

Entwicklung schlaufenartiger Stahlseilverankerungen in Stahlbetondecken

Experimentelle Untersuchungen, Bemessungskonzept

Zum Befestigen von Fahrstuhlkomponenten im Bauzustand sowie zur Last- und Personensicherung beim Einbau dieser Komponenten sind innerhalb von Fahrstuhlschächten Anschlagpunkte in Betondecken für Sicherungsseile notwendig. Diese Anschlagpunkte werden mit einbetonierten Seilschlaufen aus Edelstahl realisiert. Im folgenden Beitrag wird die Entwicklung dieser Lastschlaufen vorgestellt. Entsprechend den Vorgaben der ETAG001 [1] werden Versuche durchgeführt und daraus ein Bemessungskonzept für die Lastschlaufen hergeleitet. Darauf aufbauend konnte eine bauaufsichtliche Zulassung für die Lastschlaufen beim DIBt erlangt werden.

Development of novel steel cable loop anchors for reinforced concrete slabs – Experimental investigations, design concept

During the construction of lift shafts, it is necessary to provide anchor points on the concrete slabs. The anchor points are used to attach safety cables, which serve to secure loads such as elevator components and ensure the safety of construction workers. Generally, stainless steel cable loop anchors are used for these anchor points. The development of a novel type of steel cable loop anchor is presented in this article. Experimental investigations according to the requirements of ETAG001 [3] were carried out. In this paper, a design concept is derived from the experimental findings. Based on the presented results, the DIBt granted a national technical approval for the steel cable loop anchors.

1 Ausgangssituation

Schindler Aufzüge AG benötigt während der Montage von Aufzügen Anschlagpunkte in Schachtdecken. Diese Anschlagpunkte werden einerseits zum Heben von Lasten wie Führungsschienen oder Motoren benötigt und andererseits zum Befestigen von Absturzsicherungen der Monteure eingesetzt. Neben der hohen Nutzlast, die auch durch das Auftreten von Schrägzügen beim Einbringen und Heben der Lasten in den Schacht auftreten, gibt es zusätzliche Anforderungen an die Anschlagpunkte: einfache Handhabung, niedrige Bauform für geringe Betondeckenstärken, Zwangsentfernung der Schlaufensicherung beim Ausschalen, geringere Gesamtkosten als auf dem Markt befindlicher vergleichbarer Produkte sowie das Erreichen aller erforderlichen Zulassungen und das Erfüllen aller Vorgaben für den Lastentransport und die Personensicherung für den europaweiten Einsatz.

Der strategische Einkauf von Schindler lancierte im Frühjahr 2011 ein klassisches Wertanalyseprojekt mit dem Ziel, Funktionen und Preis der Anschlagpunkte zu optimieren. Zu diesem Zweck wurde ein interdisziplinäres Team zusammengestellt, das aus sieben Parteien unterschiedlicher Fachrichtungen und Firmen bestand.

2 Hitch Box for Load (HBS), Hitch Box for Safety (HBS)

2.1 Einleitung

Aus früheren Anwendungen, wie zum Beispiel vom Anheben von Fertigelementen aus Beton oder von der Sicherung von Tresoren und Geldautomaten, ist bekannt, dass das Tragverhalten von einbetonierten Rundlitzen-

seilen ein hohes Potenzial bietet. Detailliert wurde das Tragverhalten einbetonierter Stahlseile in [2] untersucht.

Aufgrund der Erfahrungen in der Anwendung und der wissenschaftlichen Grundlagen wurde im Wesentlichen in Zusammenarbeit mit Schindler Aufzüge AG, Ebikon, Jakob Rope Systems, Trubschachen, aarePlast AG, Rickenbach und des Kompetenzzentrums Konstruktiver Ingenieurbau an der Hochschule Luzern Technik & Architektur (HSLU) eine sogenannte Schlaufenbox entwickelt. Die oberen Enden der Schlaufen befinden sich zusammen mit der Box im Beton und dienen der Veran-



Bild 1 Links: Hitch Box for Load (HBL); rechts: Hitch Box for Safety (HBS)
Left: Hitch Box for Load (HBL); right: Hitch Box for Safety (HBS)

kerung. Nach dem Ausschalen der Decken klappten die unteren Schlaufen um 90° herunter und werden als Anschlagpunkte zur Lastenbeförderung und Personensicherung (HBL & HBS, Bild 1) verwendet.

