

# HILTI

Handbuch der  
Befestigungstechnik

**Nachträglich  
installierte  
Durchstanz-  
bewehrung  
Hilti HZA-P**





## Vorwort

Eine beachtliche Anzahl Flachdecken muss gegen Durchstanzen verstärkt werden, sei es aus Sicherheitsgründen (erhöhte Lasten oder Planungs- bzw. Ausführungsmängel), sei es um erhöhte Anforderungen neuer Normengenerationen zu erfüllen. Bisherige Verstärkungsmethoden sind jedoch oft nicht vollständig zufriedenstellend, oder sie können in vielen Fällen nicht angewendet werden (z.B. Stützenverbreiterung bei eingeschränkten Platzverhältnissen oder fehlende Zugänglichkeit zur Decke von beiden Seiten). In diesem Dokument wird ein von Hilti entwickeltes, innovatives System vorgestellt, welches die meisten der oben genannten Schwierigkeiten löst. Es besteht aus schräger Schubbewehrung, welche mit einem Hochleistungsverbundmörtel in von der Unterseite der Decke gebohrte Löcher installiert wird.

Die Bemessung der nachträglich installierten Schubbewehrung wird mit Hilfe der Theorie des kritischen Schubrisses durchgeführt. Diese Theorie wurde ursprünglich in den 1980-er Jahren in der Schweiz entwickelt und bildet derzeit den theoretischen Hintergrund der schweizerischen Stahlbetonnorm (SIA 262, 2003). Die Theorie erlaubt die Berechnung sowohl des Widerstands, als auch der Verformungskapazität von Bauteilen unter Durchstanzlasten. Sie wurde an der Eidgenössisch Technischen Hochschule in Lausanne (Schweiz) in Zusammenarbeit mit Spezialisten von Hilti auf das in diesem Dokument beschriebene Verstärkungssystem erweitert. Diese Arbeit führte zu einem recht einfachen und klaren Bemessungskonzept, welches den Einfluss der vielen mechanischen und geometrischen Parameter sowohl der Decken als auch der Schubbewehrung berücksichtigt.

Die mit dem Bemessungskonzept erzielten Vorhersagen wurden mit den Resultaten einer von Hilti durchgeführten Serie von 12 Versuchen an Platten in voller Grösse überprüft. Die Versuchskörper (3.0 m x 3.0 m x 0.25 m) entsprachen mit unterschiedlichen Zug- und Schubbewehrungsgraden dem Spektrum, das in bestehenden Bauten effektiv vorkommt. Die Theorie konnte sowohl den Durchstanzwiderstand als auch die Verformungskapazität mit hoher Genauigkeit und genügendem Sicherheitsabstand vorhersagen. Zusätzlich wurden 6 Platten geprüft, welche tatsächlich vorhandene Decken mit ungewöhnlichen Details der Geometrie oder Bewehrung aufwiesen (einbetonierte Stahlpilze, aufgebogene Bewehrung und rechteckige Stützen). Der Vergleich dieser Versuchsergebnisse mit der Theorie ermöglichte wiederum sehr gute Vorhersagen in Bezug auf die maximalen Traglasten und die effektiv auftretenden Versagensarten.

Schliesslich wird in diesem Dokument auch eine Reihe von konstruktiven Regeln angegeben, um das korrekte Verhalten des Systems sicherzustellen. Solche aus theoretischen Überlegungen abgeleitete Regeln wurden durch die Versuche bestätigt; deren Einhaltung verhindert das Auftreten von unerwünschten Versagensarten.

Dr. Aurelio Muttoni, Professor an der Eidgenössisch Technischen Hochschule in Lausanne, Schweiz



Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte: [jakob.kunz@hilti.com](mailto:jakob.kunz@hilti.com)

# Inhalt

<b>1 Verstärkung gegen Durchstanzen mit Hilti Zuganker HZA-P</b>	<b>5</b>
1.1 Anwendungsbereich	3
1.2 Vorteile der Methode	4
<b>2 Systemberechnung</b>	<b>6</b>
<b>3 Bemessung</b>	<b>7</b>
3.1 Grundsätzliche Überlegungen	7
3.2 Ermittlung der durch die Verstärkung aufzunehmenden Last	7
3.3 Bemessung der Verstärkung mit HZA-P	9
3.4 Durchstanzen ausserhalb der verstärkten Zone	10
3.5 Konstruktive Regeln	10
3.5.1 Anzahl Strahlen	10
3.5.2 Anzahl Verstärkungen pro Stahl	11
3.5.3 Abstand der Verstärkungen von der Stütze	11
3.5.4 Radialer Abstand der Verstärkungen	11
3.5.5 Axialer Abstand der Verstärkungen	11
3.5.6 Richtung der Bohrungen	11
3.5.7 Länge der Bohrungen	11
<b>4 EXBAR punching Bemessungsprogramm</b>	<b>12</b>
<b>5 Beispiele</b>	<b>13</b>
5.1 Verstärkung einer Decke	13
5.2 Eckstütze	16
<b>6 Versuchsergebnisse</b>	<b>20</b>
<b>7 Literatur</b>	<b>20</b>
<b>8 Setzanweisung</b>	<b>21</b>
8.1 Detektieren und Markieren der bestehenden unteren Armierung	21
8.2 Bohren und Verankerung	21
8.2.1 Bohrlocherstellung	21
8.2.2 Aufweiten der Bohrlöcher für untere Verankerung	22
8.2.3 Bohrlochreinigung	22
8.3 Injektionsvorbereitung	24
8.4 Injektion des Mörtels	25
8.5 Installation der Durchstanzbewehrung	26
8.6 Montage Ankerkopf	27
8.6.1 Injizieren der Verfüllscheibe mit HIT-RE 500	27
8.7 Vertiefung Ankerkopf verfüllen mit Brandschutzmörtel CP 636	27
<b>9 Material</b>	<b>28</b>

# 1 Verstärkung gegen Durchstanzen mit Hilti Zuganker HZA-P

## 1.1 Anwendungsbereich

Die Sicherheit bestehender Betondecken gegen Durchstanzen wird im Wesentlichen aufgrund der Geometrie von Platte und Stütze, sowie aufgrund der vorhandenen Bewehrung und Betonfestigkeit überprüft. Diese Daten stammen entweder aus vorhandenen Planungsunterlagen oder werden direkt vor Ort durch Freilegen der Bewehrung und Entnahme von Betonbohrkernen ermittelt.

Es gibt zwei Methoden zum nachträglichen Anbringen von Durchstanzbewehrung: Lässt sich sowohl die Unter- als auch die Oberseite bearbeiten, so kann durch die Betondecke hindurch gebohrt werden. Dann werden Stahlstäbe durch die Bohrung geführt und gegen die Betonplatte verspannt (Bild 1). Die Bohrung muss anschliessend mit einem geeigneten Mörtel verfüllt werden, damit sich die Stäbe unter Querlast nicht verschieben können und Wasser nicht in die Bohrung eindringen kann.

Allen Methoden, die von der Oberseite der Betonplatte her ausgeführt werden, haften allerdings beträchtliche Nachteile an: Zum einen muss die Aufschüttung entfernt, bzw. im Innern eines Gebäudes das entsprechende Stockwerk geschlossen werden. Zum andern wird, etwa bei Tiefgaragen oder Dächern, die bestehende Abdichtung durchdrungen. Der Aspekt der Dichtigkeit verdient daher besondere Aufmerksamkeit.

Wenn die Oberseite der Platte wie oft nur mit hohem Aufwand zugänglich ist, kann die Durchstanzbewehrung auch nur von der Unterseite her angebracht werden. In schräge Bohrlöcher werden Stahlstäbe mit einem geeigneten Verbundmörtel eingebracht (Bild 2). Wichtig ist dabei, dass die Bohrungen wenigstens bis direkt unter die obere Bewehrung reichen. Die Wirksamkeit von Durchstanzbewehrungen hängt stark von deren Verankerung ab. Deshalb ist auch bei dieser Methode der Verbundmörtel entscheidend.

Da durchdringende Verstärkungen nach Bild 1 auf der sicheren Seite liegend wie einbetonierte Durchstanzbewehrung bemessen werden kann, geht diese Broschüre im Folgenden detailliert nur auf nachträglich von unten eingebohrte und eingemörtelte Durchstanzbewehrungen nach Bild 2 ein.

## 1.2 Vorteile der Methode

- kostengünstige Verstärkung gegen Durchstanzlasten
- Bemessung mit anwendbarer Stahlbetonnorm
- gefordertes Sicherheitsniveau nach Stahlbetonnorm nachweisbar
- Einfache und rasche Auslegung mit Software EXBAR-Punching
- Integrierter Brandschutz
- Betonoberfläche wird nicht verändert

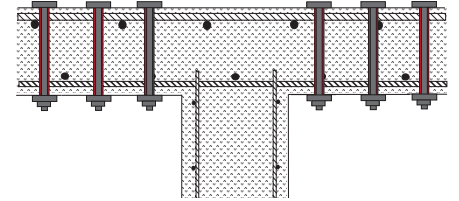


Bild 1: Durchgehende nachträgliche Durchstanzbewehrung

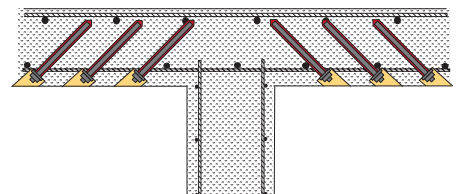


Bild 2: von unten eingebohrte nachträgliche Durchstanzbewehrung



Bild 3: Deckenverstärkung



Bild 4: Stützenfundament



Bild 5: Brückenplatte

## 2 Systembeschreibung

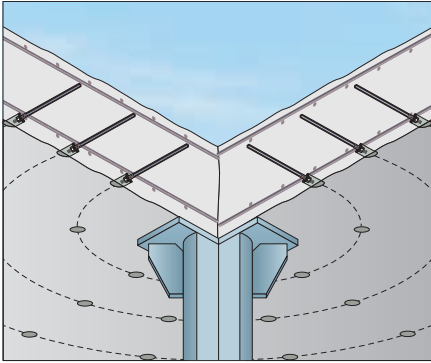


Bild 6: eingemörtelte Durchstanzbewehrung



Bild 7: Hilti Zuganker HZA-P



Bild 8: Verankerung



Bild 9: versenkte Verankerung



Bild 10: Hilti Dynamik Set

Hilti Zuganker HZA-P werden in Kombination mit Hilti Verbundmörteln verwendet, um Durchstanzbewehrung in bestehenden Betonplatten zu installieren.

Bohrlöcher werden unter einem Winkel von 45° und zur Stütze hin gerichtet erstellt. Die Länge der Bohrlöcher ist so, dass sie zumindest die unterste Lage der oberen Zugbewehrung der Platte erreichen. Ideal sind Bohrlöcher, welche bis zum Zentrum der Zugbewehrung, d. h. über die gesamte statische Höhe der Platte reichen.

Verbundmörtel Hilti HIT-RE 500 wird in die Bohrlöcher injiziert und Hilti Zuganker HZA-P werden dann in die mit Verbundmörtel injizierten Bohrlöcher gesetzt. Der obere Teil der Hilti Zuganker HZA-P besteht aus einem Bewehrungsstab mit Durchmesser 16mm oder 20mm. Der untere Teil setzt sich aus einem glatten Schaft und anschließend einem Gewinde M16 oder M20 zusammen. Für die Bemessung ist der Bewehrungsstab massgebend; der glatte Schaft und das Gewinde bestehen aus Stahl mit höherer Festigkeit.

Nach dem Aushärten des Verbundmörtels wird der untere Ankerkopf installiert. Das Hilti Dynamik Set besteht aus einer Injektionsscheibe (Durchmesser 52mm bei M16 / 60mm bei M20), einer Kalottenscheibe, um Biegung im Anker zu vermeiden, und einer Mutter. Zur Sicherstellung einer schlupffreien Verankerung wird der Ringspalt zwischen Anker und Scheibe, bzw. Bohrlochmund mit Hilti Verbundmörtel injiziert.

Der Ankerkopf wird in eine mit einem Glockenbohrer erstellte Vertiefung in der Betonoberfläche installiert. Die Vertiefung bringt den Vorteil, dass sie mit einem Brandschutzmörtel aufgefüllt werden kann, womit der Brandschutz für die Durchstanzbewehrung gegeben ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Betonoberfläche am Ende der Intervention wieder glatt ist und die Massnahme unsichtbar bleibt. Alternativ, zum Beispiel bei sehr dichter Bewehrung in der Nähe der Stütze, kann die Verankerung auf der Betonoberfläche mittels auf 45° abgeschrägten Scheiben oder dickwandigen Rohren installiert werden. Diese sind jedoch nicht Bestandteil des Lieferprogramms.

