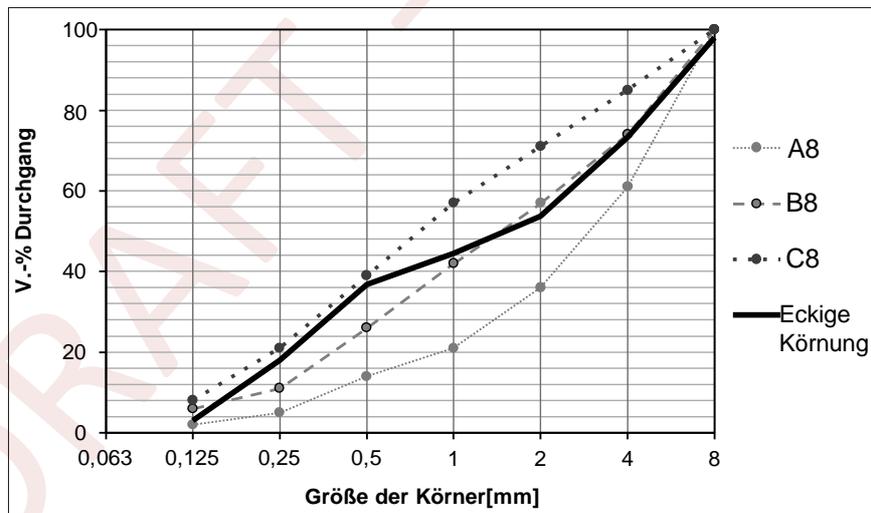
1) Petrographische Analyse: Gemischter dolomitischer Kalkstein, Standardhärte

2) Zement: CEM I 52,5 R

3) Zusatzstoffe: Ein Gemisch aus Schlacke, Flugasche und Kalksteinmehl

Zusatzmittel: Wasserreduktionsmittel und Luftporenbildner wurden verwendet, um einen Streutischdurchfluss von 500 bis 600 mm und 3 % Luftporenbildner zu erreichen.

### Aggregate Analyse



## ANHANG 5: BESTELLINFORMATIONEN

Bestellbezeichnung	Artikel-Nummer	
<b>Spritzbeton-Prüfgerät</b>		
BX 3-SCT (02)	2330184	
	2346819	Nur für USA und Kanada

### B22 22V Li-ion Batterien, empfohlen

B22 2.6 22V Li-ion Batterie	2136393	
B22 2.6 22V Li-ion Batterie	2136395	Nur für USA und Kanada

### Ladegeräte für Hilti Li-Ion Batterien

Die Artikelnummern der Ladegeräte C4/36 können von Land zu Land variieren.  
Bitte informieren Sie sich auf der lokalen Hilti Website über die Bestellmöglichkeiten im jeweiligen Land.  
Akkus und Ladegeräte müssen separat bestellt werden.

### Verbrauchsmaterial und Ersatzteile

X-M6-8-52 DP7 SCT B3 Gewindebolzen (100 pcs/box)	2323247	
X-M6-8-62 DP7 SCT B3 Gewindebolzen (100 pcs/box)	2323246	
X-M6-8-87 DP7 SCT B3 Gewindebolzen (100 pcs/box)	2323248	
X-FG B3-SCT 02 Leitfaden für Befestigungen	2337405	





Hilti Corporation  
9494 Schaan, Liechtenstein  
P +423-234 2965

[www.facebook.com/hiltigroup](https://www.facebook.com/hiltigroup)  
[www.hilti.group](http://www.hilti.group)