2.2 Eigenschaften der Schlaufenboxen

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und Funktionsoptimierung wird das Gehäuse der Boxen aus Kunststoff von der Firma aarePlast hergestellt. Im Wesentlichen wurde die Geometrie der Boxen durch ihre Funktion vorgegeben. Die Randbedingungen dafür waren die Größe der Schlaufen und deren Abstand. Die beiden Verankerungen durften sich bezüglich Betonausbruch unter Höchstlast nicht beeinflussen. Nach dem Ausschalen haben die Boxen ihre Funktion erfüllt. Die Eigenschaften des verwendeten Stahlseils sind in Tab. 1 und Bild 2 dargestellt.

Tab. 1 Eigenschaften des Stahlseils
Steel cable properties

Eigenschaft	Wert
Stahl	INOX AISI 316, 1.4401
Seildurchmesser	8 mm
Konstruktion	6 × 19 + WC
Schlagrichtung	sZ, Kreuzschlag rechts
Traglast	33,3 kN

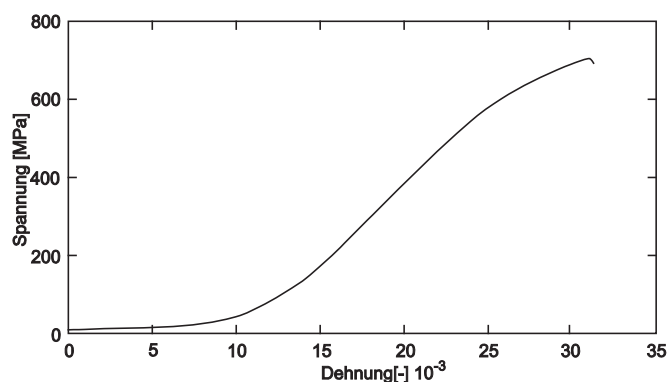


Bild 2 Spannungs-Dehnungs-Verlauf des Seils
Stress-strain relationship of the steel cable

Tab. 2 Versuchskonzept
Overview of the tests

Versuchsserie	Belastung an	Durchgeführt
V1	einer Schlaufe; Lastwinkel 0°	TUHH
V2	zwei Schlaufen; Lastwinkel 0°	TUHH
V3	einer Schlaufe; Lastwinkel 15° (um die Längsachse)	HSLU
V4	einer Schlaufe; Lastwinkel 15° (um die Querachse)	HSLU
V5	zwei Schlaufen; Lastwinkel 15° (um die Längsachse)	HSLU
V6	zwei Schlaufen; Lastwinkel 15° (Torsion)	HSLU

3 Experimentelle Untersuchungen

3.1 Versuchsprogramm

Das Ziel der Produktentwicklung war die Erlangung einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt). Hierzu wurden von vornherein mehrere Varianten der Schlaufenverankerung untersucht und deren Tragfähigkeit versuchstechnisch ermittelt. Für die endgültige Versuchsserie wurde vor Beginn der Versuchsserien in Absprache mit dem DIBt ein Versuchskonzept entwickelt, das alle notwendigen Versuche für die spätere Zulassung [3] beinhaltet. Der Großteil der Versuchsserie wurde an der Hochschule Luzern Technik & Architektur am Kompetenzzentrum Konstruktiver Ingenieurbau (HSLU – CCKI) durchgeführt. Für die Überprüfbarkeit der Versuchsergebnisse wurde ein Teil der Versuche an der Technischen Universität Hamburg-Harburg am Institut für Massivbau (TUHH) unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. V. SIGRIST durchgeführt. Das Versuchskonzept kann der Tab. 2 entnommen werden.

