



HILTI BX 3-SCT PRÜFANWEISUNG

**Bestimmung der Frühfestigkeit von
Spritzbeton mit dem Hilti BX 3-SCT
Setzbolzenverfahren**



VORWORT

Dieses Handbuch stellt das neue Setzbolzenverfahren Hilti BX 3-SCT vor und beschreibt, wie dieses zur Bestimmung der Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton verwendet wird.

Das System BX 3-SCT ersetzt das aktuelle System Hilti DX 450-SCT, das seit Jahrzehnten für diese Anwendung eingesetzt wird. Im Gegensatz zum DX 450-SCT verwendet das System BX 3-SCT die neue batteriebetriebene Setzgerätetechnologie. Daher werden keine Pulverkartuschen mehr benötigt. Weitere Vorteile des Systems BX 3-SCT sind, dass das Ziehen der Bolzen nicht mehr erforderlich ist und dass der Anwendungsbereich des Verfahrens erweitert werden konnte, jetzt bereits beginnend mit einer Betonfestigkeit von etwa 1 N/mm².

Für das BX 3-SCT wurde eine neue Kalibrierung empirisch evaluiert. Die entsprechenden experimentellen Untersuchungen wurden an der Fakultät für Bauingenieurwesen der OTH-Regensburg (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg) in Deutschland durchgeführt. Diese Prüfanweisung wurde von der Hilti AG in Zusammenarbeit mit Prof. Charlotte Thiel und Prof. Wolfgang Kusterle, beide von der OTH-Regensburg, erstellt.

Anmerkung zum System DX 450-SCT: Hilti wird den Verkauf neuer DX 450-SCT Geräte einstellen, aber selbstverständlich weiterhin den Reparaturservice für die bestehenden Geräte auf dem Markt aufrechterhalten. Darüber hinaus werden die für das Setzbolzenverfahren DX 450-SCT erforderlichen Bolzen und Kartuschen weiterhin geliefert, damit das DX 450-SCT Verfahren mit der auf dem Markt vorhandenen Gerätepopulation verwendet werden kann.

Dezember 2021

INHALT

1 FRÜHFESTIGKEIT VON SPRITZBETON	4
1.1 Definitionen und Frühfestigkeitsklassen	4
1.2 Frühfestigkeitsprüfverfahren	5
1.3 Häufigkeit der Prüfung	6
2 BX 3-SCT SETZBOLZENVERFAHREN	7
2.1 Prüfausrüstung	7
2.2 BX 3-SCT Merkmale und Vergleich mit DX 450-SCT	8
2.3 Arbeitsschritte und Festigkeitsermittlung	9
2.4 Übersicht der für die Kalibrierung verwendeten Betonmischungen	12
3 LITERATUR UND ANHÄNGE	13
3.1 Literatur und Regelwerke	13
3.2 Anhänge	13

1 FRÜHFESTIGKEIT VON SPRITZBETON

1.1 Definitionen und Frühfestigkeitsklassen

Spritzbeton (Sprayed concrete - SpC)

Beton, der durch Spritzen von Mischgut und gegebenenfalls Wasser und/oder Erstarrungsbeschleuniger mit hoher Auftreffgeschwindigkeit aufgetragen und bei diesem Vorgang verdichtet wird.

Junger Spritzbeton

Spritzbeton mit einem Alter von bis zu 24 Stunden.

Frühfestigkeit

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

Im Tunnelbau müssen oft dicke Schichten Spritzbeton über Kopf oder an senkrechten Wänden aufgebracht werden. Daher wird Spritzbeton mit schnellen Abbindeigenschaften und hoher Frühfestigkeit benötigt. Um diese Eigenschaften zu erreichen, werden spezielle Bindemittel oder typischerweise Bindemittel auf Zementbasis – oft kombiniert mit ergänzenden zementartigen Materialien – zusammen mit Beschleunigern verwendet.

Je nach Tunnelbauverfahren und Gesteinsklasse werden unterschiedliche Frühfestigkeitsklassen des Spritzbetons gefordert. Aus Sicherheitsgründen ist ein Nachweis der Frühfestigkeit während der Bauausführung durch ein hinreichend genaues Prüfverfahren erforderlich. Die üblichen Frühfestigkeitsklassen J1 bis J3 sind in der ÖBV-Richtlinie¹⁾ „Spritzbeton“ [1] sowie in EN 14487-1 [2] definiert.

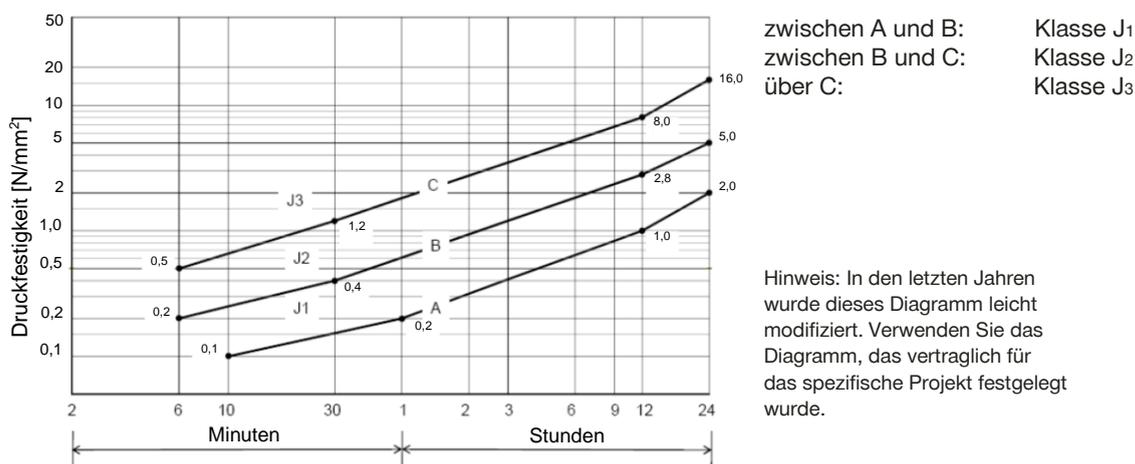


Abbildung 1: Frühfestigkeitsklassen von jungem Spritzbeton [1]

