



1. Mehrfertigung

# PRÜFUNGSBERICHT

Nr. 24-29627

23. Juni 1999

Textseiten: 16

Beilagen: 72

## Versuche zur Ermittlung der Tragfähigkeit von NOE-Ankerhülsen

Auftraggeber: NOE-Schaltechnik  
Georg Meyer-Keller GmbH & Co.  
Kuntzestraße 72  
73079 Süssen

Die Vervielfältigung und Veröffentlichung des Prüfungsberichts in vollem als auch in gekürztem Wortlaut sowie die Verwendung zur Werbung ist nur mit der schriftlichen Genehmigung der FMPA und nur innerhalb eines Zeitraums von 2 Jahren nach der Ausstellung zulässig. Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Stuttgart.

FMPA BW  
Abteilung 2 Baukonstruktionen  
Pfaffenwaldring 4  
70569 Stuttgart

Tel: 0711/685/2210  
Fax: 0711/685/6827  
Email: fmpa.abt2@po.uni-stuttgart.de

## Inhalt

### 1 Auftrag

### 2 Versuchsprogramm

- 2.1 Anwendung der Ankerhülsen
- 2.2 Versuchsprogramm

### 3 Beschreibung der NOE-Verankerung

### 4 Verankerungsgrund

- 4.1 Ausbildung der Stahlbetonplatten, Anordnung der Ankerhülsen
- 4.2 Herstellung und Betoneigenschaften

### 5 Versuchsdurchführung

- 5.1 Belastungseinrichtung
- 5.2 Messeinrichtung
- 5.3 Versuchssteuerung

### 6 Versuchsergebnisse

- 6.1 Dokumentation
- 6.2 Ergebnisse der Versuche in der Fläche ohne Einfluss des Randabstands
  - 6.2.1 Axialzugbeanspruchung, Versuchsreihe 1.1
  - 6.2.2 Querkzugbeanspruchung, Versuchsreihe 1.2
  - 6.2.3 Schrägzugbeanspruchung, Versuchsreihe 1.3
- 6.3 Ergebnisse der Versuche in der Stirnseite
  - 6.3.1 Axialzugbeanspruchung, Versuchsreihe 2.1
  - 6.3.2 Querkzugbeanspruchung, Versuchsreihe 2.2
  - 6.3.3 Schrägzugbeanspruchung, Versuchsreihe 2.3
  - 6.3.4 Querkzugbeanspruchung, Kraft an einem Hebelarm angreifend, Versuchsreihe 2.4
  - 6.3.5 Schrägzugbeanspruchung, Kraft an einem Hebelarm angreifend, Versuchsreihe 2.5
  - 6.3.6 Querkzugbeanspruchung bei Anordnung einer Rückhängebewehrung, Versuchsreihe 2.6

- 6.4 Zum Tragverhalten unter Schrägzugbeanspruchung

### 7 Zusammenfassung

## 1 Auftrag

Die Firma NOE-Schaltechnik erteilte der Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg (FMPA) mit Schreiben Be/Ff vom 17.12.1998 den Auftrag zur Durchführung von Versuchen an Verankerungen mit

### NOE-Ankerhülsen

auf der Grundlage des mit dem Auftraggeber abgestimmten Versuchsprogramms der FMPA vom 09.11.1998.

Die Versuchskörper, 3 Deckenplatten mit je 15 Stück eingebauten Ankerhülsen, wurden von der Firma Keller-Bau in Süssen hergestellt und an die FMPA angeliefert; die Durchführung der Versuche erfolgte in der 8., 9. und 10 Kalenderwoche 1999.

## 2 Versuchsprogramm

### 2.1 Anwendung der Ankerhülsen

NOE-Ankerhülsen in Verbindung mit eingeschraubten Gewindebolzen sollen als temporäre Anker für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt werden, u.a. für die Verankerung von Gerüstkonsolen (Klettergerüste, Arbeits- und Schutzgerüste), Deckenrandabschalungen, Anbindung von Gerüsten und Treppentürmen, Ausrichten und Halten von vorgefertigten Wandelementen während der Montage, Transportanker für Betonfertigteile.