Die geeigneten Werkzeuge und Methoden zur Installation sind in Abschnitt 8 beschrieben. In Abschnitt 3 zeigt die Methode zur Bemessung von nachträglicher Durchstanzbewehrung mit Hilti Zuganker HZA-P.

### 3 Bemessung

#### 3.1 Grundsätzliche Überlegungen

Grundlage der Bemessung bildet der bereits vorhandene Durchstanzwiderstand des unverstärkten Bauteils,  $V_{Rd,c}$ . Dieser wird nach der anwendbaren Stahlbetonnorm ermittelt.

Auch mit Durchstanzbewehrung ist der maximal mögliche Durchstanzwiderstand begrenzt durch das Versagen der Betondruckzone am Stützenansatz. Der maximal mögliche Durchstanzwiderstand einer Decke mit Schubbewehrung,  $V_{Rd,max}$ , ist in den Stahlbetonnormen ebenfalls definiert ( $V_{Rd,max,code}$ ). Andererseits gibt auch das in den folgenden Abschnitten dargestellte spezifische Bemessungskonzept für Verstärkungen mit eingemörtelter Durchstanzbewehrung Hilti HZA-P eine maximal mögliche Durchstanzlast für diese Art Bewehrung an ( $V_{Rd,max,HZA-P}$ ). Diese maximale Last soll nicht überschritten werden, auch in Fällen wo  $V_{Rd,max,code}$  höher ist.

Falls die vorhandene Durchstanzlast,  $V_d$ , höher als der Durchstanzwiderstand ohne Bewehrung,  $V_{Rd,c}$ , ist, muss die Decke verstärkt werden. Die Bemessung beruht auf Durchstanzversuchen die im Forschungslabor der Hilti AG durchgeführt und an der ETH Lausanne wissenschaftlich ausgewertet wurden.

Das Modell zur Bemessung der Verstärkung mit Hilti HZA-P verwendet die Theorie des kritischen Schubrisses [1] und beruht auf folgenden Annahmen:

- Die Tragfähigkeit der verstärkten Decke ist die Summe eines Anteils des Betons und eines Anteils durch die Verstärkung:  $V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{Rd,s}$ .
- Um die Durchstanzbewehrung zu aktivieren, muss sich der Durchstanzriss öffnen.
- Die Öffnung des Durchstanzrisses und das Grösstkorn beeinflussen die verbleibende Tragfähigkeit des Betons.

In Bild 11 ist die Öffnung des Durchstanzrisses auf der Horizontalachse dargestellt durch die Rotation  $\Psi$  der Betonplatte. Die Linie „Failure Criterion“ zeigt, wie der Durchstanzwiderstand einer Platte ohne Durchstanzbewehrung mit zunehmender Rotation (entspricht Rissöffnung) abnimmt.

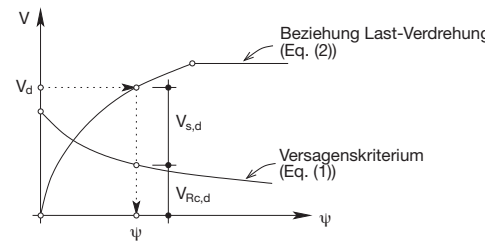


Bild 11: Last auf Verstärkung und Betontraganteil

#### 3.2 Ermittlung der durch die Verstärkung aufzunehmenden Last

Der unter Rotation  $\Psi_d$  verbleibende Traganteil des Betons ist:

$$V_{Rd,c} = \frac{2 \cdot \eta_t \cdot \sqrt{f_{ck}}}{4.5 \cdot \left( 1 + 20 \cdot \frac{\Psi_d \cdot d}{d_g + 16} \right)} \cdot d \cdot u' \tag{1}$$

- Mit:
- $V_{Rd,c}$  Betontraganteil am Durchstanzwiderstand [N]
  - $\eta_t$  Faktor für Langzeiteffekte:  $\eta_t=1.0$  wenn für  $f_{ck}$  die ursprünglich spezifizierte Festigkeit nach 28 Tagen eingesetzt wird;  $\eta_t=0.85$  wenn  $f_{ck}$  die aktuelle Festigkeit ist
  - $f_{ck}$  charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons [N/mm<sup>2</sup>]
  - $d_g$  Durchmesser Grösstkorn [mm]
  - $d$  statische Höhe [mm]
  - $u'$  Nachweisschnitt im Abstand 0.5d von der Stütze (Bild 12) [mm]

Die Rotation der Platte unter der Last  $V_d$  [kN] kann ermittelt werden als

$$\psi_d = 1.5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{yd}}{E_s} \cdot \left( \frac{V_d}{V_{flex}} \right)^{3/2} \quad (2)$$

Mit:	$r_s$	Distanz vom Stützenanschnitt bis zum Momentennullpunkt der Decke [mm]. Für Innenstützen von regelmässig gestützten Flachdecken kann $r_s=0.22\ell$ angesetzt werden ( $\ell$ = lichte Spannweite)
	$f_{yd}$	Bemessungs-Zugfestigkeit des Bewehrungsstahls [N/mm <sup>2</sup> ]
	$E_s$	Elastizitätsmodul des Stahls (=205'000N/mm <sup>2</sup> )
	$V_d$	Stützenlast [kN]
	$V_{flex}$	Bemessungs-Stützenlast, bei welcher plastisches Biegeversagen der Decke eintritt [kN]

$V_{flex} = a \cdot m_{Rd}$  ist eine Näherungsformel für die Stützenkraft, bei welcher der Biege widerstand der Platte ( $m_{Rd}$ ) erreicht wird. Der kleinste Wert von  $V_{flex}$  aus den folgenden Betrachtungen wird herangezogen:

- Innenstützen:  $a = 8 \rightarrow$  obere Bewehrung in beide Richtungen prüfen
- Randstützen:  $a = 4 \rightarrow$  obere Bewehrung parallel zum Rand prüfen  
 $a = 8 \rightarrow$  obere und untere Bewehrung senkrecht zum Rand prüfen
- Eckstützen:  $a = 2 \rightarrow$  obere und untere Bewehrung in beide Richtungen prüfen

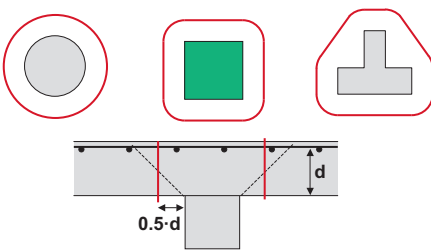


Bild 12: Stützenumfang  $u_0$  bei typischen Stützenformen

Das Bemessungsmodell [2] geht von einem Nachweisschnitt im Abstand von  $0.5d$  aus. Für übliche Stützenformen ist der Nachweisschnitt in Bild 12 skizziert. Bei variabler Plattenstärke (z.B. Fundamenten oder einbetonierten Pilzen) ist derjenige Schnitt massgebend, der den kleinsten Durchstanzwiderstand ergibt. Zur Berücksichtigung einer unregelmässigen Verteilung der Querkraft um die Stütze wird der Nachweisschnitt  $u_0$  mit dem Faktor  $k_e$  multipliziert:

$$u' = u_0 \cdot k_e ; k_e = \frac{1}{1 + \frac{e}{b}}$$

Nimmt eine Stütze Biegemomente  $M_d$  auf, so ist im Faktor  $k_e$  der Parameter  $e = |M_d/V_d|$  und für  $b$  ist der Durchmesser der in einen flächengleichen Kreis umgewandelten gestützten Fläche einzusetzen. Bei regelmässig gestützten Flachdecken mit biegesteif angeschlossenen Stützen, die nicht für die Aufnahme der horizontalen Einwirkungen ausgelegt sind, kann  $k_e$  bei Innenstützen näherungsweise zu 0.9 angenommen werden.

Die Verstärkung mit Hilti HZA-P kann durchgeführt werden, sofern die volle Stützenlast  $V_d$  höchstens gleich dem maximalen Durchstanzwiderstand ist;  $V_{Rd,max,HZA-P}$  wird iterativ aus folgender Gleichung ermittelt:

$$V_{Rd,max,HZA-P} = \frac{5.2 \cdot \eta_t \cdot \sqrt{f_{ck}}}{4.5 \cdot \left( 1 + 20 \cdot \frac{\psi(V_{Rd,max,HZA-P}) \cdot d}{d_g + 16} \right)} \cdot u' \cdot d \quad (3)$$

Mit  $\psi(V_{Rd,max,HZA-P})$  nach Gleichung (2), wobei  $V_{Rd,max,HZA-P}$  statt  $V_d$  einzusetzen ist. Sodann kann die Kraft, welche durch die Verstärkung aufzunehmen ist, ermittelt werden als:

$$V_{Rd,s,req} = V_d - V_{Rd,c} \geq 0.2V_d \quad (4)$$

$V_{Rd,c}$  wird mit der Rotation  $\psi$  nach Formel (2) mit dem Parameter  $V_d$  ermittelt.



### 3.3 Bemessung der Verstärkung mit HZA-P

Der Nachweis der Schubbewehrung muss folgende Bedingung erfüllen:

$$V_{s,d} \leq \sum_{i=1}^n N_{si,d} \cdot \sin \beta_i \cdot k_e \quad (5)$$

wobei  $N_{si,d}$  der Bemessungswert des Widerstandes eines einzelnen Schubbewehrungsstabes Hilti HZA-P und  $\beta_i$  der Winkel der Schubbewehrung gegenüber der Oberfläche des Bauteils ist.

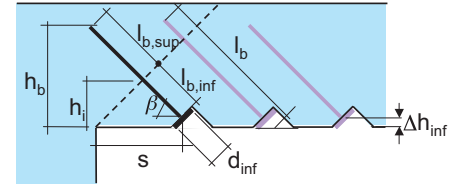


Bild 13: Geometrie der Verstärkung

Der Bemessungswiderstand eines Hilti Zugankers HZA-P,  $N_{si,d}$ , ist gleich dem kleinsten der folgenden Werte:

$$N_{si,d} = \min(N_{si,el,d}; N_{si,pl,d}; N_{si,b,d}; N_{si,p,d}) \quad (6)$$

wobei  $N_{si,el,d}$  die Kraft in der Schubbewehrung ist, welche im Stab aktiviert werden kann unter der Annahme eines elastischen Verhaltens. Unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Rotation des zu verstärkenden Bauteils unter Gebrauchslast ergibt sich:

$$N_{si,el,d} = K_{ai} \cdot \sqrt{\Delta\psi_d \cdot h_i \cdot \sin(\alpha + \beta_i)} \quad [MN]; [m] \quad (7)$$

$\alpha$  ist der Winkel des Schubrisses (festgelegt auf  $45^\circ$ ). Im Normalfall von unter  $\beta_i=45^\circ$  gesetzten Verstärkungen ist daher der Wert  $\sin(\alpha+\beta_i)=1.0$ .  $h_i$  ist die Höhe, auf welcher der Verstärkungsstab den theoretischen Durchstanriss kreuzt (Bild 13) und ist in [m] einzusetzen.  $\Delta\psi_d$  ist die massgebende Rotation des zu verstärkenden Bauteils unter Bemessungslast:  $\Delta\psi_d = \psi_d - \psi_{SLS}$ .