Es wurden insgesamt sechs Versuchsserien durchgeführt; jede Versuchsserie beinhaltete fünf gleiche Versuche. Da bei der Verwendung der Schlaufenboxen nicht nur eine Belastung senkrecht zur Betondecke, sondern auch eine mit einem Winkel bis zu 15° zur Senkrechten auftreten kann, wurden entsprechende Versuche durchgeführt, um eine mögliche Abhängigkeit der Traglast vom Belastungswinkel zu ermitteln (Bild 4). Der Winkel von 15° ergab sich aus den Grenzen bei der Anwendung der Schlaufenboxen in Fahrstuhlschächten. Ein größerer Winkel als 15° ist bedingt durch die Geometrie der Fahrstuhlschächte nicht möglich. Da die Tragfähigkeit des Stahlseils bzw.



Bild 3 Bewehrungslage
Steel reinforcement

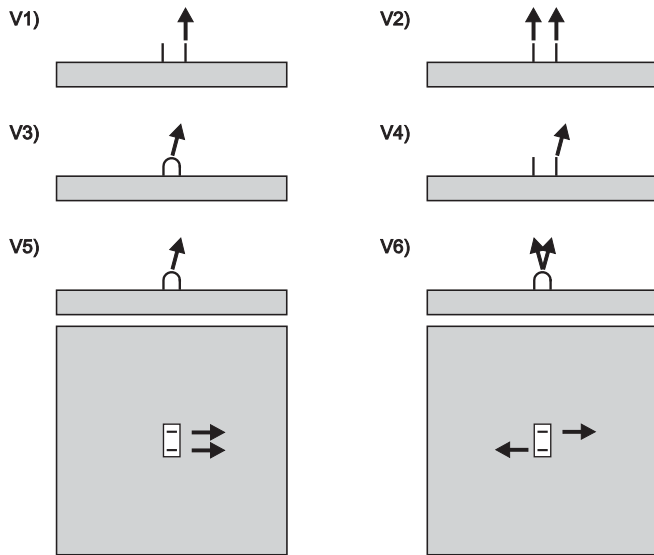


Bild 4 Versuchskonzept
Overview of the test configurations

der Seilschleife besonders durch die Art der Lasteinleitung beeinflusst wird, wurden die Seilschleifen in den Versuchen mit einem Stahlhaken belastet, der in der Geometrie dem Haken gleicht, der in der späteren Anwendung zum Einsatz kommt, sodass dessen Einfluss auf die Tragfähigkeit der Seilschleifen erfasst werden konnte. Bei der Belastung mit einer Presse gleichzeitig an beiden Schleifen wurde eine gelenkige Verbindung zwischen Presse und Schleifen konzipiert, sodass die Schleifen stets gleichermaßen belastet wurden; lediglich die Versuchsserie V6 wurde mit zwei Pressen durchgeführt. Dabei wurden beide Pressen am selben Ölkreislauf angeschlossen, sodass stets an beiden Pressen die gleichen Kräfte vorlagen.

Das Messkonzept der Versuche ist in Bild 5 dargestellt. Es wurde die Verdrehung des Prüfkörpers mit zwei Wegaufnehmern in horizontaler Richtung gemessen. Die vertikale Verformung wurde mithilfe von zehn Wegaufnehmern ermittelt. Zusätzlich wurden die Pressenkräfte sowie -wege aufgezeichnet; alle Verschiebungsmessungen erfolgten gegen den Prüfhallenboden. Die Prüfkörper wurden mit Stahlträgern fixiert; die Stahlträger wurden wiederum am Prüfhallenboden festgespannt. Der Versuchsaufbau entsprach den Vorgaben der ETAG001 [1]. Der Abstand zwischen den Stahlträgern und der einbetonierten Schlaufenbox war groß genug, sodass sich keine direkte Abstützung der Druckstrebe im Beton zwischen Lasteinleitung und Auflager ausbilden konnte.