Daraus ergeben sich grundsätzlich zwei verschiedene Einbaupositionen. Der Einbau erfolgt einmal in der Fläche von Stahlbetonplatten und -wänden ohne Randeinfluss, d.h. ohne Gefahr eines vorzeitigen Versagens durch Ausbrechen oder Spalten des Plattenrandes. Als mögliche Versagensursachen kommen in Betracht das Zerreißen oder Abscheren des Gewindebolzens, das Herausziehen des Bolzens aus der Ankerhülse und das kraterförmige Ausbrechen des Verankerungsgrundes. Zum anderen kann der Einbau in der Stirnseite von Deckenplatten erfolgen, wo die Tragfähigkeit der Verankerung durch das Versagen des Verankerungsgrundes infolge Kantenausbruch oder Spalten des Betonquerschnitts bestimmt wird.

### 2.2 Versuchsprogramm

Aus den genannten Anwendungsfällen ergeben sich für das Versuchsprogramm folgende Kriterien:

- Die Verankerungen werden planmäßig durch Axial-, Quer- und Schrägzugkräfte beansprucht.

- Die Verankerungen werden sowohl in der randfernen Fläche als auch am Rand und in der Stirnseite von Stahlbetonplatten eingebaut.
- Es ist zu berücksichtigen, dass bei stirnseitig angeordneter Wärmedämmung die Kräfte nicht unmittelbar an der Betonoberfläche sondern an einem Hebelarm angreifen.

Zusätzlich enthält das Versuchsprogramm noch eine Versuchsreihe, in welcher die Möglichkeit einer Tragfähigkeitssteigerung durch eine besondere Bewehrung im Bereich der Verankerung untersucht wird.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über Art und Bezeichnung der einzelnen Versuchsreihen.

### Versuchsprogramm

lfd. Nr.	Art der Versuche	Anzahl
<b>1</b>	<b>Versuche in der Fläche von Stahlbetonplatten (ohne Randeinfluss)</b>	
1.1	Axialzugbeanspruchung	5
1.2	Querzugbeanspruchung	5
1.3	Schrägzugbeanspruchung (45 Grad)	5
<b>2</b>	<b>Versuche in der Stirnseite von Stahlbetonplatten, <math>h_{\min} = 160 \text{ mm}</math></b>	
2.1	Axialzugbeanspruchung	5
2.2	Querzugbeanspruchung	5
2.3	Schrägzugbeanspruchung (45 Grad)	5
2.4	Querzugbeanspruchung Kraftangriff im Abstand von 55 mm von der Stirnfläche	5
2.5	Schrägzugbeanspruchung (45 Grad) Kraftangriff im Abstand von 55 mm von der Stirnfläche	5
2.6	Querzugbeanspruchung Rückhängebewehrung im Bereich der Verankerung	5

Entsprechend den Bedingungen in der Praxis, wo die Verankerungen frühzeitig belastet werden, wurden sämtliche Versuche im jungen Beton bei einem Alter der Stahlbetonplatten von 3 Tagen durchgeführt.

### 3 Beschreibung der NOE-Verankerung

Die Verankerung besteht aus Ankerhülse, Gewindebolzen und Mutter.

Die 100 mm lange Ankerhülse aus Kunststoff besitzt schalungsseitig einen 40 mm langen zylindrischen Teil, der nach hinten sich verdickend in den Verankerungsteil mit dreieckigem Querschnitt übergeht. Sie enthält ein Dywidag-Innengewinde mit 15 mm Nenndurchmesser und ist rückseitig durch eine eingepasste Kunststoffscheibe verschlossen (Beilage 1). Der Einbau der Hülse erfolgt oberflächenbündig mit Hilfe einer an der Schalung befestigten Nagelplatte mit Stopfen aus Kunststoff, auf welchen die Ankerhülse aufgesteckt wird. Nach dem Ausschalen wird in die Hülse ein entsprechender Gewindebolzen etwa 90 mm tief eingeschraubt.