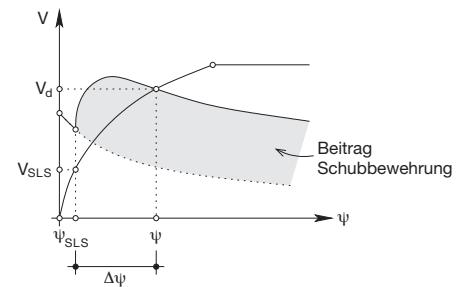


Bild 14: Definition von  $\Delta\psi_d$

$V_{SLS}$  ist die effektiv einwirkende Querkraft während der Ausführung der Verstärkung auf Gebrauchsniveau. Demzufolge wird Gleichung (2) im Fall von Innenstützen zu:

$$\Delta\psi_d = 1.5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{yd}}{E_s} \cdot \left[ \left( \frac{V_d}{8m_{Rd}} \right)^{3/2} - \left( \frac{V_{SLS}}{8m_{Rd}} \right)^{3/2} \right] \quad (\text{Beispiel gültig für Innenstützen}) \quad (2a)$$

$K_a$  ist ein von der Verankerung abhängiger Koeffizient, dessen Werte in Tabelle 1 angegeben sind:

	HZA-P M16	HZA-P M20
Hilti HIT-RE 500	$K_{ai} [MN / m^{0.5}] = 2.62 \left( \frac{f_{cc,k} [N / mm^2]}{25} \right)^{0.05}$	$K_{ai} [MN / m^{0.5}] = 3.67 \left( \frac{f_{cc,k} [N / mm^2]}{25} \right)^{0.05}$

Tabelle 1: Verankerungsbeiwerte  $K_a$  ( $f_{cc,k}$  = charakteristische Würfeldruckfestigkeit des Betons)

$N_{si,pl,d}$  ist der plastische Widerstand des Verstärkungsstabs, er beträgt:

$$N_{si,pl,d} = A_{si} \cdot f_{yd} \quad (8)$$

$N_{si,b,d}$  ist der maximale Widerstand, welcher durch den Verbund im Verstärkungsstab aufgebaut werden kann. Es wird angenommen, dass der Stab zwischen dem Punkt, wo er den Schubriss schneidet und seinem oberen Ende, eingebunden ist ( $\ell_{b,sup,i}$  siehe Bild 13).

$$N_{si,b,d} = \tau_{bd} \cdot d_b \cdot \pi \cdot \ell_{b,sup,i} \quad (9)$$

Der Bemessungswert der Verbundfestigkeit wird ermittelt als  $\tau_{bd} = \tau_{bd}^0 \cdot f_{B,N}$ . Dabei ist  $\tau_{bd}^0$  der Bemessungswert der Verbundfestigkeit in Beton der Güte C20/25, und  $f_{B,N}$  gibt den Einfluss der Betonfestigkeit an. Die Werte sind in Tabelle 2 angegeben. Für  $f_{cc,k}$  sind höchstens 60 N/mm<sup>2</sup> einzusetzen.

		Hilti HIT-RE 500
<b>Verbundfestigkeit:</b>	$\tau_{bd}^0 =$	<b>6.67 N/mm<sup>2</sup></b>
<b>Einfluss der Betonfestigkeit:</b>	$f_{B,N} =$	$\left( \frac{f_{cc,k}}{25 \text{ N/mm}^2} \right)^{0.1}$ <b>25 MPa ≤ <math>f_{cc,k}</math> ≤ 60 MPa</b>

Tabelle 2: Verbundfestigkeit

$N_{si,p,d}$  ist der maximale Widerstand gegen Auszug eines Betonkegels durch die untere Verankerung (Bild 13):

$$N_{si,p,d} = A_{si} \cdot \frac{0.360}{\gamma_c} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\ell_{b,inf,i}^{1.5}}{d_{bi}^2} \left( 1 + \frac{d_{inf,i}}{\ell_{b,inf,i}} \right) \quad [\text{MN}], [m] \quad (10)$$

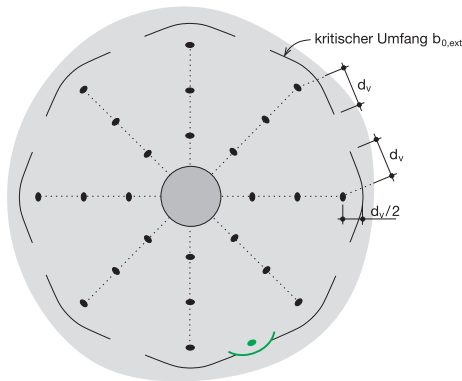


Bild 15: äusserer Umfang

$\ell_{b,inf,i}$  ist der Abstand zwischen dem Punkt, an welchem der Verstärkungsstab den kritischen Schubriss schneidet, und dessen unterer Verankerung (Bild 13);  $d_{inf,i}$  ist der Durchmesser der unteren Verankerungsplatte (= 0.052 m bei HZA-P M16 / = 0.060 m bei HZA-P M20). Es ist zu beachten, dass letztere Formel dimensionsabhängig ist: Die Grössen sind in den SI-Einheiten [MN], [m] einzusetzen.

### 3.4 Durchstanzen ausserhalb der verstärkten Zone

Die verstärkte Zone muss so gross sein, dass der Durchstanzwiderstand ausserhalb der verstärkten Zone kleiner ist als die Durchstanzlast nach Abzug der innerhalb wirkenden Einwirkungen. Der Durchstanzwiderstand ausserhalb der verstärkten Zone wird nach der geltenden Stahlbetonnorm ermittelt. Zu beachten ist, dass bei versenkter unterer Verankerung die entsprechend reduzierte statische Höhe  $d'$  eingesetzt wird (Bild 13). Der massgebende Rundschnitt wird vom äusseren Durchmesser der verstärkten Zone bestimmt. Von der Verankerung eines Verstärkungsstabs weg kann ein Umfang von höchstens  $2d$  angerechnet werden (Bild 15). Der äussere Umfang kann erweitert werden, indem zusätzliche Anker zwischen Verankerungen, die weiter als  $2d'$  von einander entfernt sind, gesetzt werden (grün eingezeichnet in Bild 15).

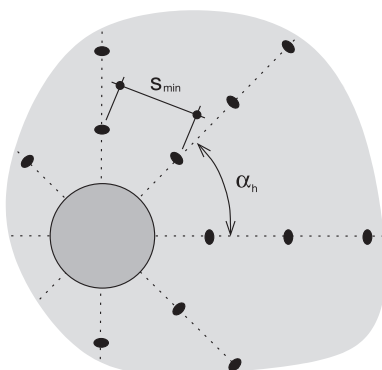


Bild 16: Winkel zwischen Strahlen

### 3.5 Konstruktive Regeln

Folgende konstruktive Regeln sind bei der Verwendung von Hilti Zugankern HZA-P als Durchstanzbewehrung zu berücksichtigen:

**3.5.1 Anzahl Strahlen**

Die Hilti Zuganker HZA-P werden in Strahlen rund um die Stütze angeordnet. Der Winkel zwischen den einzelnen Strahlen soll höchstens 45° betragen:

$$\alpha_h \leq 45^\circ$$

**3.5.2 Anzahl Verstärkungen pro Strahl**

Jeder Strahl soll aus mindestens zwei Hilti Zugankern HZA-P bestehen.

**3.5.3 Abstand der Verstärkungen von der Stütze**

Der Abstand zwischen der ersten Verankerung und dem Stützenansatz beträgt höchstens 0.75d, wobei d die mittlere statische Höhe des zu verstärkenden Bauteils ist ( $d = (d_x + d_y) / 2$ ):

$$s_0 \leq 0.75d$$

Wird  $s_0$  sehr klein gewählt, so kann daraus eine stark reduzierte Tragfähigkeit des ersten Verstärkungsankers resultieren. Das aufgezeigte Bemessungskonzept (Abschnitt 3.3) trägt diesem Umstand Rechnung. Ausserdem kann ein kleiner Abstand  $s_0$  bei starker durchgehender Stützenbewehrung zu Schwierigkeiten bei der Bohrerherstellung führen.

**3.5.4 Radialer Abstand der Verstärkungen**

Innerhalb eines Strahls soll der Abstand zwischen zwei Verstärkungen höchstens 0.75d betragen:

$$s_1 \leq 0.75d$$

**3.5.5 Axialer Abstand der Verstärkungen**

Der Abstand zwischen den Achsen der Strahlen soll mindestens drei Mal der Durchmesser der Bohrung (Aufweitung) betragen ( $s_{min}$ , s. Bild 16). Stehen keine anderen Angaben zur Verfügung, so sind folgende Werte zu berücksichtigen:

- HZA M16:  $s_{min} = 170 \text{ mm}$
- HZA M20:  $s_{min} = 200 \text{ mm}$

**3.5.6 Richtung der Bohrungen**

Die Verstärkungen sind in einem Winkel von 45° zur Oberfläche des zu verstärkenden Bauteils anzuordnen:

$$\beta_i = 45^\circ$$

**3.5.7 Länge der Bohrungen**

Durchstanzverstärkungen mit Hilti Zugankern HZA-P sollen über die gesamte statische Höhe des zu verstärkenden Bauteils eingebunden werden:

$$h_b = d$$

Falls eine Bohrung dabei die untere Lage der Zugbewehrung durchkreuzt, kann die Bohrlänge reduziert werden, um das Durchtrennen der Zugbewehrung zu vermeiden. Um diese Fälle abzudecken, soll die Bemessung der Verstärkung deshalb mit einer reduzierten Höhe  $h_b$  durchgeführt werden.

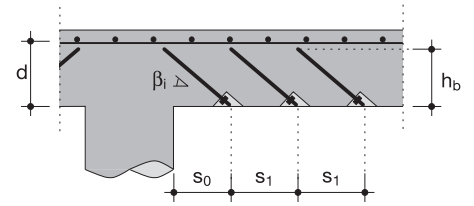


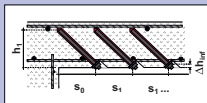
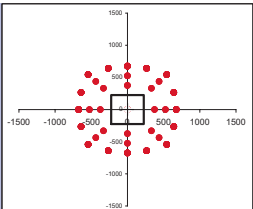
Bild 17: Abstände zwischen Verstärkungen

## 4 EXBAR Punching Bemessungsprogramm

Exbar Punching ist das Bemessungsprogramm für die Verstärkung von Bauteilen gegen Durchstanzen mit Hilti Zugankern HZA-P. Es führt die Bemessung gemäss Abschnitt 3 durch. Der Widerstand des unverstärkten Bauteils, der maximale Durchstanzwiderstand (Versagen der Betondruckzone am Stützenansatz), sowie der Durchstanzwiderstand ausserhalb der verstärkten Zone werden nach dem Modell von Abschnitt 3 berechnet. Sie sind auch nach der anwendbaren Stahlbetonnorm zu überprüfen. Der Anwender gibt sämtliche erforderlichen Daten in der oberen Hälfte der Eingabeseite ein. Falls der Betonanteil des Durchstanzwiderstands nach der anwendbaren Stahlbetonnorm in die Bemessung einfließen soll, so kann dieser als „Betonbeitrag nach anwendbarer Norm,  $V_{Rd,c,c}$ “ eingegeben werden.

HILTI		Punching	
Kunde:		Verstärkung gegen Durchstanzen mit Hilti HZA-P	
Hilti Aktiengesellschaft FL-9494 Schaan		Seite	
EXBAR-Punching B2.6 V 2.0d		Bauteil	
Telefon:		Angebot:	
Name:		Projekt:	
		Listenummer:	
		Datum:	
		Projektname:	
<b>Lasten und Materialeigenschaften</b>			
Bemessungswert der Stützenlast	$V_d = 700$ kN	Fließgrenze der Platten-Zugbewehrung	$f_{yd} = 435$ N/mm <sup>2</sup>
Bemessungswert der Flächenlast	$q_d = 2$ kN/m <sup>2</sup>	Betongüte	28-Tage-Festigkeit C25/30
Stützenlast während Verstärkung (Gebrauchsniveau)	$V_{d,s} = 300$ kN	Grösse max. Zuschlagskorn	$D_{max} = 32$ mm
Faktor für Lastexzentrizität	$k_e = 0.9$	Betonbeitrag nach anwendbarer Norm	$V_{Rd,c,c} =$ kN
<b>Geometrie</b>			
Distanz Stütze-Momentennullpunkt in x/y-Richtung [mm]	$r_x/r_y = 1650 / 1650$	rechteckige Stütze	Plattenstärke $h = 300$ mm
statische Höhe in x/y-Richtung [mm]	$d_x/d_y = 250 / 250$	Innenstütze	Länge x-Rtg. $a = 450$ mm
obere Bewehrung in x/y-Richtung [mm <sup>2</sup> /m]:	$A_{s,x}/A_{s,y} = 963 / 963$		Länge y-Rtg. $b = 450$ mm
-> Verstärkung möglich mit Hilti HZA-P			

Aufgrund des ermittelten Durchstanzwiderstands des unverstärkten Bauteils und des maximal möglichem Durchstanzwiderstands wird der Anwender informiert, ob eine Verstärkung mit Hilti HZA-P möglich ist. Ist dies der Fall, so kann der Anwender im zweiten Teil der Eingabemaske den Typ der Verstärkungsstäbe, die Vertiefung für die untere Verankerung  $\Delta h_{inf}$ , die Höhe, über welche die Verstärkungsstäbe verankert sind  $h_b$ , den Abstand der ersten Verstärkung vom Stützenansatz  $s_0$ , den radialen Abstand zwischen den Verstärkungen  $s_1$  und die Anzahl Strahlen  $n_s$  eingeben.