3.2 Versuchskörper

Die Bewehrungsführung der Prüfkörper ist in Bild 6 dargestellt. Alle Prüfkörper wurden kreuzweise mit Bewehrungsstäben $\varnothing 10$ mm bewehrt und die Betondeckung wurde mit 2,5 cm ausgeführt. Vor dem Bewehren wurden die Schlaufenboxen an ihren vorgesehenen Stellen auf

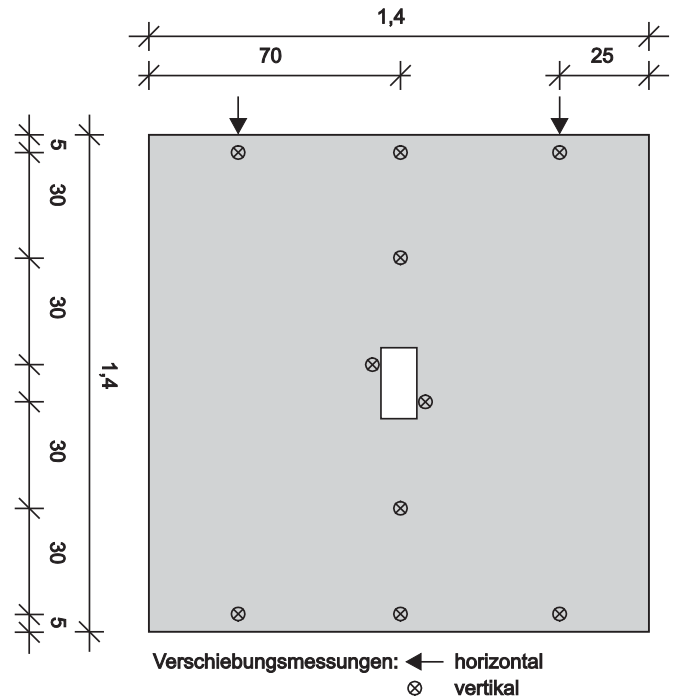


Bild 5 Messkonzept
Layout of the measurement points

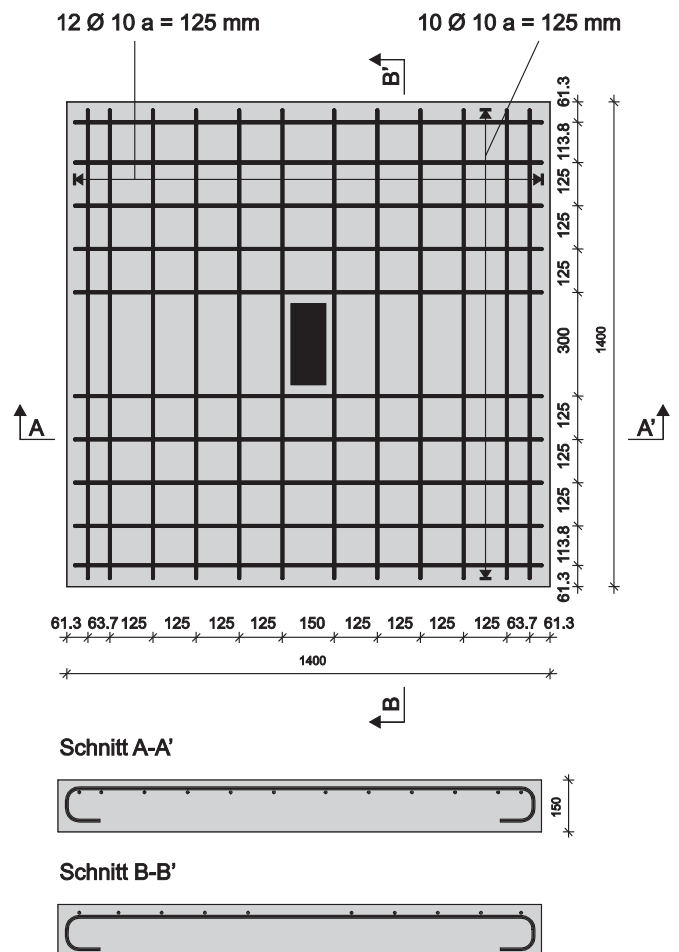


Bild 6 Versuchskörper
Test specimen

Tab. 3 Betonkennwerte
Concrete properties

Versuchsserie	$f_{c,cyl}$ [MPa]	$f_{c,cube}$ [MPa]	E_c [GPa]	f_{cts} [MPa]	Durchgeführt
V1, V2		$42,0 \pm 3,1$ %	$25,8 \pm 2,3$ %	$2,9 \pm 2,4$ %	TUHH
V3, V5	$31,4 \pm 2,1$ %		$30,0 \pm 3,7$ %	$2,6 \pm 14,8$ %	HSLU
V4	$28,0 \pm 2,3$ %		$29,4 \pm 3,4$ %	$2,7 \pm 9,4$ %	HSLU
V6	$29,7 \pm 1,7$ %		$29,2 \pm 0,7$ %	$2,6 \pm 3,4$ %	HSLU