### 4 Verankerungsgrund

#### 4.1 Ausbildung der Stahlbetonplatten, Anordnung der Ankerhülsen

Als Verankerungsgrund für die Ankerhülsen wurden 2600 mm lange und 1000 mm breite Stahlbetonplatten mit einer Dicke  $h = 160$  mm (=erforderliche Mindestdicke bei Anwendung der Ankerhülsen in Stirnseiten) gewählt. Der gegenseitige Abstand der eingebauten Ankerhülsen wurde zu 500 mm festgelegt, so dass sich etwaige Ausbruchkegel mit  $30^\circ$  Flankenneigung ausbilden konnten, ohne sich gegenseitig zu überschneiden. Bei Einbau der Hülsen in der Stirnseite ist ihr Abstand zum oberen Deckenrand durch die Konstruktion der Gerüstkonsolen vorgegeben und beträgt 70 mm; bei Platten mit der Mindestdicke von 160 mm ist somit ein Ankerabstand von 90 mm gegenüber dem Plattenrand in Richtung einer angreifenden Querkraft vorhanden.

Die Stahlbetonplatten waren an der Ober- und Unterseite jeweils mit einer Betonstahlmatte Q131 bewehrt (Betondeckung = 15 mm); auf eine Randeinfassung durch Bügel wurde verzichtet.

Bei einer Versuchsreihe (Reihe 2.6 des Versuchsprogramms) wurde eine Rückhängebewehrung in Form eines V-förmig gebogenen, die Ankerhülse umgreifenden Bewehrungsstabes  $d_s = 10$  mm, BSt 500 S, angeordnet (Beilage 2).

## 4.2 Herstellung und Betoneigenschaften

Die Herstellung der Versuchskörper erfolgte durch ein Fertigteilwerk in Süssen. Es wurde ein niederfester Beton (Zementgehalt = 240 kg/m<sup>3</sup>, Wasser-Zement-Wert = 0,65) gewählt, wie er an der FMPA bei der Prüfung von Befestigungselementen eingesetzt wird. Seine Zusammensetzung und Eigenschaften gehen aus Beilage 3 hervor. Zur Festigkeitsbestimmung wurden jeweils 2 Serien von Probewürfeln mit 150 mm Kantenlänge gefertigt.

Am 3. Tag nach der Herstellung wurden die Versuchskörper in der FMPA angeliefert; die Stahlbetonplatten wurden unmittelbar nach der Ankunft in die Belastungseinrichtung eingebaut sowie die erste Serie der Probewürfel geprüft. Die Prüfung der zweiten Serie erfolgte gegen 16<sup>00</sup> Uhr.

In Beilage 4 sind die Würfeldruckfestigkeiten  $f_{c150}$  und die umgerechnete Festigkeit  $f_{c200} = 0,95 \cdot f_{c150}$  zusammengestellt. Die Betondruckfestigkeit ergab sich i.M. zu

$$f_{c200} = 16 \text{ N/mm}^2.$$

Die später in den Tabellen mit den Versuchsergebnissen angegebenen Betonfestigkeiten wurden entsprechend dem Zeitpunkt der Versuchsdurchführung linear zwischen der Anfangs- und Endfestigkeit interpoliert.

## 5 Versuchsdurchführung

### 5.1 Belastungseinrichtung

Die Versuche wurden in der in den Beilagen 5 und 6 dargestellten Prüfmaschine durchgeführt. Diese besteht aus einem Portal, an dessen oberem Riegel eine 400-kN-Pressen vertikal und an dessen Stiel eine gleichartige Presse horizontal angeordnet sind. Beide Pressen sind quer verfahrbar bzw. in der Höhe verstellbar. Der Prüfkörper liegt auf einem Wagen auf, der unter dem Portal hindurch bewegt werden kann. Bei den vorliegenden Versuchen war es versuchs-technisch günstig, die Stahlbetonplatten zu drehen und mit der Schalseite nach oben einzubauen.

Je nach Beanspruchungsart und Einbauposition der Ankerhülsen wurde folgende Lasteinleitung gewählt:

**Axialzugbeanspruchung, Ankerhülsen in der Fläche der Stahlbetonplatte:** Die Belastung erfolgte über die Vertikalpresse, welche jeweils durch Verfahren des Wagens mit der aufliegenden Stahlbetonplatte über der Lasteinleitungsstelle positioniert und durch höhenverstellbare Stempel gegen die Stahlbetonplatte abgestützt wurde. Zur Ankopplung an den aus der Ankerhülse herausragenden Dywidag-Gewindebolzen diente eine Gewindehülse mit ent-

sprechendem Innengewinde und angeschlossenem Gelenkkopf, welcher über eine Zugstange mit einem zweiten Gelenkkopf am Pressenkolben verbunden war.