Anordnung der Verstärkung		Hilti HIT-RE 500	
Verbundmörtel		HZA-P M16	
Verstärkungsanker	$\Delta h_{inf} = 40$ mm		
Tiefe der Einsenkung für die untere Verankerung	$h_b = 250$ mm		
Höhe der Durchstanzbewehrung ( $\max\{d_s, 50 \leq h_b \leq 11s\}$ )	$s_0 = 150$ mm		
radialer Abstand Stütze - 1. Anker ( $0.25d \leq s_0 \leq 0.75d$ )	$s_1 = 150$ mm		
radialer Abstand zwischen Ankern ( $0.25d \leq s_1 \leq 0.75d$ )	$n_s = 8$		
Anzahl Strahlen (mindestens 8)			
Verstärkung i. O.			

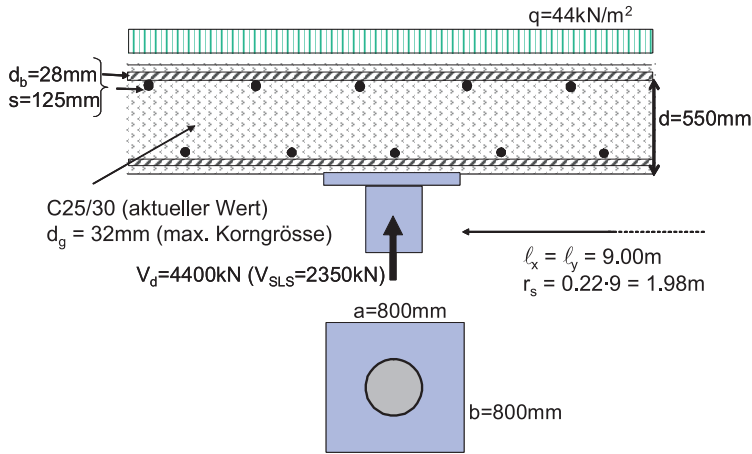
Der Anwender wird bei der Eingabe obiger Daten dauernd informiert, ob die gewählte Verstärkung ausreichend ist oder nicht. Die Anzahl der Verstärkungen in einem Strahl wird automatisch so gewählt, dass der Nachweis des Durchstanzwiderstands ausserhalb der verstärkten Zone nach dem Modell von Abschnitt 3 erfüllt wird.

Hat der Anwender eine zufrieden stellende Verstärkung gewählt, findet er auf einer separaten Nachweisseite sämtliche erforderlichen Nachweise. Diese Seite kann auch ausgedruckt und einer statischen Berechnung beigelegt werden.

# 5 Beispiele

## 5.1 Verstärkung einer Decke

Gegeben



Durchstanzwiderstand der unverstärkten Platte nach anwendbarer Stahlbetonnorm:

$$V_{Rd,c,c} = 3500 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,c} < V_d$$

Daher muss die Platte verstärkt werden.

### Eignung des Systems Hilti HZA-P

Kritischer Umfang

$$k_e = 0.9 \text{ (Innenstütze)}$$

$$u' = 0.9 \cdot (4 \cdot 800 + 2 \cdot 275 \cdot \pi)$$

$$= 4435 \text{ mm}$$

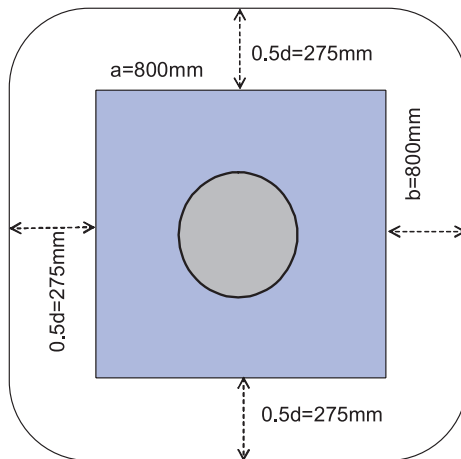
Fläche innerhalb des kritischen Umfangs

$$A_i = 0.800^2$$

$$+ 4 \cdot 0.275 \cdot 0.800$$

$$+ 0.275^2 \cdot \pi$$

$$= 1.76 \text{ m}^2$$



Durchstanzlast ausserhalb kritischem Rundschnitt:

$$V'd = 4400 - (44 + 0.6 \cdot 25) \cdot 1.76 = 4296 \text{ kN}$$

Zugbewehrung der Platte:

$$A_{sx} = A_{sy} = \frac{28^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{1000}{125} = 4926 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Innerer Hebelarm

$$z \cong 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot 550 = 495 \text{ mm}$$

Bemessungswert des Biegegewiderstands

$$m_{Rd} = A_{sx} \cdot f_{yd} \cdot z = 4926 \cdot 435 \cdot 495 \cdot 10^{-6} = 1061 \text{ kNm} / m$$

Faktor für Lanzeffekte

$$\text{aktueller Wert} \rightarrow \eta_t = 0.85$$

1. Schätzung max. Durchstanzwiderstand

$$V_{Rd,max,HZA-P,0} = 4500 \text{ kN}$$

Rotation unter  $V_{Rd,max,HZA-P,1}$

$$\psi_{d1} = 1.5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{yd}}{E_s} \cdot \left( \frac{V_{Rd,max,HZA-P,0}}{a \cdot m_{Rd}} \right)^{3/2} = 0.00442 \quad (a=8, \text{Innenstütze}) \quad (2)$$

Berechnung max. Durchstanzwiderstand

$$V_{Rd,max,HZA-P1} = \frac{2.6 \cdot 2 \cdot \eta_t \cdot \sqrt{f_{ck}}}{4.5 \cdot \left( 1 + 20 \cdot \frac{\psi_{d1} \cdot d}{d_g + 16} \right)} \cdot u' \cdot d / 1000 = 5949 \text{ kN} \quad (3)$$

2. Schätzung max. Durchstanzwiderstand

$$V_{Rd,max,HZA-P,3} = (V_{Rd,max,HZA-P,0} = V_{Rd,max,HZA-P,1}) / 2 = 5225 \text{ kN}$$

... Nach einigen Iterationen mit Formeln (2) und (3) ergibt sich:

Maximaler Durchstanzwiderstand

$$V_{Rd,max,HZA-P} = 5256 \text{ kN} > V'_d \rightarrow \text{Verstärkung möglich mit HZA-P!}$$

### Parameter zur Bemessung der Durchstanzbewehrung

Verstärkungsanker: Hilti HZA-P M20 eingemörtelt mit Hilti HIT-RE 500

Verbundfestigkeit:

$$\tau_{bd} = 6.67 \cdot \left( \frac{f_{ck}}{25} \right)^{0.1} = 6.67 \cdot \left( \frac{30}{25} \right)^{0.1} = 6.79 \text{ N} / \text{mm}^2 \quad (\text{table 2})$$

Verankerungsfaktor:

$$K_a = 3.67 \cdot \left( \frac{f_{ck}}{25} \right)^{0.05} = 3.70 \text{ MN} \cdot \text{m}^{0.5} \quad (\text{table 1})$$

Durchmesser Ankerplatte

$$d_{inf} = 60 \text{ mm} \quad (\text{section 2})$$

Rotation unter Bemessungslast:

$$\psi_d = 1.5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \left( \frac{V_d}{a \cdot m_{Rd}} \right)^{3/2} \cdot \frac{f_{yd}}{E_s} = 0.00428 \quad (2)$$

Betonbeitrag zum Durchstanzwiderstand:

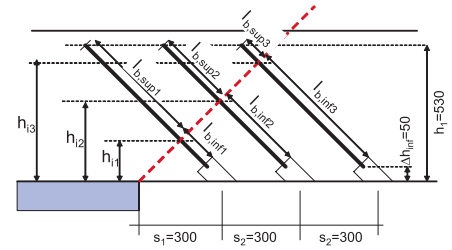
$$V_{Rc,d} = \frac{2 \cdot \eta_t \cdot \sqrt{f_{ck}}}{4.5 \cdot \left( 1 + 20 \cdot \frac{\psi_d \cdot d}{d_g + 16} \right)} \cdot d \cdot u' / 1000 = 2738 \text{ kN} \quad (1)$$

Durch Verstärkung aufzunehmende Querkraft

$$V_{Rd,s,rqd} = V'_d - V_{Rd,c} = 1558 \text{ kN} \quad (4)$$

**Wahl der Anordnung der Verstärkung**

$$\begin{aligned}
 h_{i1} &= s_1 / 2 &= 150\text{mm} & \quad h_{i2} &= 300\text{mm} & \quad h_{i3} &= 450\text{mm} \\
 \ell_{b,\text{inf}1} &= (h_{i1} - \Delta h_{\text{inf}}) \cdot \sqrt{2} &= 141\text{mm} & \quad \ell_{b,\text{inf}2} &= 354\text{mm} & \quad \ell_{b,\text{inf}3} &= 567\text{mm} \\
 \ell_{b,\text{sup}1} &= (h_b - h_{i1}) \cdot \sqrt{2} &= 537\text{mm} & \quad \ell_{b,\text{sup}2} &= 325\text{mm} & \quad \ell_{b,\text{sup}3} &= 113\text{mm}
 \end{aligned}$$



**Nachweis der gewählten Verstärkungsanordnung**

Rotationsdifferenz zwischen GZT und GZG

$$\Delta\psi_d = 1.5 \cdot \frac{r_s}{d} \cdot \frac{f_{yd}}{E_s} \cdot \left[ \left( \frac{V_u}{8m_{Rd}} \right)^{1.5} - \left( \frac{V_{SL5}}{8m_{Rd}} \right)^{1.5} \right] = 1.5 \cdot \frac{1.98}{0.55} \cdot \frac{435}{205000} \cdot \left[ \left( \frac{4400}{8 \cdot 1061} \right)^{1.5} - \left( \frac{2350}{8 \cdot 1061} \right)^{1.5} \right] = 0.00261 \quad (2a)$$

Aktivierung Stab 1 durch Rotationsdifferenz:

$$N_{s1,el,d} = K_{ai} \cdot \sqrt{\Delta\psi_d \cdot h_{i1}} = 3.70 \cdot \sqrt{0.00261 \cdot 0.15} = 0.073\text{MN} = 73.0\text{kN} \quad (7)$$

Fließgrenze Stab 1:

$$N_{s1,pl,d} = A_s \cdot f_y = \frac{20^2 \cdot \pi}{4} \cdot 0.435 = 137\text{kN} \quad (8)$$

Verbundfestigkeit über Riss, Stab 1:

$$N_{s1,b,d} = \tau_{bd} \cdot d_b \cdot \pi \cdot \ell_{b,\text{sup}1} = 6.79 \cdot 20 \cdot \pi \cdot 537 \cdot 10^{-3} = 229\text{kN} \quad (9)$$

Widerstand Betonkegel unterhalb Riss, Stab 1:

$$\begin{aligned}
 N_{s1,p,d} &= A_s \cdot \frac{0.360}{\gamma_c} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\ell_{b,\text{inf}1}^{1.5}}{d_b^2} \left( 1 + \frac{d_{\text{inf}}}{\ell_{b,\text{inf}1}} \right) \\
 &= \frac{0.02^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{0.360}{1.5} \cdot \sqrt{25} \cdot \frac{0.141^{1.5}}{0.02^2} \left( 1 + \frac{0.06}{0.141} \right) = 0.07\text{MN} = 70.7\text{kN}
 \end{aligned} \quad (10)$$

Bemessungswiderstand Stab 1:

$$N_{s1,d} = \min(N_{s1,el,d}; N_{s1,pl,d}; N_{s1,b,d}; N_{s1,p,d}) = \min(73.0; 137; 229; 70.7) = 70.7\text{kN} \quad (6)$$

Bemessungswiderstand Stab 2:

$$N_{s2,d} = \min(N_{s2,el,d}; N_{s2,pl,d}; N_{s2,b,d}; N_{s2,p,d}) = \min(104; 137; 139; 232) = 104\text{kN} \quad (6)$$

Bemessungswiderstand Stab 3:

$$N_{s3,d} = \min(N_{s3,el,d}; N_{s3,pl,d}; N_{s3,b,d}; N_{s3,p,d}) = \min(127; 137; 48.2; 439) = 48.2\text{kN} \quad (6)$$

Bemessungswiderstand Strahl in Stabrichtung:

$$N_{sd} = N_{s1} + N_{s2} + N_{s3} = 70.7 + 104 + 48.2 = 223\text{kN} \quad \text{pro Strahl}$$

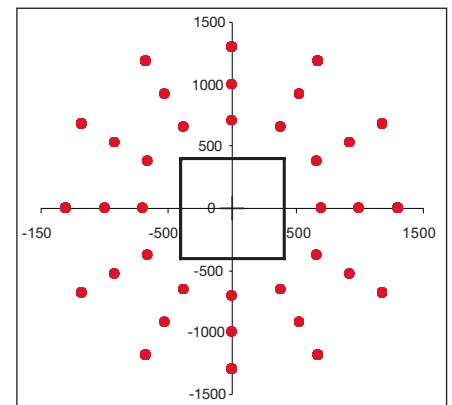
Bemessungswiderstand Strahl in Lastrichtung:

$$V_{sd,r} = N_{sd} \cdot \sin 45^\circ \cdot k_e = 142\text{kN} \quad \text{pro Strahl}$$

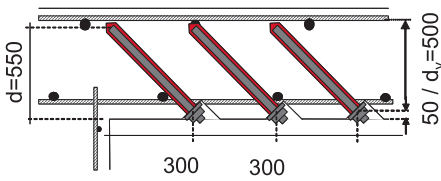
Erforderliche Anzahl Strahlen:

$$n \geq \frac{V_{s,rqd}}{V_{sd,r}} = \frac{1558}{142} = 10.97 \rightarrow \text{gewählt 12 Strahlen}$$

Um die Platte für die Durchstanzlast von 4'400kN zu verstärken, sind 36 Verstärkungsanker Hilti HZA-P M20 in der hier gezeigten Anordnung erforderlich.