¹⁾ ÖBV – Österreichische Bautechnik Vereinigung, www.bautechnik.pro

1.2 Frühfestigkeitsprüfverfahren

Eine direkte Messung der Frühfestigkeit mit Prüfkörpern ist nicht möglich, da Würfel oder andere Prüfkörper nicht gleichmäßig gespritzt werden können. Aufgrund der rauen Tunnelumgebung sind nur robuste Messmethoden anwendbar. Folgende Voraussetzungen müssen erfüllt sein: Einfach zu bedienen, schnell, anschließender Einsatz überall im Tunnel, Ermöglichung von Messungen auf spritzrauer Oberfläche, keine Störung durch Faserarmierung.

Zwei Messmethoden sind allgemein anerkannt:

- Penetrationsnadelverfahren
- Setzbolzenverfahren

Beide nutzen den indirekten Ansatz des Eintreibens eines dünnen Eindringkörpers in den Beton und haben sich auf Tunnelbaustellen auf der ganzen Welt erfolgreich bewährt.

Beim Penetrationsnadelverfahren wird eine Nadel ($\varnothing 3 \pm 0,1$ mm) mit einem Penetrometer in den jungen Spritzbeton getrieben. Die Kraft, die erforderlich ist, um die Nadel 15 ± 2 mm tief in den Spritzbeton einzutreiben, wird aufgezeichnet. Das Verfahren ist für Anfangsfrühfestigkeiten bis ca. $1,0$ N/mm² einsetzbar.

Beim Setzbolzenverfahren werden Gewindebolzen verwendet, die mit einem Bolzensetzgerät mit definierter Eintreibenergie in den Beton getrieben werden. Das Setzbolzenverfahren 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“ enthalten [1]. Das allgemeine Setzbolzenverfahren wird außerdem seit 2006 durch EN 14488-2 als „Verfahren B“ abgedeckt [4].

Bild 2 zeigt den Anwendungsbereich des Penetrationsnadelverfahrens, des aktuellen DX 450-SCT Verfahrens sowie des neuen BX 3-SCT Setzbolzenverfahrens.

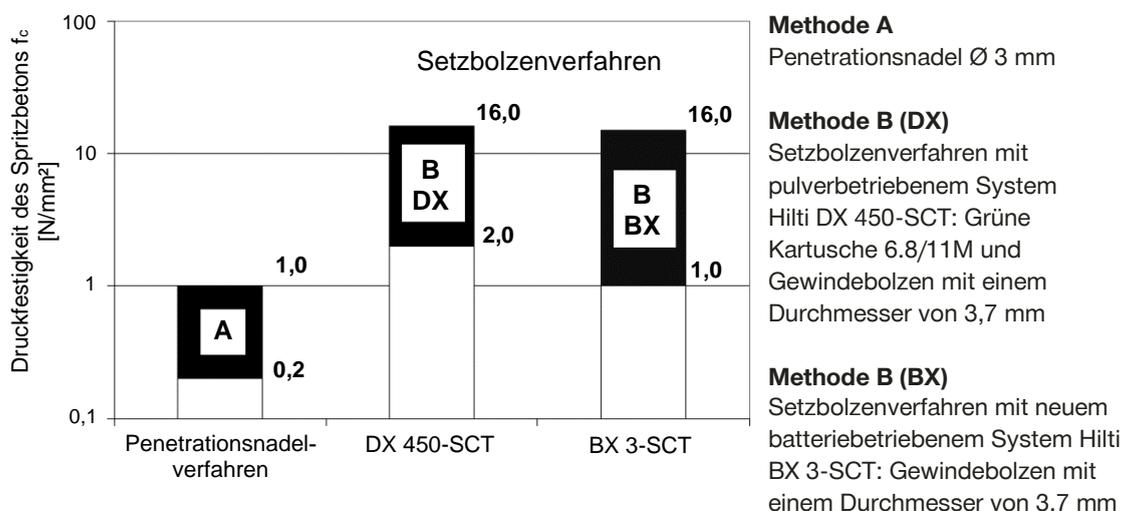


Abbildung 2: Messverfahren und Spritzbetonfestigkeitsbereich

Beim Verfahren Hilti DX 450-SCT (Grüne Kartusche) werden die Bolzen in den Beton getrieben und anschließend ausgezogen. Es ist ab einer Betonfestigkeit von etwa 2 N/mm² bis zu 16 N/mm² anwendbar. Der relevante Prüfparameter ist das Verhältnis von Auszugskraft zu Eintreibtiefe der Bolzen. Ein historischer Überblick über die verschiedenen DX 450 Prüfverfahren ist in [6] enthalten.

Beim neuen Verfahren Hilti BX 3-SCT werden die Bolzen nur in den Beton getrieben, und es ist kein weiteres Ausziehen aus dem Beton erforderlich. Es ist ab einer Betonfestigkeit von etwa 1 N/mm² bis zu 16 N/mm² anwendbar. Der relevante Prüfparameter ist die Eintreibtiefe der Bolzen¹⁾.