**Querzugbeanspruchung, Ankerhülsen in der Fläche der Stahlbetonplatte:** Die Belastung erfolgte über die horizontal am Stiel des Portals angeordnete Presse. Zur Lasteinleitung diente eine auf der Oberfläche der Stahlbetonplatte aufliegende Stahllasche mit einer Zwischenlage aus gefetteten PTFE-Folien. Die Lasche war über eine Bohrung  $\varnothing = 17$  mm an den Gewindebolzen der Ankerhülse angeschlossen und über einen Gelenkkopf mit der Presse verbunden. Die horizontalen Reaktionen wurden durch zwei, unterhalb der Presse angeordnete Stempel etwa in Höhe der Plattenmitte aufgenommen; am lastfernen Plattenrand war eine zusätzliche vertikale Abstützung vorhanden zur Aufnahme des aus dem Versatz zwischen Kraftangriff und horizontaler Abstützung resultierenden Moments.

**Axialzugbeanspruchung, Ankerhülsen in der Stirnseite:** Die Zugkraft wurde in diesem Fall über die horizontale Presse aufgebracht, wobei die Platte stirnseitig durch die Stempel zu beiden Seiten der Presse abgestützt war (Stützweite = 500 mm).

**Querzugbelastung, Ankerhülsen in der Stirnseite:** Zur Belastung wurde die vertikale Presse eingesetzt; die Lasteinleitung erfolgte über eine Stahllasche, welche mit einer Bohrung  $\varnothing = 17$  mm an den Gewindebolzen der Ankerhülse angeschlossen war. Im Fall des Lastangriffs direkt an der Bauteiloberfläche lag die Zuglasche mit einer Zwischenlage aus PTFE-Folien an der Stirnseite an und war durch eine leicht angezogene Mutter in ihrer Lage fixiert. Bei Lastangriff an einem Hebelarm war die Zuglasche im Abstand von 55 mm (Abstand zwischen Plattenstirnseite und Laschenachse) auf dem Gewindebolzen durch zwei Muttern fixiert.

Bei **Schrägzugbeanspruchung** wurden beide Pressen gemeinsam eingesetzt, d.h. die schräg angreifende Kraft wurde durch ihre Komponenten in vertikaler und horizontaler Richtung ersetzt.

## 5.2 Messeinrichtung

Bei jedem Versuch wurden die Kraft und die zugehörigen Verschiebungen gemessen.

Die Kraftmessungen erfolgten über die Kraftmessdosen der Prüfpressen.

Die Verschiebungen in Richtung der aufgebrachten Kräfte wurden jeweils mit zwei ohmschen Wegaufnehmern (50 mm Messweg) bestimmt. Diese waren über Halterungen an der Lasteinleitungsstruktur befestigt und berührten außerhalb eines möglichen Betonausbruchs die Bauteiloberfläche.

Zur Messwerterfassung wurde eine rechnergesteuerte Vielstellenmessanlage eingesetzt, mit der die Messwerte während des gesamten Versuchs im 3-Sekunden-Takt erfasst, gespeichert und ausgedruckt wurden.

### 5.3 Versuchssteuerung

Grundsätzlich wurden alle Versuche weggeregelt gefahren, d.h. die Verankerungen wurden mit einer Verschiebung mit konstanter Geschwindigkeit (i.d.R.  $d\delta/dt = 0,05 \text{ mm/s}$ ) beaufschlagt, wobei die zur Erzeugung dieser Verschiebung erforderliche Kraft gemessen wurde. Diese Art der Versuchssteuerung erlaubt, einen Versuch auch nach Erreichen der Höchstlast fortzusetzen und liefert zusätzliche Informationen z.B. über die Art (spröd, duktil) des Versagens.

Bei Schrägzugbeanspruchung wurde jeweils diejenige Kraftkomponente, welche wahrscheinlich für das Versagen der Verankerung maßgebend sein würde, in Wegregelung aufgebracht und die zweite Presse kraft geregelt betrieben, wobei das Kraftsignal der weggeregelten Presse als Steuersignal diente.