### Durchstanzwiderstand ausserhalb der verstärkten Zone



Der Durchstanzwiderstand ausserhalb der verstärkten Zone ist nach der anzuwendenden Stahlbetonnorm nachzuweisen. In dieser Anwendung ist die statische Höhe um die 50mm zu reduzieren, in welche die Verankerungen versenkt sind ( $d_v = 500$  mm). Falls der Durchstanzwiderstand ausserhalb der Verstärkten Zone mit der gezeigten Anzahl Anker noch ungenügend ist, so sollten zusätzliche Anker im gleichen Abstand hinzugefügt werden, bis der Durchmesser der verstärkten Zone genug gross ist. Falls der Abstand der Anker in Umfangsrichtung  $2d_v$  überschreitet, sind Zwischenanker wie in Abschnitt 3.4 beschrieben anzuordnen.

## 5.2 Eckstütze

Eingabe EXBAR-Punching

Definition der vorhandenen Decke und Stütze


HILTI		Verstärkung gegen Durchstanzungen mit Hilti HZA-P		Seite	
Kunde:		Bauteil:		Kategorie:	
Hilti Aktiengesellschaft FL-9494 Schaan		Kategorie:		Projekt:	
Telefon:		Kategorie:		Listennummer:	
Name:		Kategorie:		Datum:	
EXBAR-Punching B2.6 V 2.0d		Kategorie:		Projektname:	
<b>Lasten und Materialeigenschaften</b>		Bemessungswert der Stützenlast $V_d = 250$ kN		Fließgrenze der Platten-Zugbewehrung $f_{yk} = 460$ N/mm <sup>2</sup>	
Bemessungswert der Flächenlast		$q_s = 5$ kN/m <sup>2</sup>		Betongüte <b>28-Tage-Festigkeit</b> <b>C35/45</b>	
Stützenlast während Verstärkung (Gebrauchsniveau)		$V_{SLS} = 150$ kN		Grösse max. Zuschlagskorn $D_{max} = 32$ mm	
Faktor für Lastexzentrizität		$k_s = 0.7$		Betonbeitrag nach anwendbarer Norm $V_{Res,C} =$ kN	
<b>Geometrie</b>		Distanz Stütze-Momentennullpunkt in x/y-Richtung [mm] $r_{x0}/r_{y0} = 1650 \quad 1650$		Plattenstärke $h = 350$ mm	
statische Höhe in x/y-Richtung [mm]		$d_x/d_y = 300 \quad 300$		Länge x-Rtg. $a = 450$ mm	
obere Bewehrung in x/y-Richtung [mm <sup>2</sup> /m]		$A_{s0}/A_{sy} = 963 \quad 963$		Länge y-Rtg. $b = 450$ mm	
untere Bewehrung in x/y-Richtung [mm <sup>2</sup> /m]		$A_{su}/A_{sy} = 617 \quad 617$		Mind.-Abst. Stütze-Rand: $sr = 100$ mm	
-> Verstärkung möglich mit Hilti HZA-P					

Definition einer geeigneten Anordnung der Verstärkung

Anordnung der Verstärkung		Hilti HIT-RE 500		Diagramm	
Verbundmörtel		HZA-P M16			
Verstärkungsanker		$\Delta h_{ver} = 40$ mm			
Tiefe der Einsenkung für die untere Verankerung		$h_1 = 250$ mm			
Höhe der Durchstanzbewehrung ( $\max(d_x, d_y) - 50 \leq h_1 \leq h - 30$ )		$s_0 = 200$ mm			
radialer Abstand Stütze - 1. Anker ( $0.25d \leq s_0 \leq 0.75d$ )		$s_1 = 200$ mm			
radialer Abstand zwischen Anker ( $0.25d \leq s_1 \leq 0.75d$ )		$n_s = 5$			
Anzahl Strahlen (mindestens 4)					
Verstärkung i.O.					



Nachweisblatt aus EXBAR-Punching

 <p>Hilti Aktiengesellschaft FL-9494 Schaan</p> <p>EXBAR-Punching B2.6 V 2.0d</p>	Kunde:	Verstärkung gegen Durchstanzen mit Hilti HZA-P		Seite 1
	Telefon:	Bauteil	Angebot:	
	Name:	Projekt:	Listennummer	
		Datum:	Projektname:	

<b>Gegeben</b>							
Geometrie							
Plattenstärke	h =			350 mm			
statische Höhe der Platte	d <sub>y</sub> =			300 mm			
	d <sub>x</sub> =			300 mm			
Distanz zum Momentennullpunkt	r <sub>sx</sub> =			1650 mm			
	r <sub>sy</sub> =			1650 mm			
Eckstütze	sr =	(min. Abstand Stütze - Rand)		100 mm			
rechteckige Stütze	a =			450 mm			
	b =			450 mm			
Lasten							
Bemessungswert Stützenlast	V <sub>d</sub> =			250 kN			
Bemessungslast auf Platte	q <sub>d</sub> =			5 kN/m <sup>2</sup>			
Gebrauchslast bei Installation	V <sub>SLS</sub> =			150 kN			
Faktor für Lastexzentrizität	k <sub>e</sub> =			0.70			
Betoneigenschaften							
				C35/45			
charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f <sub>ck</sub> =			35 N/mm <sup>2</sup>			
Faktor für Betonalter 28-Tage-Festigkeit	η <sub>1</sub> =			1.00			
Bemessungsdruckfestigkeit	f <sub>cd</sub> =			22 N/mm <sup>2</sup>			
grösstes Zuschlagskorn	D <sub>max</sub> =			32 mm			
Biegebewehrung							
		x lower	y lower	x upper	y upper		
Stahlquerschnitt	A <sub>s,i</sub> =	617	617	963	963	mm <sup>2</sup> /m	
Bemessungswert Fließgrenze	f <sub>yd</sub> =					460 N/mm <sup>2</sup>	
<b>Durchstanzwiderstand ohne Verstärkung</b>							
mittlere statische Höhe	d =	(d <sub>x</sub> + d <sub>y</sub> ) / 2 =			300 mm		
kritischer Rundschnitt für Durchstanzen	u =				796 mm		
Fläche innerhalb kritischem Rundschnitt	A <sub>i</sub> =				0.33 m <sup>2</sup>		
Last ausserhalb kritischem Rundschnitt	V' <sub>d</sub> =	V <sub>d</sub> - A <sub>i</sub> · (q <sub>d</sub> + h·25) =			245 kN		
Widerstand der Biegebewehrung							
		x unten	y unten	x oben	y oben		
• Faktor Stützenposition	a:	Eckstütze	→ a =	2	2	2	2
• Biegebewehrung	m <sub>Rd</sub> =	83	83	128	128	kNm/m	
Rotation unter Bemessungslast	ψ <sub>d</sub> =	1.5·r <sub>y</sub> /d(V <sub>d</sub> /a·m <sub>Rd</sub> ) <sup>1.5</sup> ·f <sub>yd</sub> /E <sub>s</sub> =				0.0343	
Durchstanzwiderstand vor Verstärkung	V <sub>Rd,c1</sub> =	2·η <sub>1</sub> ·f <sub>ck</sub> <sup>0.5</sup> ·[4.5·{1+20·ψ <sub>d</sub> ·d/(D <sub>max</sub> +16)}]·u·d =				119 kN	
massgebender Betonbeitrag	V <sub>Rd,c</sub> =	min[V <sub>Rd,c1</sub> ; V <sub>Rd,c,c</sub> ] =				119 kN	
<p><b>V'<sub>d</sub> &gt; V<sub>Rd,c</sub> → Durchstanzwiderstand nicht ausreichend</b></p>							
maximum punching shear resistance	VRd,max =					349 kN	
<p><b>V'd ≤ VRd,max → Verstärkung möglich mit Hilti HZA-P</b></p>							

Eingaben sind mit den Gegebenheiten auf der Baustelle zu vergleichen und Ergebnisse müssen auf Plausibilität überprüft werden

B 2.6 V 2.0d 08/2009 © 2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti = eingetragenes Markenzeichen der Hilti Aktiengesellschaft

Teil 1 des Nachweises aus EXBAR-Punching: Rekapitulation der Eingabeparameter, Berechnung der Durchstanz- und Biegebewehrungswerte der unverstärkten Decke und Prüfung ob Verstärkung mit Hilti HZA möglich ist ohne Überschreiten der maximalen Durchstanzlast.

Teil 2 des Nachweises aus EXBAR-Punching: Beschreibung der gewählten Verstärkung und Nachweis für die einzelnen Verstärkungsanker Hilti HZA-P.

Kunde: \_\_\_\_\_

Verstärkung gegen Durchstanzen mit HZA-P

Seite 2

Hilti Aktiengesellschaft  
FL-9494 Schaan

EXBAR-Punching B2.6 V 2.0d

Bauteil:	Angebot:
Telefon:	Projekt:
Name:	Listennummer:
	Datum:
	Projekt Name:

**gewählte Anordnung der Verstärkung**

Verbundmörtel	Hilti HIT-RE 500	Bohrlochlänge ab Betonoberfläche	$l_b =$	354 mm
Verstärkungsanker	Hilti HZA-P M16	vertikale Tiefe der Versenkung	$\Delta h_{inf} =$	40 mm
Anzahl Strahlen	$n_s =$	radialer Abstand Stütze-1. Anker	$s_0 =$	200 mm
Anzahl Anker pro Strahl	$n_v =$	radialer Abst. zwischen Anker	$s_1 =$	200 mm

**Skizzen**

Hilti HZA-P M16 per radial

**Nachweis der gewählten Verstärkungsanordnung**

Fließgrenze der Verstärkungsanker	$f_{yd,HZA} =$	435 N/mm <sup>2</sup>
massgebende Rotation	$\Delta\psi = 1.5 \cdot s/d \cdot [(V_d/a \cdot m_{Rd})^{1.5} \cdot (V_{sl,s}/a \cdot m_{Rd})^{1.5}] \cdot f_{yd}/E_s =$	0.0184
Bemessungswert der Verbundfestigkeit	$\tau_{bd} =$ (ETA-04/0027)	7.1 N/mm <sup>2</sup>
Verankerungsfaktor	$K_a =$ Hilti HZA-P M16 Hilti HIT-RE 500 C35/45	2.70 MNm <sup>0.5</sup>
Durchmesser Verstärkungsanker	$d_b =$ Hilti HZA-P M16 →	16 mm
Durchmesser Verankerungsplatte	$d_{inf} =$ Hilti HZA-P M16 →	52 mm