Ab einer Betonfestigkeit von >10 N/mm² wird auch weiterhin die Druckprüfung von aus dem Spritzbeton entnommenen Bohrkernen empfohlen.

1.3 Häufigkeit der Prüfung

Wie beschrieben ist das „Setzbolzenverfahren“ durch mehrere Regelwerke abgedeckt, z.B. durch die ÖBV-Richtlinie „Spritzbeton“ [1]. Diese Richtlinien behandeln auch das erforderliche Maß an Konformitätsbewertung für den Spritzbeton, einschließlich der Übereinstimmungsprüfungen mit der festgelegten Frühfestigkeitsklasse J.

Die Häufigkeit der Spritzbetonprüfung richtet sich nach der festgelegten Überwachungskategorie ÜK I, II oder III, im Detail siehe [1]:

Prüfparameter	Erstprüfung	Konformitätsprüfung	Überwachungskategorie ÜK I	Überwachungskategorie ÜK II	Überwachungskategorie ÜK III	Identitätsprüfung
Frühfestigkeitsklasse	x	x	alle 2 Monate oder alle 5.000 m ²	monatlich oder alle 2.500 m ²	2 Mal pro Monat oder alle 1.250 m ²	alle 20.000 m ²

¹⁾ Das aktuelle Versuchsprogramm an der OTH-Regensburg [7] umfasste auch die Untersuchung der Frühfestigkeitskorrelation mit dem Verhältnis der Auszugskraft zur Eintreibtiefe der Bolzen. Die Ergebnisse zeigten jedoch, dass für das Verfahren BX 3-SCT die Berücksichtigung der Eintreibtiefe allein eine bessere Korrelation ergibt, insbesondere im Bereich niedriger Frühfestigkeiten (1 bis 4 N/mm²).

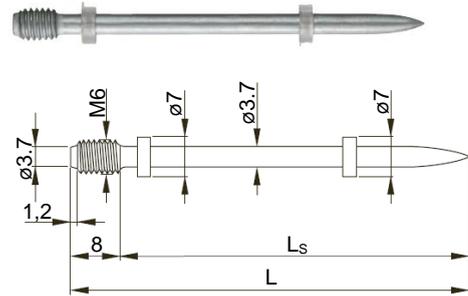
2 BX 3-SCT SETZBOLZENVERFAHREN

2.1 Prüfausrüstung

Batteriebetriebenes Gerät Hilti BX 3-SCT



Verzinkte Bolzen aus C-Stahl mit einem Schaftdurchmesser von 3,7 mm



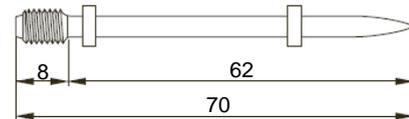
Ls ... Schaftlänge

L ... Gesamte Bolzenlänge

X-M6-8-52 DP7 SCT B3



X-M6-8-62 DP7 SCT B3



X-M6-8-87 DP7 SCT B3

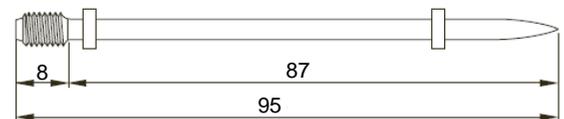


Abbildung 3: BX 3-SCT Prüfausrüstung

Hinweise zur Bolzenbezeichnung:

M6-8 ... M6-Gewinde mit einer Gewindelänge von 8 mm

52, 62 oder 87 ... Schaftlänge L_s des jeweiligen Bolzens

60, 70 oder 95 ... Gesamtlänge L des jeweiligen Bolzens

DP7 ... Doppelte Kunststofffrondellen mit einem Außendurchmesser von 7 mm

SCT ... Bolzen für die Spritzbetonprüfung

B3 ... Bolzen zur Verwendung mit dem batteriebetriebenen Gerät BX 3-SCT

Eine Übersicht zur Bestellinformation findet sich in Anhang 5.

2.2 BX 3-SCT Merkmale und Vergleich mit DX 450-SCT

Merkmale	Batteriebetrieben: BX 3-SCT	Pulverbetrieben: DX 450-SCT
Befestigungsprinzip & Eintreibenergie	Bolzensetzgerät mit integriertem Kolben, der den Bolzen in den Beton eintreibt. Eintreibenergie: Mechanische Energie geladen durch einen Akkumulator. Es wird keine Pulverkartusche benötigt.	Enthält ebenfalls einen im Gerät integrierten Kolben, aber die Eintreibenergie stammt aus der Verbrennung einer Pulverkartusche.
Energieeinstellung am Gerät ¹⁾	Nicht erforderlich. Die Geräteenergie ist konstant und kann nicht angepasst werden.	Ist erforderlich. Der Bediener muss die richtige Kartusche verwenden und die richtige Leistung am Gerät einstellen.
Bolzen ²⁾	M6 Setzbolzen mit einem Schaftdurchmesser von 3,7 mm und drei Schaftlängen L_s von 52, 62 und 87 mm.	M6 Setzbolzen mit einem Schaftdurchmesser von 3,7 mm und drei Schaftlängen L_s von 52, 72 und 95 mm.
	2 Kunststoffrondellen mit 7 mm Durchmesser	1 Kunststoff- und 1 Metallrondelle mit 12 mm Durchmesser
Kalibrierungsparameter	Die Kalibrierung erfolgt über die Bolzeneintreibtiefe h_{nom} [mm].	Die Kalibrierung erfolgt über das Verhältnis von Auszugskraft zu Eintreibtiefe N_u/h_{nom} [N/mm], siehe im Detail [1], [4], [5], [6].
	Beim Setzbolzenverfahren mit dem BX 3-SCT ist keine Auszugsprüfung erforderlich.	
Kalibrierkurven	Da die Eintreibenergie des BX 3-SCT von der Bolzenlänge abhängt, wurden 2 separate Kalibrierkurven 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	Die Kalibrierung gilt für alle drei Bolzenlängen.