Tab. 4 Stahlkennwerte bezogen auf den nominellen Durchmesser ($\varnothing = 10$ mm)
Steel properties for a cable with the nominal diameter ($\varnothing = 10$ mm)

Eigenschaft		HSLU	TUHH
Dynamische Fließgrenze $f_{sy,dyn}$	[MPa]	$538,6 \pm 2,2$ %	$538,7 \pm 0,7$ %
Statische Fließgrenze $f_{sy,stat}$	[MPa]	$533,0 \pm 2,3$ %	[-]
Dynamische Zugfestigkeit $f_{su,dyn}$	[MPa]	$595,2 \pm 0,3$ %	$607,0 \pm 0,7$ %
Statische Zugfestigkeit $f_{su,stat}$	[MPa]	$572,9 \pm 1,3$ %	[-]
Bruchdehnung ϵ_{su} bezogen auf $5\varnothing$ (an der TUHH bezogen auf die Prüflänge) [%]		$24,3 \pm 21,1$ %	$7,3 \pm 12,1$ %
Elastizitätsmodul E_s	[GPa]	$201,3 \pm 13,2$ %	$199,0 \pm 0,8$ %

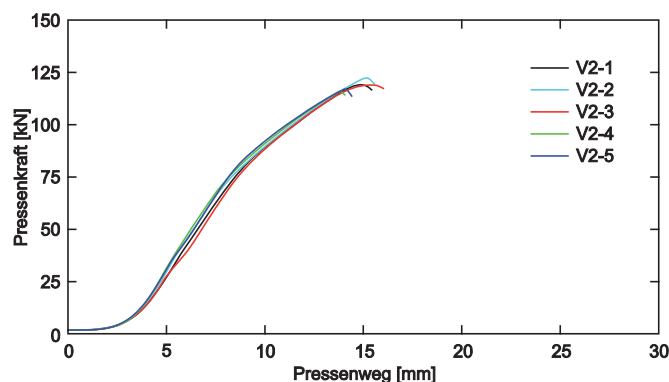
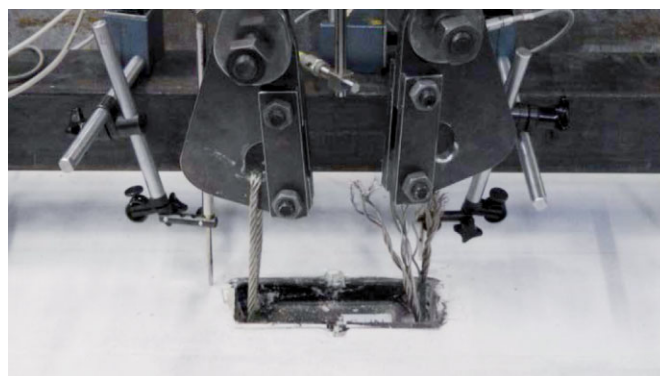
die Schalung genagelt (Bild 3). Nach dem Ausschalen wurden alle Prüfkörper weiß gestrichen, sodass während des Versuchs entstehende Risse im Beton besser erkannt werden konnten.