Widerstand im 45°-Schubriss ab Stützenansatz

Stab	s	h <sub>i</sub>	l <sub>b,inf</sub>	l <sub>b,sup</sub>	N <sub>si,el,d</sub>	N <sub>si,pl,d</sub>	N <sub>si,b,d</sub>	N <sub>si,p,d</sub>	N <sub>si,d</sub>
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
1	200	100	85	212	115.6	87.5	75.4	44.0	44.0
2	400	200	226	71	163.5	87.5	25.1	146.2	25.1
3	600	300	368	0	200.2	87.5	0.0	281.0	0.0
4	800	400	509	0	231.2	87.5	0.0	442.1	0.0
5	1000	500	651	0	258.5	87.5	0.0	625.8	0.0

Widerstand pro Strahl in Stabrichtung  $N_{Rd,s,s} = 69.2$


Widerstand pro Strahl in Richtung der Querkraft  $V_{Rd,s,s} = N_{Rd,s,s} \cdot k_e / \sqrt{2} = 34.2$

verwendete Formeln:

aktivierte Stabkraft	$N_{si,el,d} = K_a \cdot [\Delta\psi \cdot h_i]^{0.5}$	
Fließgrenze pro Stab	$N_{si,pl,d} = \pi \cdot d_b^2 \cdot f_{yd,HZA}$	
Verbund oben	$N_{si,b,d} = \pi \cdot d_b^4 \cdot l_{b,sup} \cdot \tau_{bd}$	
Verankerung unten	$N_{si,p,d} = 0.28 / \gamma_c \cdot f_{ck}^{0.5} \cdot l_{b,inf}^{1.5} \cdot (1 + d_{inf} / l_{b,inf})$	[N/mm <sup>2</sup> , m, MN]

Eingaben sind mit den Gegebenheiten auf der Baustelle zu vergleichen und Ergebnisse müssen auf Plausibilität überprüft werden

B 2.6 V 2.0d 08/2009 © 2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti = eingetragenes Markenzeichen der Hilti Aktiengesellschaft

 Hilti Aktiengesellschaft FL-9494 Schaan	Kunde:	Verstärkung gegen Durchstanzen mit HZA-P		Seite 3
	Telefon:	Bauteil:	Angebot:	
	Name:		Projekt:	
	EXBAR-Punching B2.6 V 2.0d		Listennummer:	
			Datum:	
			Projekt Name:	

Beitrag der Durchstanzbewehrung  $V_{Rd,s} = V_{Rs,d,s} \cdot n_s = 171 \text{ kN}$   
 Durchstanzwiderstand nach Verstärkung  $V_{R,d} = V_{Rd,s} + V_{Rd,c} \leq V_{Rd,max} = 290 \text{ kN}$

$$V'_d \leq V_{Rd} \rightarrow \text{ok}$$

**Durchstanzwiderstand ausserhalb der verstärkten Zone**

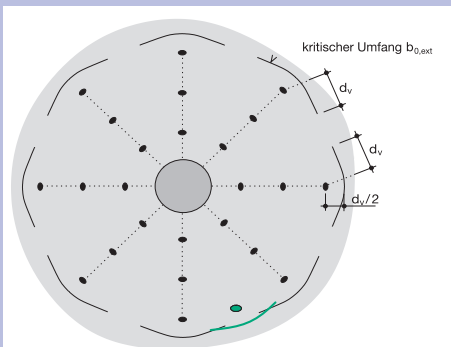
Ermittlung des Durchstanzwiderstandes nach der Methode des kritischen Schubrisses gemäss Dokumentation. Falls die massgebende Stahlbetonnorm eine grössere Ausdehnung der verstärkten Zone fordert, sollte der vorgeschlagene äussere Durchmesser,  $u_a$ , vergrössert werden, indem weitere Anker im Abstand  $s_1$  den Strahlen hinzugefügt werden.

reduzierte statische Höhe  $d_v = d - \Delta h_{inf} = 260 \text{ mm}$   
 Durchmesser flächengleiche Rundstütze  $D_r = 507.77 \text{ mm}$   
 Länge der Strahlen  $\ell_s = s_0 + (n_s - 1) \cdot s_1 = 1000 \text{ mm}$   
 Umfang des äusseren Rundschnitts  $u_a = k_{ef} \cdot (D_r + 2 \cdot \ell_s + d_v) \cdot \pi / 4 + k_e \cdot d_v = 1704 \text{ mm}$   
 Fläche innerhalb  $u_a$   $A_a = 2.16 \text{ m}^2$   
 Durchstanzlast ausserhalb  $u_a$   $V'_{a,d} = V_d - A_a \cdot (q_d + h \cdot 25) \geq 0 = 220 \text{ kN}$   
 Durchstanzwiderstand unter  $V_d$   $V_{Rda,c} = 2 \cdot \eta_1 \cdot f_{ctk}^{0.5} / [4.5 \cdot (1 + 20 \cdot \psi_{ef} \cdot d / (D_{max} + 16))] \cdot u_a \cdot d_v = 247 \text{ kN}$

$$V'_d \leq V_{Rda,c} \rightarrow \text{ok}$$

**Verstärkung** 25 Hilti HZA-P M16 , angeordnet gemäss Skizzen auf Seite 2

Falls der Abstand zwischen zwei Ankern in Umfangsrichtung grösser als zwei mal die reduzierte statische Höhe ist, müssen zur Lastverteilung Zwischenanker gesetzt werden. Diese sind in der oben erwähnten Anzahl Verstärkungsanker enthalten.



Eingaben sind mit den Gegebenheiten auf der Baustelle zu vergleichen und Ergebnisse müssen auf Plausibilität überprüft werden

Teil 3 des Nachweises aus EXBAR-Punching: Nachweis der gesamten Verstärkung, Betrachtung des Durchstanzens ausserhalb der verstärkten Zone und konstruktive Hinweise.

## 6 Versuchsergebnisse



Bild 18: Bruchbilder

Hilti hat Versuche mit Schubbewehrungen durchgeführt, die nachträglich in schräge, zur Stütze hin verlaufende Bohrungen gesetzt worden sind. Damit wird das System weitergeführt, welches das Royal Institute of Technology KTH in Stockholm bereits 1995 getestet hat [3]. Dort wurden mit 24 eingemörtelten Stäben, die unten nicht speziell verankert waren, Laststeigerungen gegenüber identischen unverstärkten Platten von rund 50 Prozent erreicht. Wichtig ist dabei, dass die Bohrungen wenigstens bis direkt unter die obere Bewehrung reichen.

Da die Verankerung die Wirksamkeit einer Durchstanzbewehrung stark beeinflusst, werden die Verstärkungen bei dieser Weiterentwicklung unten nun mit Muttern verankert, und für die obere Verankerung wird ein Hochleistungsverbundmörtel verwendet. In einem ersten Abklärungsschritt hat eine Serie von zehn Balkenversuchen gezeigt, dass die Anzahl Verstärkungen und die Eigenschaften des verwendeten Verbundmörtels die Wirksamkeit der Verstärkung am meisten beeinflussen.

Die mit dem System Hilti HZA-P durchgeführten Plattenversuche zeigten Laststeigerungen bis zur theoretisch höchstmöglichen Durchstanzlast. Die Erkenntnisse aus den Versuchen wurden an der ETH Lausanne zu einem schlüssigen, mit den gültigen Stahlbetonnormen kompatiblen Bemessungskonzept weiterentwickelt (Abschnitt 3).

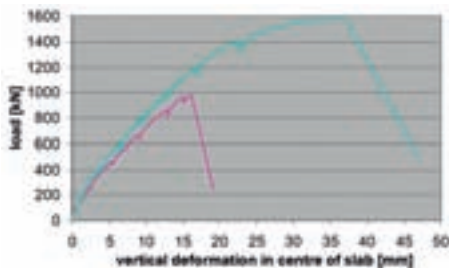


Bild 19: Last-Verschiebungskurven

Neben der Laststeigerung wiesen die mit nachträglich eingemörtelter schräger Durchstanzbewehrung verstärkten Platten in allen durchgeführten Versuchen auch ein ausgezeichnetes Verformungsvermögen auf. Das Versagen ist wesentlich weniger spröde als bei unverstärkten Platten. Bild 18 und 19 zeigen den Vergleich von zwei Versuchen mit einer relativ hohen Biegebewehrung. Im Diagramm unten rechts sieht man, dass die unverstärkte Platte bei einer Last von knapp 1000kN plötzlich und sehr spröde versagte, während die verstärkte Platte bei knapp 1600kN nach einer plastischen Verformung brach, was einer Bruchlaststeigerung von etwa 60 % entspricht. Im gezeigten Beispiel versagte die verstärkte Platte ausserhalb der verstärkten Zone. Durch die erhöhte Verformungskapazität kann bei Überlastung einer Stütze die Last auf benachbarte Stützen umgelagert werden, was die Sicherheit der gesamten Decke nochmals wesentlich erhöht.

## 7 Literatur

- [1] Muttoni, A. et al: Articles on Punching shear in ACI structural journal: V. 105 No. 2, March–April 2008 pp. 163–172 / V. 105 No. 4, July–August 2008, pp. 440–450 / V. 106 No. No. 1, January-February 2009, pp. 87-95 / V. 106 No. 4, July–August 2009, pp. 485–494.
- [2] Muttoni, A., Fernández Ruiz M.: Design Method for Post-Installed Punching Shear Reinforcement with Hilti Tension Anchors HZA-P. Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne, 2009.
- [3] Hassanzadeh, G., “Förstärkning av brobaneplattor med häsyn till stansing“ („Strengthening of bridge slabs with respect to punching“), Master of Civil Engineering Thesis, KTH, Stockholm, 1995 (in Swedish)

## 8 Setzanweisung

### 8.1 Detektieren und Markieren der bestehenden unteren Armierung

Im Bereich der Stütze wird auf einer Fläche von mindestens 180 x 180 cm die Decke mit dem Ferrosan System PS 200 detektiert und die untere Armierung markiert. Anschliessend wird der Ankerraster aufgezeichnet.

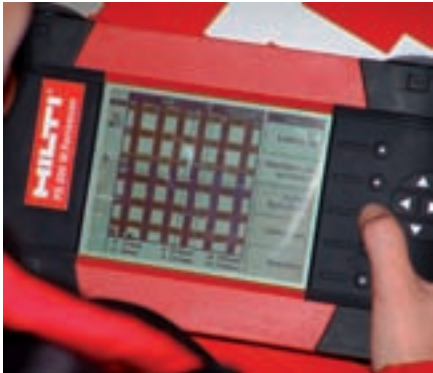


Bild 20: Bewehrungssuche mit Ferrosan PS 200



### 8.2 Bohren und Verankerung

Hilti HIT und HIT-RE 500  
Installationshandbuch für Befestigungen in Beton

Die hier wiedergegebene Installationsanleitung ist eine verkürzte Version des Installationshandbuches für Befestigungen in Beton (V.1.2), das so genannte "Hilti HIT". Der Fokus liegt auf der Installationsmethode für Hilti Zuganker HZA-P, welche über Kopf installiert werden. Die effektive Verankerungstiefe ist limitiert bis 800 mm. Für das vollständige Installationshandbuch für Befestigungen in Beton siehe "Hilti HIT" (384756 / B 12.2007).

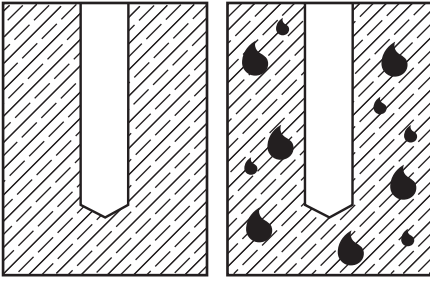
- Bitte beachten Sie vor der Benützung des HILTI-HIT-Systems die Informationen in diesem Installationshandbuch und die ebenfalls in diesem Buch beschriebenen Sicherheitsvorkehrungen.
- Die internationalen und nationalen Zulassungen sind bei zulassungsrelevanten Anwendungen stets einzuhalten.
- Bitte beachten Sie auch die Gebrauchsanleitung, die jedem Foliengebinde beiliegt, und die Gebrauchsanleitung für das Auspressgerät, das Sie benützen.
- Die aktuellste Version dieses Installationshandbuchs finden Sie unter [www.hilti.com](http://www.hilti.com).
- Um die in diesem Installationshandbuch aufgeführten Hilti-Produkte zu bestellen, wenden Sie sich bitte an das nächstliegende Hilti Center oder an den nächstliegenden Hilti ProShop oder nehmen Sie bitte mit Ihrem lokalen Hilti-Verkaufsberater Kontakt auf.