1) Geräteenergie: BX 3-SCT: 77 ± 7 J, DX 450-SCT: 96 ± 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 Geräts BX 3-SCT 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 7 mm Durchmesser nicht im Gerät DX 450-SCT gehalten werden.

2.3 Arbeitsschritte und Festigkeitsermittlung

Vor dem Start:

Lesen Sie vor der Inbetriebnahme des Geräts zuerst die Bedienungsanleitung des Geräts BX 3-SCT als Voraussetzung für einen sicheren und störungsfreien Produkteinsatz. Beachten Sie alle Sicherheits- und Warnhinweise in der Bedienungsanleitung, die jedem Gerät beiliegt.

1. Auswahl der richtigen Bolzen für die erwartete Betonfestigkeit.

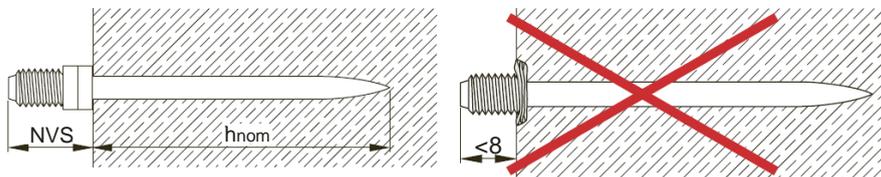
Bolzen	Frühfestigkeitsbereich $f_c^{1)}$	Bemerkungen
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	1 bis 4 N/mm ²	Nicht über 4 N/mm ² kalibriert
X-M6-8-52 DP7 SCT B3 X-M6-8-62 DP7 SCT B3	2 bis 16 N/mm ²	Wenn immer möglich, sollte der kürzere Setzbolzen X-M6-8-52 DP7 SCT B3 verwendet werden. Nur wenn im unteren Betonfestigkeitsbereich der 52er-Bolzen zu kurz ist, ist der längere X-M6-8-62 DP7 SCT B3 einzusetzen.

¹⁾ 150 mm Würfelfestigkeit

Generell sollte immer der kürzestmögliche Bolzen verwendet werden.

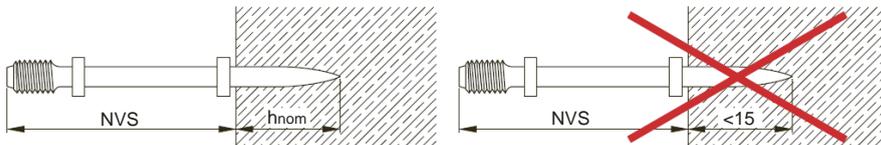
Folgende Bestimmungen zu Bolzenvorstand und Eintreibtiefe sind zu beachten:

Bolzenvorstand $NVS \geq 8 \text{ mm}$



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

Eintreibtiefe $h_{nom} \geq 15 \text{ mm}$



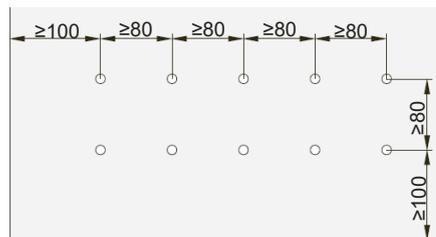
Beträgt die Eintreibtiefe h_{nom} einzelner Bolzen weniger als 15 mm, ist der Beton bereits zu hart für das Prüfverfahren BX 3-SCT.
Die mittlere Eintreibtiefe einer Reihe von 10 Bolzen sollte mindestens 20 mm betragen, sonst ist der Beton zu hart für das Prüfverfahren BX 3-SCT.

2. Eintreiben von 10 Bolzen mit dem batteriebetriebenen Setzgerät BX 3-SCT unter Beachtung der Bedienungsanleitung des Gerätes.

Die Bolzen werden wie unten gezeigt manuell in die rohrförmige Bolzenführung eingeführt. Der Bolzen ist ausreichend eingesetzt, wenn die untere, spitzennahe Kunststofffrondelle in der Bolzenführung des Geräts gehalten wird¹⁾. Wenn das Gerät gegen die Betonoberfläche gedrückt wird, rutscht der Bolzen vollständig in die rohrförmige Bolzenführung.

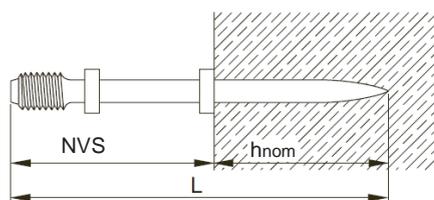


Der Achsabstand muss mindestens 80 mm betragen. Der Randabstand muss mindestens 100 mm betragen.



Hinweis:
Der Randabstand 100 mm ist relevant, wenn das Verfahren mit Spritzkisten angewendet wird.