## 6 Versuchsergebnisse

### 6.1 Dokumentation

Die Einzelversuche sind jeweils durch ein Last-Verschiebungs-Diagramm dokumentiert.

Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen sind in Tabellen zusammengefasst. Bei Schrägzugbeanspruchung wurden aus den gemessenen Kraftkomponenten in N- und V-Richtung und den zugehörigen Verschiebungskomponenten die resultierende Kraft und die resultierende Verschiebung berechnet

$$R = \sqrt{N^2 + V^2}$$

$$\delta_R = \sqrt{\delta_N^2 + \delta_V^2}$$

In der letzten Spalte wurden die Versuchsbruchlasten auf eine mittlere Betonfestigkeit  $f_{c,m} = 15 \text{ N/mm}^2$  umgerechnet mit Hilfe des Verhältnisses  $\sqrt{f_{c,m} / f_{c,test}}$ , das - wie die Untersuchungen an vergleichbaren Befestigungen zeigen - auf alle Brucharten (Betonausbruch, Spalten, Kantenausbruch) zutrifft.

Weiterhin wurde die charakteristische Bruchlast als 5%-Quantile einer Serie aus  $n = 5$  Einzelversuchen für eine Aussagewahrscheinlichkeit  $W = 75\%$  angegeben:  $F_k = F_m - 2,463 \cdot s$  ( $s =$  Standardabweichung).



## 6.2 Ergebnisse der Versuche in der Fläche ohne Einfluss des Randabstands

### 6.2.1 Axialzugbeanspruchung, Versuchsreihe 1.1

Ankergrund:	$f_{c,m} = 13,5 \text{ N/mm}^2$
Versuchsergebnisse:	Tabelle Beilage 7
Verschiebungen:	Vergleich der Last-Verschiebungs-Kurven Beilage 8 Einzeldiagramme Beilagen 9 bis 13
Höchstlast (Mittelwert):	$N_{u,m} = 59,7 \text{ kN}$ ; $s = 3,9 \text{ kN}$ ; $v = 6,6\%$
Verschiebung unter Höchstlast:	$\delta_m = 6,24 \text{ mm}$ ; $s = 1,04 \text{ mm}$ ; $v = 16,7\%$
Art des Versagens:	In den Versuchen 1 und 4 versagten die Verankerungen durch kraterförmiges Ausbrechen des Ankergrundes. Die Grundfläche des Bruchkegels hatte einen Durchmesser zwischen 400 mm und 450 mm.  Bei den übrigen Versuchen entstand der Betonausbruch nur halbseitig, wonach der Gewindebolzen aus der Ankerhülse herausgezogen wurde.

### 6.2.2 Querkzugbeanspruchung, Versuchsreihe 1.2

Ankergrund:	$f_{c,m} = 17,9 \text{ N/mm}^2$
Versuchsergebnisse:	Tabelle Beilage 14
Verschiebungen:	Vergleich der Last-Verschiebungs-Kurven Beilage 15 Einzeldiagramme Beilagen 16 bis 20
Höchstlast (Mittelwert):	$V_{u,m} = 85,4 \text{ kN}$ ; $s = 2,6 \text{ kN}$ ; $v = 3,0\%$
Verschiebungen unter Höchstlast:	$\delta_m = 17,75 \text{ mm}$ ; $s = 1,36 \text{ mm}$ ; $v = 7,7\%$
Art des Versagens:	Muschelförmiges Ausbrechen des Betons vor der Ankerhülse in Kraftrichtung mit nachfolgendem Kraftabfall.  Die Versuche wurden jeweils ohne Bruch der Verankerungen bei Verschiebungen um 20 mm beendet.

## 6.2.3 Schrägzugbeanspruchung, Versuchsreihe 1.3

Ankergrund:	$f_{c,m} = 19,2 \text{ N/mm}^2$
Versuchsergebnisse:	Tabelle Beilage 21
Verschiebungen:	Vergleich der Last-Verschiebungskurven Beilage 22 Einzeldiagramme Beilagen 23 bis 27
Höchstlast (Mittelwert):	$R_{u,m} = 65,8 \text{ kN}$ ; $s = 2,6 \text{ kN}$ ; $v = 3,9\%$
Verschiebungen unter Höchstlast:	$\delta_m = 12,93 \text{ mm}$ ; $s = 1,37 \text{ mm}$ ; $v = 10,6\%$
Art des Versagens:	Bildung eines muschelförmigen Betonausbruchs vor der Ankerhülse in Richtung der Querkraftkomponente mit nachfolgendem Herausziehen des Gewindebolzens aus der Hülse.