#### Sicherheitsvorschriften:

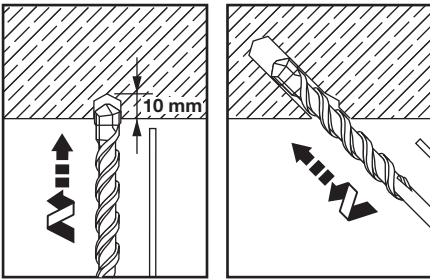
- Bitte beachten Sie vor der Benützung das Sicherheitsdatenblatt!
- Tragen Sie beim Arbeiten mit Hilti HIT geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und eine gut passende Schutzbrille.
- Bitte beachten Sie das Installationshandbuch!



## Zustände des Untergrunds



Trocken / wassergesättigt



### Hammerbohren

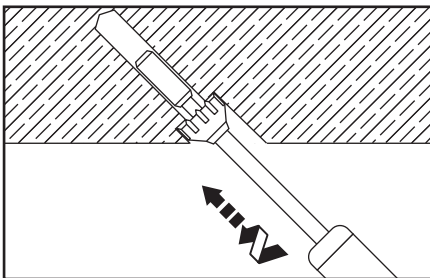
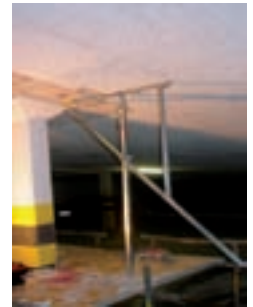
- ungefähr 10mm vertikal aufwärts bohren
- Bohrhammer schwenken
- Bohrlöcher unter Winkel von 45° zur Betonoberfläche bis zur erforderlichen Tiefe mit passendem Hammerbohrgerät erstellen.

Erstellung der Bohrlöcher mit Bohrhammer TE 76 und diesen Bohrem:

- für HZA-P M16: Ø 22mm (TE-YX 22/92)
- HZA-P M20: Ø 25mm (TE-YX 25/92)



Bild 21: Erstellen der Bohrlöcher



### 8.2.2 Aufweiten der Bohrlöcher für untere Verankerung

Mit HZA-P M16: Glockenbohrer TE-Y-GB 55/59 verwenden  
Mit HZA-P M20: Glockenbohrer TE-Y-GB 66/59 verwenden

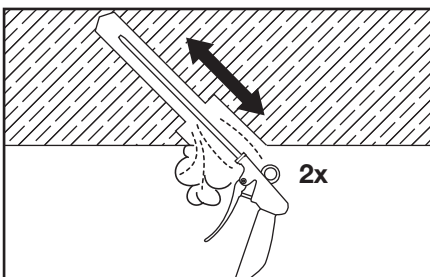


### 8.2.3 Bohrlochreinigung

Die jeweilige Reinigungsmethode hat entscheidenden Einfluss auf die Tragfähigkeit von chemischen Dübeln. **Schlechte Bohrlochreinigung = schlechte Lastwerte.** Bei sicherheitsrelevanten Anwendungen sollten Sie mit dem Planer / Ingenieur abklären, welche Reinigungsmethode vorgesehen ist. Stellen Sie vor der Injektion des Mörtels sicher, dass das Bohrloch frei von Staub, Wasser, Eis, Öl, Schmiere und sonstigen Rückständen ist.

#### a) Reinigung mit Druckluft

- Bohrloch vom Bohrlochgrund her mit ölfreier Druckluft (mind. 6 bar bei 6 m<sup>3</sup>/h) ausblasen, bis die austretende Luft staubfrei ist. Diesen Vorgang 1-mal wiederholen.
- Für Bohrlöcher tiefer als 250 mm, die entsprechende Ausblasdüse HILTI HIT-DL (ölfreie Druckluft ≥ 6 bar) verwenden.



- Gewählte Ausblasdüse auf der geeigneten Verlängerung zum Ausblasen aufstecken: HIT-DL 20 oder HIT-DL 25 mit HIT-DL 16/0.8 oder HIT-DL B und/oder HIT-VL 16/0.7 und/oder HIT-VL 16.

**Sicherheitshinweis:**

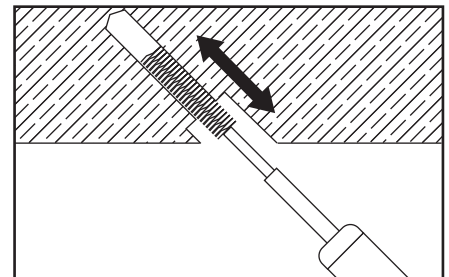
- Ungeschützte Körperteile nicht der Staubwolke aussetzen und Bohrstaub nicht einatmen.
- Hilti empfiehlt die Verwendung einer Absaugvorrichtung, um den entstehenden Staub direkt am Bohrlochmund abzusaugen.

HIT-DL 20 oder HIT-DL 25



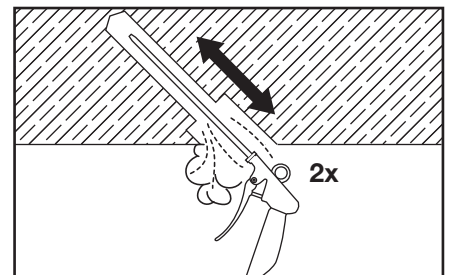
**b) Ausbürsten**

- Bohrloch 2-mal mit passender Rundbürste (Bürstendurchmesser  $\geq$  Bohrlochdurchmesser) vom Bohrlochgrund her ausbürsten.
- Beim Einführen der Bürste in das Bohrloch sollte ein leichter Widerstand zu spüren sein. Ist dies nicht der Fall, eine grössere Bürste verwenden.
- In Abschnitt 9 ist jedem Bohrlochdurchmesser die passende Rundbürste zugeordnet.
- Um das Ausbürsten bis zum Bohrlochgrund zu gewährleisten, wird die Rundbürste HILTI HIT-RB auf die entsprechende Verlängerung HILTI HIT-RBV geschraubt.
- Auf das andere Ende der Verlängerung wird der Bürstengriff HILTI HIT-RBH geschraubt.



**c) Reinigung mit Druckluft**

- Bohrloch vom Bohrlochgrund mit Druckluft ausblasen, bis die austretende Luft staubfrei ist. Diesen Vorgang 1-mal wiederholen.



Stahl-Rundbürste  
HIT-RB

Verlängerung  
HIT-RBS 10/0.7

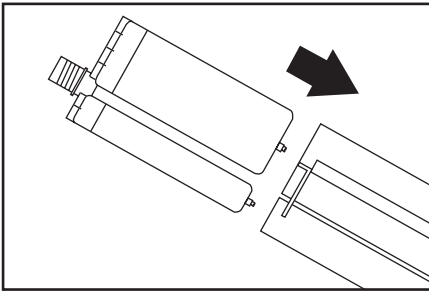
Adapter  
TE-Y

Bohrhammer



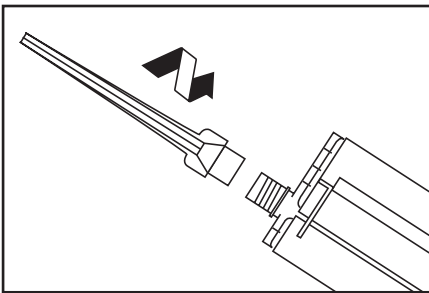
Bild. 22: Ausrüstung für Bohrlochreinigung

## 8.3 Injektionsvorbereitung



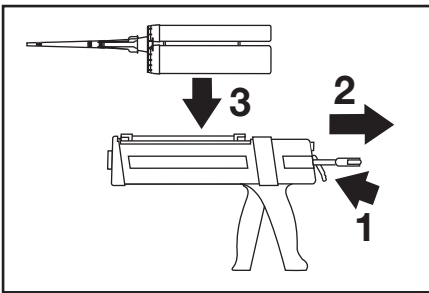
### Folienkartusche in die Kasette einführen

- Bedienungsanleitung des Auspressgeräts beachten.
- Kasette auf richtige Funktion überprüfen.
- Folienkartusche in die Kasette einführen.
- Beschädigte Folienkartuschen / Kassetten dürfen nicht verwendet werden.



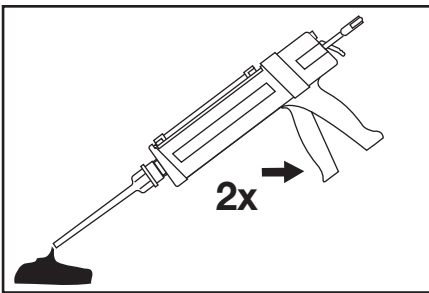
### Statikmischer aufschrauben

- Nur den mit der Folienkartusche mitgelieferten Statikmischer verwenden.
- Statikmischer vor Beginn des Auspressvorgangs auf Folienkartusche aufschrauben.
- Statikmischer darf nicht verändert werden.
- Bei Benutzung der Mischerverlängerung HILTI HIT-VL 16/0.7 oder HILTI HIT-VL 16, Mischer HILTI HIT-RE-M verwenden.



### Kasette mit Folienkartusche ins Auspressgerät einlegen

- Entspannungshebel am hinteren Ende des Geräts drücken (1), Schubstab zurückziehen (2) und Kasette mit Folienkartusche ins Hilti-Auspressgerät einlegen (3).



### Mischervorlauf verwerfen

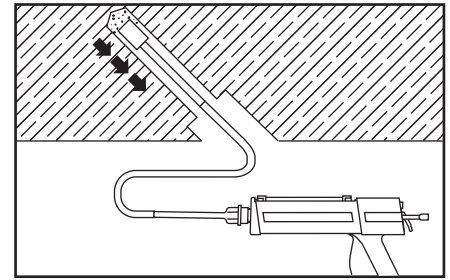
- Gebrauchsanleitung des Mörtels beachten. Angabe der Menge des Mischervorlaufs, der verworfen werden muss, der Gebrauchsanleitung entnehmen.
- Die Folienkartusche öffnet sich automatisch beim Anpressen.
- Folienkartusche nicht anderweitig öffnen, da dies die Funktion des gesamten Systems beeinträchtigen kann.
- Nach jedem Mischerwechsel müssen die ersten Hübe verworfen werden.
- Für jede Folienkartusche ist ein neuer Statikmischer zu verwenden.



## 8.4 Injektion des Mörtels

### Injektion des Mörtels am Bohrlochgrund beginnen, ohne dass Luft eingeschlossen wird

- Überprüfen Sie, ob sich die Bohrlochbedingungen nach dem Reinigen verändert haben. Ist dies der Fall, wiederholen Sie die einzelnen Reinigungsschritte.
- Nachdem Sie überprüft haben, ob die tatsächliche Bohrtiefe der geplanten Bohrtiefe entspricht, injizieren Sie den Mörtel vom Bohrlochgrund her.
- **Wichtig! Verwenden Sie Verlängerungen für tiefe Bohrlöcher**, wie unter Sonderfall erklärt.
- Verfüllen Sie das Bohrloch ungefähr zu  $\frac{2}{3}$  oder wie erforderlich und vermörteln Sie den Ringspalt zwischen Bohrlochwand und Dübel / Bewehrungsstab vollständig über die gesamte Verankerungslänge.