3. Messung und Protokollierung des Bolzenvorstands NVS über der Betonoberfläche für alle Bolzen.



4. Berechnung der Eintreibtiefe h_{nom} jedes einzelnen Bolzens.

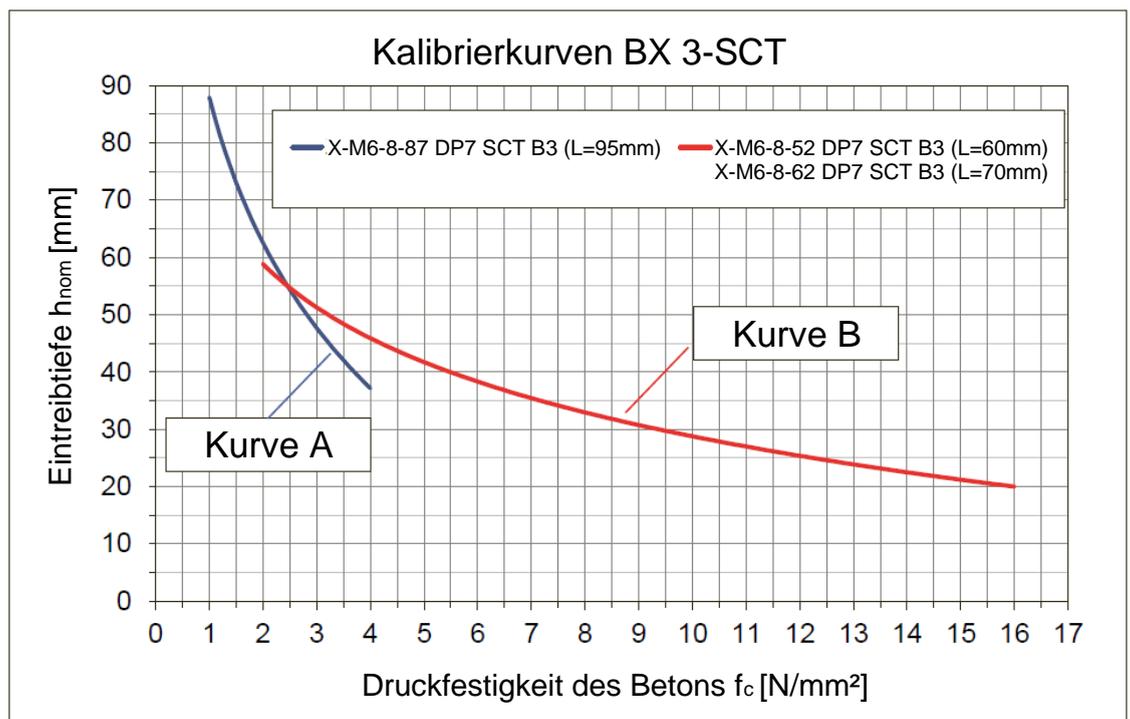
	Bolzen	Gesamtlänge L [mm]
$h_{nom} = L - NVS$	X-M6-8-52 DP7 SCT B3	60
	X-M6-8-62 DP7 SCT B3	70
	X-M6-8-87 DP7 SCT B3	95

¹⁾ Die Kunststofffrondellen sind so konstruiert, dass sie in der Bolzenführung klemmen und so ein Herausfallen der Bolzen aus der Führung verhindern. Die Bolzen können auch manuell vollständig in die Bolzenführung eingeschoben werden bis die Bolzenspitze bündig zur Front der Bolzenführung ist.

5. Berechnung der mittleren Eintreibtiefe h_{nom} für alle 10 Bolzen der Versuchsreihe.
6. Abschätzung der Frühfestigkeit des Spritzbetons mittels den unten dargestellten Kalibrierkurven oder Kalibrierformeln. Da die Eintreibenergie beim BX 3-SCT von der Bolzenlänge abhängt, wurden 2 separate Kalibrierkurven A und B erstellt:

Bolzen	Festigkeitsbereich f_c	Kalibrierkurve	Kalibrierformel
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	1 bis 4 N/mm ²	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 ²	B	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-71.82}{18.69}}$

h_{nom} ... mittlere Eintreibtiefe in [mm] aus Serien mit 10 Proben
 f_c ... abgeschätzte Frühfestigkeit (150-er Würfel) in [N/mm²]



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

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

2.4 Übersicht der für die Kalibrierung verwendeten Betonmischungen

Für die experimentelle Auswertung der Kalibrierung [7] wurden 6 verschiedene Betonmischungen verwendet, die für den Einsatz von Spritzbeton typisch sind¹⁾:

- Zuschlag: Kant- oder Rundkörnung mit Standardhärte (gemischter Dolomitmalkstein) und einer maximalen Korngröße von 8 mm.
- Sieblinie B8. Einige Mischungen enthielten mehr feine Körnung und einige enthielten weniger feine Körnung als die nominelle B8-Sieblinie.
- Der Bindemittelgehalt variierte im Bereich von 400 bis 480 kg/m³.
- 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 Zusammenfassung der verschiedenen Betonmischungen findet sich in Anhang 4.

Die Kalibrierkurven sind gut geeignet für in Mitteleuropa übliche Mischungen und Gesteinskörnungen. Bei abweichenden Mischungen – insbesondere in Bezug auf die Mohs-Härte der Gesteinskörnungen, z.B. Quarzit mit Mohs-Härte 7 – wird empfohlen, vor Ort eine neue Kalibrierkurve zu erstellen. Die entsprechende Vorgehensweise ist auch in der ÖBV-Spritzbetonrichtlinie wie folgt kurz 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 Würfeln (oder Zylinderproben) werden nach gewissen Zeiten die Druckfestigkeiten nach den geltenden Vorschriften bestimmt. Die Entschalung erfolgt kurz vor der Prüfung. Die Verwendung geeigneter Prüfgeräte für die Messung kleiner Lasten ist erforderlich.“

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 gleichem Hydratationsgrad bzw. mit gleicher Reifezahl zu prüfen. 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 $k > 0,85$ betragen. Extrapolationen über die Kurve sind nicht zulässig.“

¹⁾ Obwohl im Versuchsprogramm verschiedene Mischungen berücksichtigt wurden, können die Eigenschaften des tatsächlich verwendeten Spritzbetons abweichen und die allgemeine Anwendbarkeit der Kalibrierung einschränken. Hilti empfiehlt daher zunächst eine projektspezifische Überprüfung der Kalibrierkurve.