### 6.3 Ergebnisse der Versuche in der Stirnseite

#### 6.3.1 Axialzugbeanspruchung, Versuchsreihe 2.1

Ankergrund:	$f_{c,m} = 12,6 \text{ N/mm}^2$
Versuchsergebnisse:	Tabelle Beilage 28
Verschiebungen:	Vergleich der Last-Verschiebungs-Kurven Beilage 29 Einzeldiagramme Beilagen 30 bis 34
Höchstlast (Mittelwert):	$N_{u,m} = 23,0 \text{ kN}$ ; $s = 0,9 \text{ kN}$ ; $v = 3,9\%$
Verschiebungen unter Höchstlast:	$\delta_m = 1,09 \text{ mm}$ ; $s = 0,22 \text{ mm}$ ; $v = 20,0\%$
Art des Versagens:	Bildung von Spaltrissen, von der Verankerung ausgehend und schräg zu den Plattenrändern hin verlaufend.

#### 6.3.2 Querkzugbeanspruchung, Versuchsreihe 2.2

Ankergrund:	$f_{c,m} = 13,2 \text{ N/mm}^2$
Versuchsergebnisse:	Tabelle Beilage 35
Verschiebungen:	Vergleich der Last-Verschiebungs-Kurven Beilage 36 Einzeldiagramme Beilagen 37 bis 41
Höchstlast (Mittelwert):	$V_{u,m} = 21,6 \text{ kN}$ ; $s = 1,2 \text{ kN}$ ; $v = 5,6\%$
Verschiebungen unter Höchstlast:	$\delta_m = 2,00 \text{ mm}$ ; $s = 0,39 \text{ mm}$ ; $v = 19,6\%$
Art des Versagens:	Ausbrechen des Deckenrandes in Richtung der angreifenden Kraft. Der Ausbruch ist auf der Stirnseite durch zwei Schrägrisse begrenzt, welche von der Verankerung ausgehen und etwa unter $30^\circ$ zum belasteten Rand hin verlaufen.

### 6.3.3 Schrägzugbeanspruchung, Versuchsreihe 2.3

Ankergrund:	$f_{c,m} = 16,4 \text{ N/mm}^2$
Versuchsergebnisse:	Tabelle Beilage 42
Verschiebungen:	Vergleich der Last-Verschiebungskurven Beilage 43 Einzeldiagramme Beilagen 44 bis 48
Höchstlast (Mittelwert):	$R_{u,m} = 21,6 \text{ kN}$ ; $s = 1,9 \text{ kN}$ ; $v = 8,9\%$
Verschiebungen unter Höchstlast:	$\delta_m = 3,60 \text{ mm}$ ; $s = 1,64 \text{ mm}$ ; $v = 45,6\%$
Art des Versagens:	Ausbrechen des Deckenrandes in Richtung der Querkraftkomponente. Bruchbild wie bei Querkraftbeanspruchung.

### 6.3.4 Querzugbeanspruchung, Kraft an einem Hebelarm angreifend, Versuchsreihe 2.4

Ankergrund:	$f_{c,m} = 17,2 \text{ N/mm}^2$
Versuchsergebnisse:	Tabelle Beilage 49
Verschiebungen:	Vergleich der Last-Verschiebungs-Kurven Beilage 50 Einzeldiagramme Beilagen 51 bis 55
Höchstlast (Mittelwert):	$V_{u,m} = 18,7 \text{ kN}$ ; $s = 1,0 \text{ kN}$ ; $v = 5,6\%$
Verschiebungen unter Höchstlast:	$\delta_m = 5,16 \text{ mm}$ ; $s = 1,12 \text{ mm}$ ; $v = 21,6\%$
Art des Versagens:	Ausbrechen des Deckenrandes in Krafrichtung, Bruchbild wie bei Kraftangriff direkt an der Bauteiloberfläche.