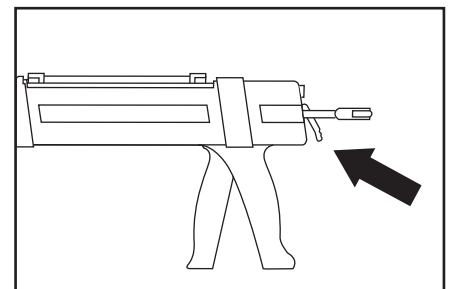
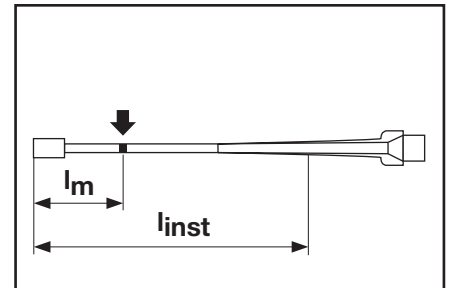


### Sonderfall: Überkopfanwendungen



#### Vorsicht!

- Beachten Sie die Gebrauchsanleitung des Mörtels vor dem Gebrauch von Stauzapfen HILTI HIT-SZ bei einer Überkopfanwendung.
- Werden bei Überkopfanwendungen steife Mischerverlängerungen (HILTI HIT-VL 16/0.7) benützt, muss die flexible Mischerverlängerung HILTI HIT-VL 16 (0.5 m) zum Anschluss an den Statikmischer verwendet werden.
- Während der Injektion müssen die Verlängerungen so in ihrer Position gehalten werden, dass der Druck im Mörtel stetig deutlich spürbar ist.
- In Tabelle II ist jedem Bohrdurchmesser der passende Stauzapfen zugeordnet.
- Ausgewählte Stauzapfen auf passende Mischerverlängerung aufstecken: HIT-SZ 22 und HIT-SZ 25 mit HIT-VL 16 oder HIT-VL 16/0.7
- Zur Vereinfachung Füllmarke  $\ell_m$  sowie Setztiefe  $\ell_{inst}$  auf Mischerverlängerung mit Filzstift oder Klebeband markieren.
- Faustregel:  $\ell_m \approx \frac{1}{3} \cdot \ell_{inst}$
- Die Mischerverlängerung mit Stauzapfen sollte ohne Widerstand bis zum Bohrlochgrund eingeführt werden können.
- **Über den Staudruck wird der Stauzapfen vom Bohrlochgrund automatisch nach aussen geschoben.**
- **Achtung!** Beim aktiven Zurückziehen der Verlängerungen mit Stauzapfen verliert der Stauzapfen seine Wirkung, was zur Bildung von Lufteinschlüssen führen kann.
- **Achtung!** Nur die Verbindung zwischen Statikmischer und Folienkartusche kann unterbrochen werden. Bei Injektionen mit dem Auspressgerät HILTI HIT-P 8000 D muss der neue Statikmischer mit den Verlängerungen durch Klebeband gesichert werden.



### Auspressvorgang unterbrechen

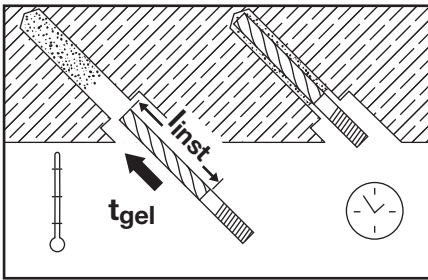
- Auspressgerät nach Injektion der erforderlichen Mörtelmenge entspannen. Dies verhindert, dass der Mörtel ausläuft.

Eine effiziente Installation der Anker wird erreicht wenn der Kartusche VIC 1400 ml und der Pressluft betriebene Injektionsgerät HIT-P 8000-D benützt werden.



Bild 23: Injektionsgerät HIT-P 8000-D

## 8.5 Installation der Durchstanzbewehrung



### Anschlusselement ins Bohrloch einführen

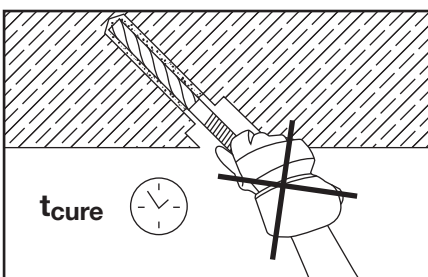
- Erforderliche Setztiefe  $\ell_{inst}$  auf Bewehrungsstab markieren.
- Zentrierung am Gewinde anklicken.
- Bewehrungsstab entsprechend der Setztiefe ins Bohrloch einführen. Die tatsächliche Setztiefe muss mit der geplanten Setztiefe übereinstimmen.
- Bewehrungsstab muss trocken bzw. frei von Öl und anderen Rückständen sein.
- Zur Erleichterung der Installation Bewehrungsstab mit leicht drehender Bewegung einbringen.
- Nach der Installation muss der Ringspalt zwischen Bewehrungsstab und Bohrloch vollständig mit Mörtel gefüllt sein.



- **Verarbeitungszeit " $t_{gel}$ " beachten**, variiert abhängig von der Untergrundtemperatur. Bitte beachten Sie auch die Angaben zur Verarbeitungszeit " $t_{gel}$ " in der Gebrauchsanweisung des Mörtels.
- Der Bewehrungsstab kann während der Verarbeitungszeit ausgerichtet werden.

### Sonderfall: Überkopfanwendungen

- Besondere Vorsicht beim Einführen des Bewehrungsstabs.
- Überschüssiger Mörtel wird aus dem Bohrloch gepresst und kann heruntertropfen. Kontakt mit heruntertropfendem Mörtel unbedingt vermeiden.
- Zur Vereinfachung der Installation benützen Sie die Tropfscheibe (HILTI HIT-OHC 2, Artikel-Nr. 387552) und schieben Sie diese bis zur Setztiefenmarkierung  $\ell_{inst}$ .
- Führen Sie den Bewehrungsstab mit der Tropfscheibe in das Bohrloch ein.
- Entfernen und entsorgen Sie die Tropfscheibe mit dem darin befindlichen Mörtel vorsichtig.
- Nach dem Aushärten ist der Mörtel ungefährlich.
- Die Tropfscheibe ist ein Einwegartikel.
- Bewehrungsstab während der Aushärtezeit " $t_{cure}$ " in ihrer endgültigen Position mittels Zentrierung gegen Herausrutschen sichern.



### Anschlusselement nicht berühren



- Nach Ablauf der Verarbeitungszeit " $t_{gel}$ " darf das Element für die Dauer der Aushärtezeit " $t_{cure}$ " nicht verschoben werden. Nähere Angaben zu den Aushärtezeiten " $t_{cure}$ " finden Sie in der Gebrauchsanleitung des Mörtels.

Nach dem Einbringen des Mörtels wird der Anker HZA-P mit dem Zentrierungshandstück ins Bohrloch gesetzt.

## 8.6 Montage Ankerkopf

Nach dem Aushärten der Injektionsmasse HIT-RE 500 wird der Ankerkopf montiert, d.h.: die mitgelieferten Verfüllscheibe HIT M16, Kugelscheibe C17 und Mutter M16 bzw. Verfüllscheibe HIT M20, Kugelscheibe C21 und Mutter M20 werden am Gewinde befestigt. Ein Drehmoment von 100Nm (HZA M16) bzw. 160 Nm (HZA M20) wird aufgebracht.

### Drehmoment aufbringen

- Nach Ablauf  $t_{cure, full}$  kann das geplante Drehmoment  $T_{inst}$  sowie die geplante Last aufgebracht werden. Zusätzliche Informationen bezüglich  $t_{cure, full}$  und  $T_{inst}$  finden Sie in der Gebrauchsanleitung des Mörtels.

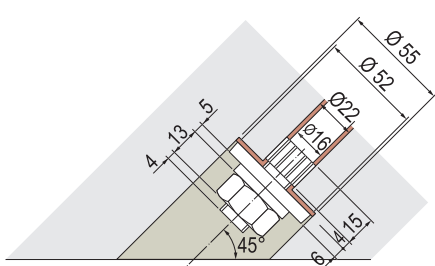
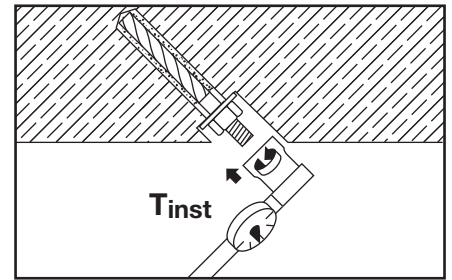


Bild 24: Ankerkopf und Vertiefung für HZA M16

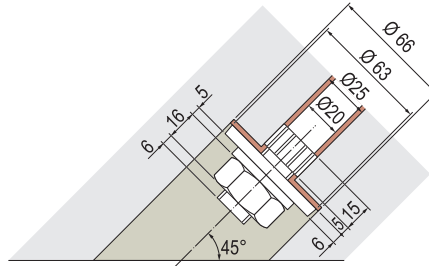


Bild 25: Ankerkopf und Vertiefung für HZA M20

### 8.6.1 Injizieren der Verfüllscheibe mit HIT-RE 500

Nach dem Anziehen des Ankerkopfes wird die Verfüllscheibe mit dem Injektionsmörtel HIT-RE 500 injiziert.

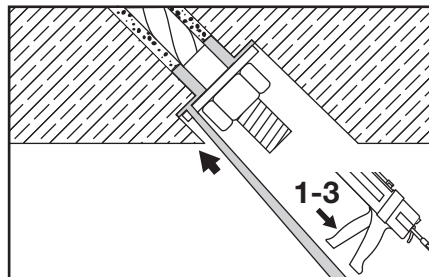
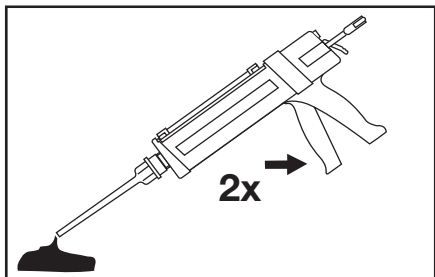


Bild 26: Dynamikset mit Injektionsscheibe

## 8.7 Vertiefung Ankerkopf verfüllen mit Brandschutzmörtel CP 636

Anschließend wird der Ankerkopf mit dem Brandschutzmörtel CP 636 abgedeckt.



Bild 27: Brandschutzmörtel CP 636

## 9 Material

### Bohrer



Bestellbezeichnung	für Grösse	Artikel-Nr.
TE-YX 22/32	M16	339021
TE-Y 22/52	M16	339022
TE-YX 25/32	M20	339026
TE-Y 25/52	M20	339027
TE-Y 25/92	M20	339028

### Glockenbohrer für Vertiefung der Verankerung



Bestellbezeichnung	für Grösse	Artikel-Nr.
TE-Y GB 55/36	M16	261862
TE-Y GB 66/36	M20	261863

### Material für Bohrlochreinigung



Bestellbezeichnung	für Grösse	Artikel-Nr.
Rundbürste HIT RB 22	M16	370774
Rundbürste HIT RB 25	M20	336553



Verlängerung RB 10/07	M16/M20	336645
-----------------------	---------	--------



Einsteckende RBS TE-C	M16/M20	263437
-----------------------	---------	--------



Druckluftpistole	M16/M20	381215
------------------	---------	--------



Druckluftdüse HIT DL 20	M16	371719
Druckluftdüse HIT DL 24	M20	371720



Verlängerung Druckluftschlauch	M20	336553
--------------------------------	-----	--------

### Hilti Zuganker HZA-P

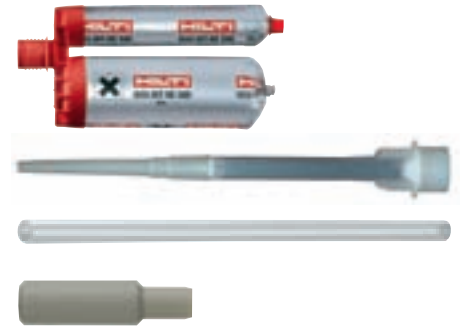


Bestellbezeichnung	Verpackt zu	Artikel-Nr.
HZA-P M16 x350	20 Stück mit Zubehör	388729
HZA-P M20 x700	10 Stück mit Zubehör	388730

Die Zuganker HZA-P werden mit folgendem Zubehör geliefert: 1 Injektionsscheibe, 1 Kugelscheibe, 1 Mutter und 1 Zentrierring pro Anker. Die standardmässigen Gesamtlängen sind 350 mm für M16 und 700 mm für M20.

**Injektionsmörtel**

Bestellbezeichnung	für Grösse	Artikel-Nr.
<b>Hilti HIT-RE 500/1400</b>	<b>M16/M20</b>	<b>373958</b>
<b>Hilti HIT-RE 500/500</b>	<b>M16/M20</b>	<b>00305075</b>
<b>Mixer HIT-RE-M</b>	<b>M16/M20</b>	<b>337111</b>
<b>Verlängerung HIT-VL-16/07</b>	<b>M16/M20</b>	<b>336646</b>
<b>Stauzapfen HIT-SZ 22</b>	<b>M16</b>	<b>380922</b>
<b>Stauzapfen HIT-SZ 25</b>	<b>M20</b>	<b>380927</b>



**Brandschutzmörtel**

Bestellbezeichnung	für Grösse	Artikel-Nr.
<b>Brandschutzmörtel Hilti CP 636-20</b>	<b>M16/M20</b>	<b>388729</b>







**Hilti. Mehr Leistung. Mehr Zuverlässigkeit.**

Hilti Aktiengesellschaft | 9494 Schaan | Liechtenstein | T +423-234 2111 | F +423-234 2965 | [www.hilti.com](http://www.hilti.com)