Für alle Versuche wurde ein Beton der Festigkeitsklasse C25/30 entsprechend den Mindestanforderungen von [4] mit einem Größtkorn von $d_{max} = 16$ mm verwendet. An der HSLU wurden zur Bestimmung der mechanischen Materialkennwerte des Betons Zylinder ($\varnothing = 160$ mm, $h = 320$ mm) zeitgleich mit den Versuchskörpern hergestellt, gleichermaßen nachbehandelt und daneben gelagert. Die Druckfestigkeit $f_{c,cyl}$ sowie der Elastizitätsmodul E_c wurden an den Betonzylindern nach dem in der Norm SIA 262/1:2003 bestimmt [5]. An der TUHH wurde die Druckfestigkeit $f_{c,cyl}$ an Betonwürfeln ($a = 150$ mm) und der E-Modul an Betonzylindern ($\varnothing = 150$ mm, $h = 300$ mm) bestimmt. Hierbei entsprach das Vorgehen dem in der DIN 1048-5:1991 beschriebenen Verfahren [6]. Die Spaltzugfestigkeit f_{cts} wurde an beiden Prüfstellen an gedungenen Betonzylindern ($\varnothing = 150$ mm, $h = 150$ mm) im Stempelversuch (Double-Punch) ermittelt [7]. Die ermittelten Materialkennwerte sind in Tab. 3 zusammengefasst.

Neben der Bestimmung der Betonkennwerte wurden ebenfalls Zugversuche an den verwendeten Bewehrungsstäben beider Prüfstellen durchgeführt. Die ermittelten Kennwerte sind in Tab. 4 zusammengestellt.

3.3 Versuchsergebnisse

Wie bereits in den Voruntersuchungen ermittelt, definierte die Traglast bei der Belastung an einer Seilschlaufe immer das Versagen der Seilschlaufe an der Lasteinleitungsstelle. Da die Seilschlaufe durch die Lasteinleitung im Versuchs-

**Bild 7** Kraft-Verformungs-Kurven der Versuchsserie V2
Force-deflection curves of test series V2**Bild 8** Bruchbild des Versuchs V2-2
Fracture pattern of test V2-2

verlaufe eine lokale Schädigung erfährt, ist die Traglast der Schlaufe stets etwas geringer als die eines ungestörten Seils. Bei der zeitgleichen Belastung von zwei Schlaufen trat in den meisten Fällen ein Versagen einer der beiden Schlaufen ein (Bild 8), in einem Versuch versagten zeit-



Bild 9 Bruchbild des Versuchs V6-4
Fracture pattern of test V6-4



Bild 10 Bruchbild des Versuchs V2-1
Fracture pattern of test V2-1

gleich beide Schlaufen (Bild 9), lediglich bei fünf von 15 Versuchen war ein Betonausbruch die Versagensart (Bild 10). Eine Abhängigkeit zwischen Lastwinkel zur Traglast konnte in keinem der Versuche beobachtet werden. Bild 7 zeigt exemplarisch die Versuchsergebnisse der Versuchsserie V2 [8]; es sind die gemessenen Pressenkräfte den Pressenwegen gegenübergestellt. Tab. 5 fasst die Versuchsergebnisse aller Versuchsserien zusammen.

3.4 Numerische Untersuchungen

Zur detaillierten Untersuchung des Tragverhaltens der Schlaufenboxen, des Versagensmechanismus und der inneren Beanspruchung des Prüfkörpers wurden einzelne Versuche nachgerechnet. Für die Nachrechnungen wurde das Programm ABAQUS 6.12 [9] verwendet. Die Werkstoffeigenschaften des Betons wurden mit dem nichtlinearen programmeneigenen Materialmodell „Concrete Damaged Plasticity“ abgebildet, Näheres hierzu findet man in [10 bis 13]. Der Ansatz zur Bestimmung der notwendigen Materialkennwerte des Betons bei der Nachrechnung wurde [14] und [15] entnommen. Die dafür notwendigen Materialkennwerte sind in Tab. 2 dargestellt.