3 LITERATUR UND ANHÄNGE

3.1 Literatur und Regelwerke

- [1] ÖBV Richtlinie für Spritzbeton (2009), Österreichische Bautechnik Vereinigung, Ausgabe Dezember 2009.
- [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 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.
- [6] Hilti (2011): Bestimmung der Frühfestigkeit von Spritzbeton mit dem Setzbolzenverfahren Hilti DX 450-SCT, Dezember 2011.
- [7] Hechenbichler, J., Kuyten, L., Thiel, C. (2021): Hilti BX 3-SCT: Erstellung einer Kalibrierung für die Frühfestigkeitsbestimmung von Spritzbeton OTH- Regensburg, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Fakultät Bauingenieurwesen, 22. November 2021.

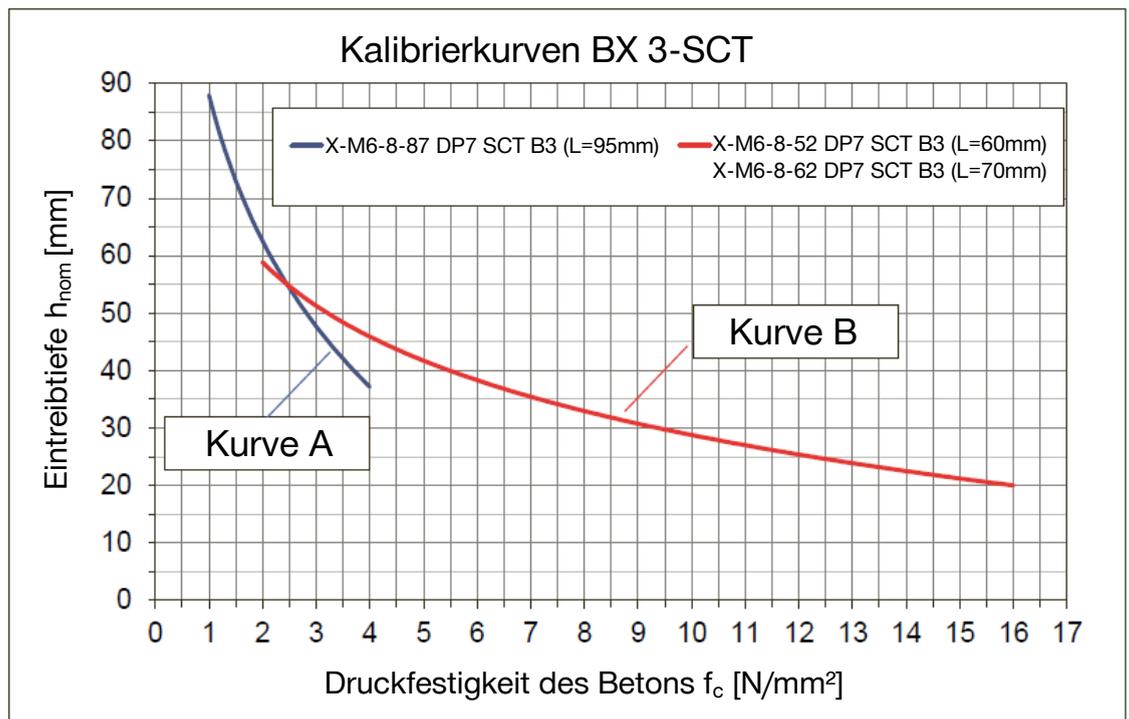
3.2 Anhänge

- Anhang 1: BX 3-SCT Kalibrierkurven und -formeln
- Anhang 2: Kalibrierkurve A: Beispiel für Prüfprotokoll und Festigkeitsabschätzung
- Anhang 3: Kalibrierkurve B: Beispiel für Prüfprotokoll und Festigkeitsabschätzung
- Anhang 4: Mischungszusammenstellungen für Kalibrierungstests
- Anhang 5: Bestellinformation

ANHANG 1: BX 3-SCT KALIBRIERKURVEN

Bolzen	Festigkeitsbereich f_c	Kalibrierkurve	Kalibrierformel
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	1 bis 4 N/mm ²	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 ²	B	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-71.82}{18.69}}$