### 6.3.5 Schrägzugbeanspruchung, Kraft an einem Hebelarm angreifend, Versuchsreihe 2.5

Ankergrund:	$f_{c,m} = 17,8 \text{ N/mm}^2$
Versuchsergebnisse:	Tabelle Beilage 56
Verschiebungen:	Vergleich der Last-Verschiebungs-Kurven Beilage 57 Einzeldiagramme Beilagen 58 bis 62
Höchstlast (Mittelwert):	$R_{u,m} = 19,6 \text{ kN}$ ; $s = 1,4 \text{ kN}$ ; $v = 7,0\%$
Verschiebungen unter Höchstlast:	$\delta_m = 5,15 \text{ mm}$ ; $s = 2,74 \text{ mm}$ ; $v = 53,3\%$
Art des Versagens:	Ausbrechen des Deckenrandes in Richtung der Querkraftkomponente. Bruchbild wie bei reiner Querkzugbelastung.

### 6.3.6 Querkzugbeanspruchung bei Anordnung einer Rückhängebewehrung, Versuchsreihe 2.6

Ankergrund:	$f_{c,m} = 18,5 \text{ N/mm}^2$
Versuchsergebnisse:	Tabelle Beilage 63
Verschiebungen:	Vergleich der Last-Verschiebungs-Kurven Beilage 64 Einzeldiagramme Beilagen 65 bis 69
Höchstlast (Mittelwert):	$V_u = 31,9 \text{ kN}$ ; $s = 2,6 \text{ kN}$ ; $v = 8,0\%$
Verschiebungen unter Höchstlast:	$\delta_m = 6,65 \text{ mm}$ ; $s = 1,08 \text{ mm}$ ; $v = 16,3\%$
Art des Versagens:	Ausbrechen des Deckenrandes in Krafrichtung. Es bildeten sich zunächst die gleichen Schrägrisse, wie sie bei den Versuchen ohne Rückhängebewehrung beobachtet wurden (vgl. Abschnitt 6.3.2), über denen später zwei weitere, etwa parallel verlaufende Schrägrisse entstanden.

#### 6.4 Zum Tragverhalten unter Schrägzugbeanspruchung ✓

Das Tragverhalten von Befestigungselementen unter kombinierter Zug- und Querlast wird in der Literatur u.a. durch folgende trilineare Beziehung beschrieben. ✓

$$\frac{N}{N_u} = 1 \quad ✓$$

$$\frac{V}{V_u} = 1 \quad ✓$$

$$\frac{N}{N_u} + \frac{V}{V_u} = 1,2 \quad ✓$$

In den Beilagen 70, 71 und 72 sind die Interaktionsdiagramme für die drei untersuchten Anwendungsfälle

- Tragfähigkeit der Verankerungen in der Fläche von Stahlbetonbauteilen ohne Randeinfluss
- Tragfähigkeit bei Einbau in der Stirnseite mit den Mindestabständen  $c_1 = 70$  mm zum oberen Deckenrand und  $c_2 = 90$  mm zum unteren Rand
- Tragfähigkeit bei Einbau in der Stirnseite wie zuvor, Lasten jedoch nicht an der Bauteiloberfläche sondern an einem Hebelarm ( $a = 55$  mm) angreifend.

dargestellt.

Für das Tragverhalten der Anker in der Fläche trifft die o.g. Interaktion uneingeschränkt sowohl für die Mittelwerte der Bruchlasten als auch für die Quantilenwerte zu. ✓

Die Anker in der Stirnfläche dagegen weisen ein etwas ungünstigeres Tragverhalten bei Schrägzugbeanspruchung auf; insbesondere die Quantilenwerte der Bruchlasten liegen jeweils unterhalb der Grenzgeraden, also auf der unsicheren Seite. Dieses Verhalten ist dadurch erklärlich, dass sich bei der kombinierten Belastung die Spaltzugspannungen aus der Axialzugbelastung und die Querspannungen aus der Querlast addieren und so zu einem früheren Versagen führen. ✓

## 7 Zusammenfassung

An einbetonierten NOE-Ankerhülsen wurden Axial-, Quer- und Schrägzugversuche durchgeführt mit dem Ziel, die Tragfähigkeit bei unterschiedlichen Einbaupositionen - Einbau in der Fläche bzw. in der Stirnseite von Stahlbetonplatten - zu ermitteln.