Die Bewehrung wurde in die Betonelemente als eingebettete Stabelemente mit bilinearem Materialverhalten entsprechend der Werte nach Tab. 3 modelliert. Mit diesem

Tab. 5 Versuchsergebnisse
Test results

Versuchsnummer	Belastung an	Traglast [kN]	Versagensart
V1-1	einer Schlaufe;	61,5	Seilreißen
V1-2		65,1	Seilreißen
V1-3	Lastwinkel 0°	60,4	Seilreißen
V1-4		60,1	Seilreißen
V1-5		60,1	Seilreißen
V2-1	zwei Schlaufen;	119,8	Betonversagen
V2-2		123,3	Seilreißen
V2-3	Lastwinkel 0°	119,9	Betonversagen
V2-4		116,7	Seilreißen
V2-5		117,7	Seilreißen
V3-1	einer Schlaufe;	60,6	Seilreißen
V3-2		62,8	Seilreißen
V3-3	Lastwinkel 15°	60,5	Seilreißen
V3-4	(um die	63,1	Seilreißen
V3-5	Längsachse)	60,5	Seilreißen
V4-1	einer Schlaufe;	62,8	Seilreißen
V4-2		62,2	Seilreißen
V4-3	Lastwinkel 15°	62,6	Seilreißen
V4-4	(um die	61,6	Seilreißen
V4-5	Querachse)	59,6	Seilreißen
V5-1	zwei Schlaufen;	118,7	Betonversagen
V5-2		122,4	Seilreißen
V5-3	Lastwinkel 15°	121,1	Seilreißen
V5-4	(um die	119,7	Seilreißen
V5-5	Längsachse)	120,6	Seilreißen
V6-1	zwei Schlaufen;	126,2	Betonversagen
V6-2		124,5	Betonversagen
V6-3	Lastwinkel 15°	124,7	Seilreißen
V6-4	(Torsion)	115,4	Seilreißen
V6-5		126,0	Seilreißen

Ansatz wurde ein idealer Verbund zwischen Beton und Bewehrung angenommen. Die Werkstoffeigenschaften der Lastschlaufen wurden ebenfalls entsprechend ihrer tatsächlichen Kennwerte abgebildet. Da die Lasteinleitung in die Seilschlaufe die Traglast dieser begrenzt, wird die maximal aufnehmbare Zugkraft einer Schlaufe auf 65,1 kN aus Versuch V1-2 begrenzt (Tab. 5). Der einbetonierte Teil der Lastschlaufen wird ebenfalls mit Stabelementen modelliert, wobei nur die Verpresshülsen (Bild 1) als in die Betonelemente eingebettet eingegeben wurden.

Bei der Nachrechnung stand besonders die Betrachtung der Schlaufenboxen im Vordergrund, die an beiden Schlaufen belastet wurden, da hier ein Versagen des Betons in einigen Versuchen die Traglast bestimmte. Deshalb wird folglich die Nachrechnung der Versuchsserie V2 vorgestellt.

Die Versuche zeigten, dass bei der Belastung beider Schlaufen die Traglast der Schlaufen (Seilversagen) ungefähr gleich groß ist wie die der Betonplatte (Betonver-

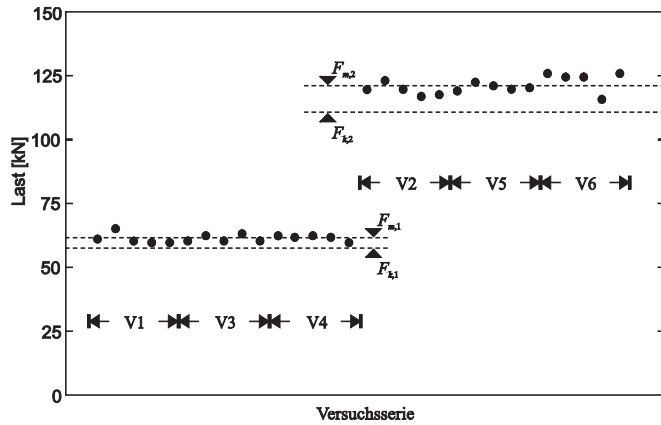


Bild 13 Traglasten sowie Mittelwerte und charakteristische Werte der Traglasten
Ultimate loads; mean values and characteristic values of the ultimate loads