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

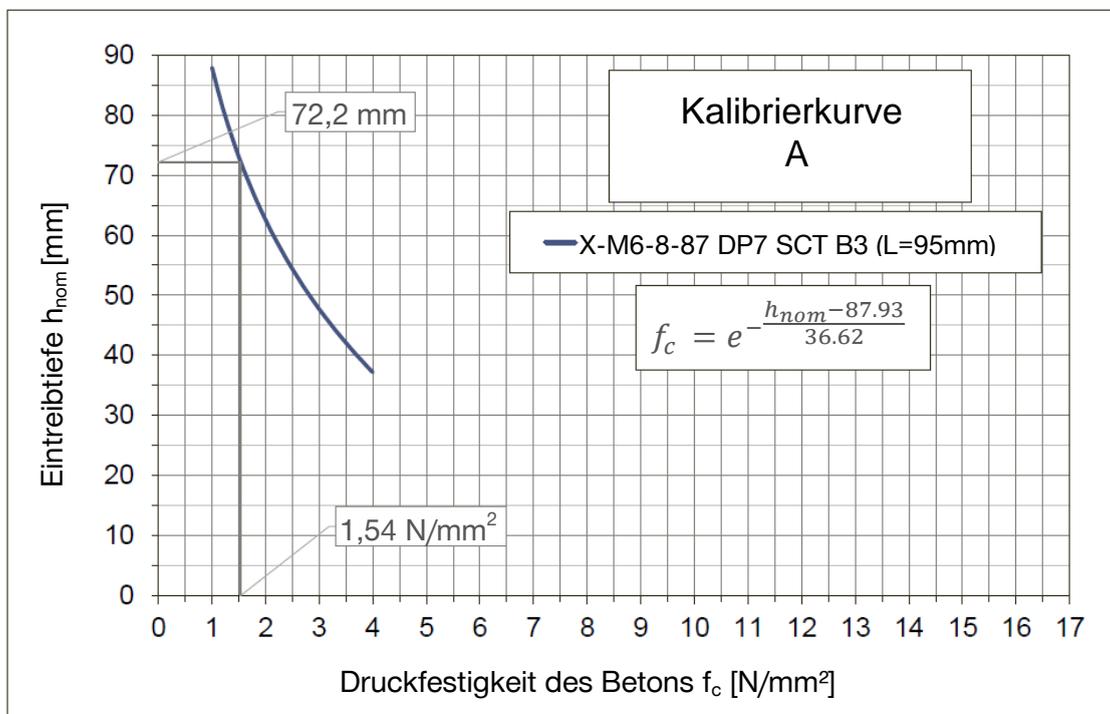


ANHANG 2: BEISPIEL KALIBRIERKURVE A

Anmerkung: In der Praxis verwendete Formulare müssen zusätzlich folgende Angaben enthalten: Projekt, Standort, Prüfingenieur, Betonmischung, Zeitpunkt des Spritzens und Zeitpunkt der Prüfung.

Gerät	Seriennummer	Bolzen	Gesamte Bolzenlänge L [mm]
BX 3-SCT	1000	X-M6-8-87 DP7 SCT B3	95

Bolzen #	Bolzenvorstand NVS [mm]	Eintreibtiefe h_{nom} [mm]	Mittelwert Eintreibtiefe h_{nom} [mm]	Festigkeit des Betons f_c [N/mm ²]
1	25	70	72,2	1,54
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		

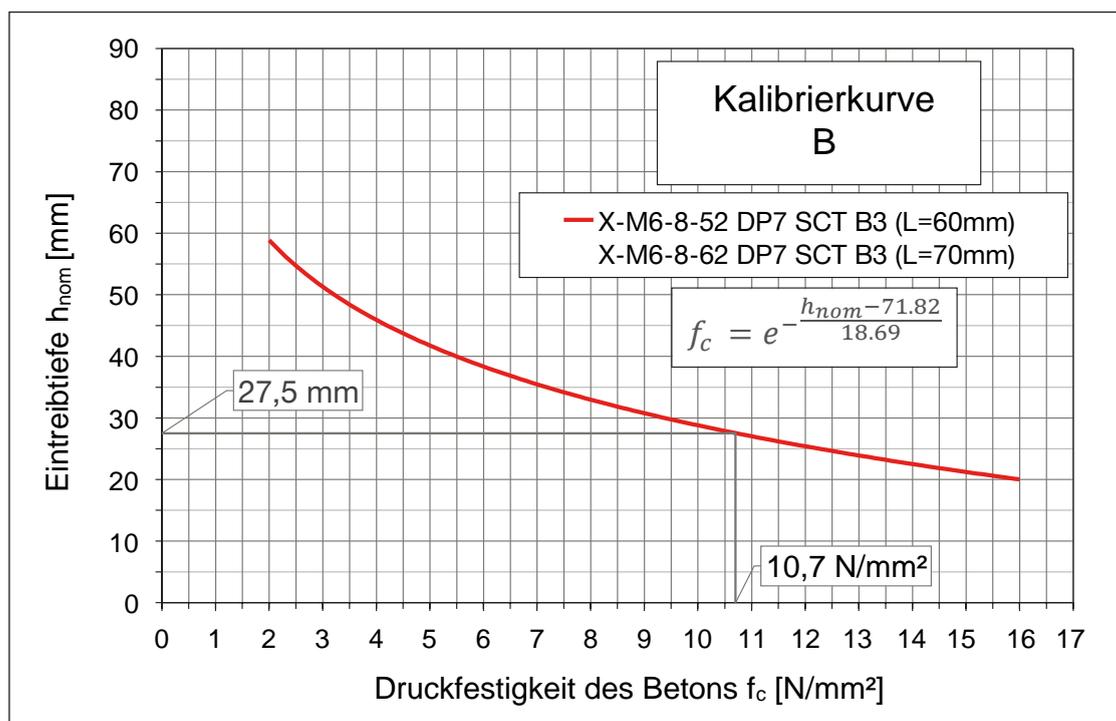


ANHANG 3: BEISPIEL KALIBRIERKURVE B

Anmerkung: In der Praxis verwendete Formulare müssen zusätzlich folgende Angaben enthalten: Projekt, Standort, Prüfingenieur, Betonmischung, Zeitpunkt des Spritzens und Zeitpunkt der Prüfung.