Die Verankerungen waren in Stahlbetonplatten mit der vorgegebenen Mindestdicke  $h_{\min} = 160$  mm eingebaut. Zum Zeitpunkt der Versuche war der Beton 3 Tage alt und besaß eine Druckfestigkeit  $f_{c, 200}$  zwischen  $12 \text{ N/mm}^2$  und  $19 \text{ N/mm}^2$ .

Die Ergebnisse der insgesamt 9 Versuchsreihen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

### Versuchsergebnisse/Bruchlasten

Ifd. Nr.	Versuchsreihe Position der Anker Art der Beanspruchung	Beton	Bruchlast	
		$f_{c, \text{test}}$	Mittelwert für $f_{c, \text{test}}$	5%-Quantile für $f_c = 15 \text{ N/mm}^2$
-	-	$\text{N/mm}^2$	kN	kN
<b>1</b>	<b>Versuche in der Fläche von Stahlbetonplatten (ohne Randeinfluss)</b>			
1.1	Axialzugbeanspruchung	13,5	59,7	52,8
1.2	Querzugbeanspruchung	17,9	85,4	73,1
1.3	Schrägzugbeanspruchung	19,2	65,8	52,8
<b>2</b>	<b>Versuche in der Stirnseite von Stahlbetonplatten</b>			
2.1	Axialzugbeanspruchung	12,6	23,0	22,6
2.2	Querzugbeanspruchung	13,2	21,6	19,7
2.3	Schrägzugbeanspruchung	16,4	21,6	16,2
2.4	Querzugbeanspruchung Kraftangriff an einem Hebelarm	17,2	18,7	14,9
2.5	Schrägzugbeanspruchung Kraftangriff an einem Hebelarm	17,8	19,6	14,7
2.6	Querzugbeanspruchung mit Rückhängebewehrung	18,5	31,9	23,0

Die Verankerungen in der Fläche versagten durch kraterförmiges Ausbrechen des Ankergrundes (Axialzug) und Herausziehen des Gewindebolzens aus der Ankerhülse (Schrägzug). Die Querzugversuche wurden nach der Bildung von Betonausbrüchen vor den Ankerhülsen bei großen Verschiebungen und Abfallen der Last abgebrochen. Die Tragfähigkeit unter kombinierter Zug- und Querlast (Schrägzug) lässt sich durch ein trilineares Interaktionsdiagramm zutreffend beschreiben.

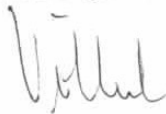
Die Verankerungen in der Stirnseite der Stahlbetonplatten versagten durch Spalten des Betonquerschnitts (Axialzug) bzw. durch Ausbrechen des Bauteilrands (Querzug).

Ein Lastangriff an einem Hebelarm führte bei Querlast zu einem deutlichen Tragfähigkeitsverlust um ca. 24% gegenüber dem Fall eines Lastangriffs direkt an der Bauteiloberfläche. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass die Kraftübertragung über den Gewindebolzen ähnlich wie bei einem frei aufliegenden Balken mit einseitiger Belastung des Kragarms erfolgt, bei welchem die lastnahe Auflagerreaktion wegen der negativen Auflagerreaktion am lastfernen Balkenende größer als die angreifende Kraft ist.

Infolge der Addition von Spalt- und Querzugspannungen aus der Krafteinleitung ist die Tragfähigkeit der stirnseitig eingebauten Verankerungen etwas kleiner als auf Grund eines trilinearen Interaktionsdiagrammes zu erwarten wäre.

Durch eine oberflächennahe, die Ankerhülse umgreifende Rückhängebewehrung ist eine Tragfähigkeitssteigerung bei Querzugbeanspruchung möglich; sie betrug unter den gewählten Bedingungen ca. 17% gegenüber Verankerungen ohne diese Bewehrung.

Der Abteilungsleiter



Dr.-Ing. G.E. Völkel, Ltd. BD



Der Bearbeiter



Dr.-Ing. H. Dieterle