Gerät	Seriennummer	Bolzen	Gesamte Bolzenlänge L [mm]
BX 3-SCT	1000	X-M6-8-52 DP7 SCT B3	60

Bolzen #	Bolzenvorstand NVS [mm]	Eintreibtiefe h_{nom} [mm]	Mittelwert Eintreibtiefe h_{nom} [mm]	Festigkeit des Betons f_c [N/mm ²]
1	34	26	27,5	10,7
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: MISCHUNGSZUSAMMENSTELLUNG FÜR KALIBRIERVERSUCHE

Beton- mischung	Zuschlag ¹⁾	max. Korn- größe [mm]	Bindemittel- gehalt [kg/m ³]	Zementgehalt ²⁾ [kg/m ³]	Zusatz- stoff ³⁾ [kg/m ³]	Wasser/ Bindemittel -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	kantig	8	460	307	153	0,46
7	rund	8	400	267	133	0,62

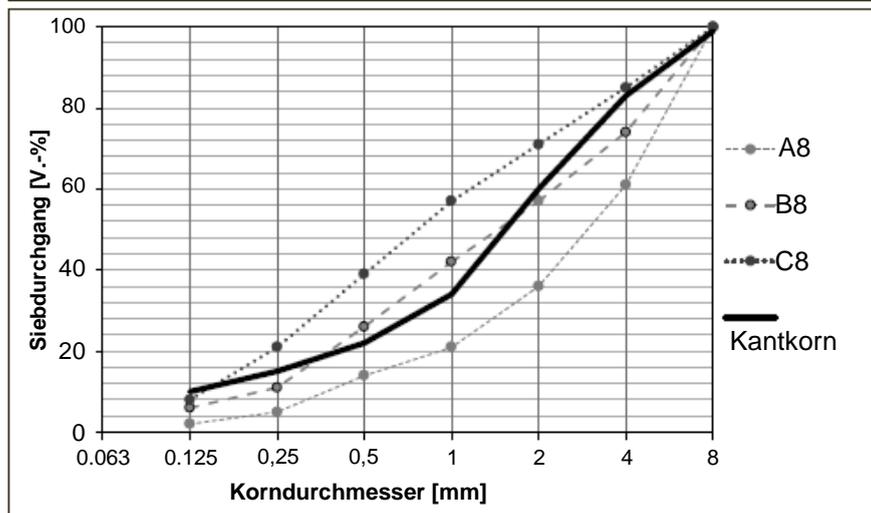
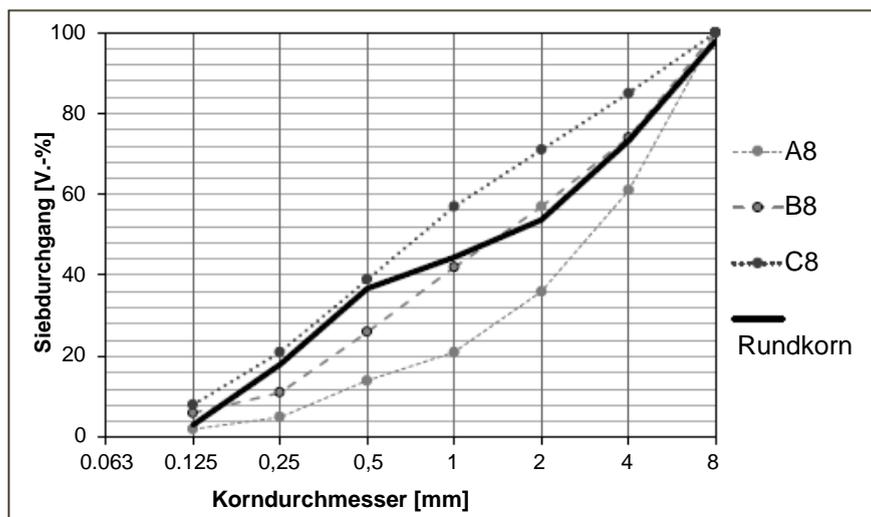
1) Petrographische Analyse: Dolomit-Mischkalk, Standardhärte

2) Zement: CEM I 52.5 R

3) Zusatzstoff: Eine Mischung aus Schlacke, Flugasche und Kalksteinmehl

Zusatzmittel: Zur Erzielung eines Ausbreitmaßes von 500 bis 600 mm und eines Luftporengehalts von 3 % wurden Fließmittel und Luftporenbildner eingesetzt.

Siebanalyse



ANHANG 5: BESTELLINFORMATION

Bestellbezeichnung	Artikelnummer	
Spritzbeton Bolzensetzgerät		
BX 3-SCT (02)	2330184	
	2346819	Nur für USA und Kanada
B22 22 V Li-Ionen-Akkus, empfohlen		
B22 2,6 22 V Li-Ionen-Akku	2136393	
B22 2,6 22 V Li-Ionen-Akku	2136395	Nur für USA und Kanada
Ladegeräte für Hilti Li-Ionen-Akkus		
Die Artikelnummern der Ladegeräte C4/36 können je nach lokalem Markt variieren. Bitte konsultieren Sie die lokale Hilti Website für Bestelldetails im jeweiligen Land.		
Batterien und Ladegeräte müssen separat bestellt werden.		
Prüfbolzen und Ersatzteile		
X-M6-8-52 DP7 SCT B3 Gewindebolzen (100 Stk./Packung)	2323247	
X-M6-8-62 DP7 SCT B3 Gewindebolzen (100 Stk./Packung)	2323246	
X-M6-8-87 DP7 SCT B3 Gewindebolzen (100 Stk./Packung)	2323248	
X-FG B3-SCT 02 Bolzenführung	2337405	



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

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