Bei der allgemeinen Verwendung der Lastschlaufenbox im Betonbau wird die charakteristische Traglast $F_{k,i}$ anhand des 5 %-Fraktilwerts der Traglast nach Gl. 6.0 der ETAG 001 Teil 1 [4] bestimmt (Gl. (3)) und gilt für eine Konfidenzzahl von $\gamma = 0,9$ [4].

$$F_{k,i} = F_{5\%,i} = F_{m,u,i} \cdot (1 - k_s \cdot v_i) \quad (3)$$

Dabei ist k_s der Beiwert zur Berücksichtigung des Stichprobenumfangs n und v_i der Variationskoeffizient. Für eine Konfidenzzahl von $\gamma = 0,9$ und einen Stichprobenumfang von $n = 10$ kann $k_s = 2,57$ angesetzt werden [4]. Obwohl der tatsächliche Stichprobenumfang für die Belastung an einer bzw. zwei Seilschlaufen jeweils $n = 15$ beträgt, wird auf der sicheren Seite liegend $k_s = 2,57$ verwendet, um den 5 %-Fraktilwert der Traglast zu bestimmen. Die sich daraus ergebenden charakteristischen Werte der Traglasten für die Belastung an einer oder beiden Schlaufen sind in Tab. 7 zusammengefasst und in Bild 13 grafisch dargestellt.

Zur Vermeidung von Fehlern bei der Bemessung und späteren Belastung der Lastschlaufenboxen wird empfohlen, den charakteristischen Wert der Traglast einheitlich festzulegen und zu begrenzen. Die empfohlenen Werte sind in Tab. 7 dargestellt.

4.2 Teilsicherheitsbeiwerte

Im Anhang C der ETAG 001 [17] werden die Teilsicherheitsbeiwerte zur Bestimmung des Bemessungswerts des Bauteilwiderstands R_d geregelt (Gl. 3.2, [17]):

Tab. 7 Charakteristische Werte der Traglasten
Characteristic values of the ultimate loads

Belastung an	Charakteristischer Wert der Traglast $F_{k,i}$ [kN]	Empfohlener Wert der charakteristischen Traglast $F_{k,i}$ [kN]
einer Schlaufe $i = 1$	57,7	56,0
beiden Schlaufen $i = 2$	112,4	112,0

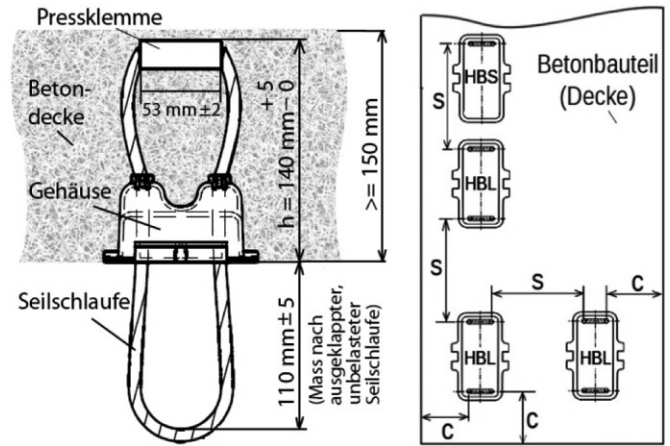


Bild 14 Links: Abmessungen der eingebauten Schlaufenbox; rechts: Abstände der Schlaufenboxen in Betondecken
Left: dimensions of the installed Hitch Box; right: distances between the Hitch Boxes on the concrete slabs

$$R_d = R_k / \gamma_M > E_d \quad (4)$$

Hier bezeichnet R_k den charakteristischen Wert des Tragwiderstands und γ_M den Teilsicherheitsbeiwert. Beim Teilsicherheitsbeiwert wird zwischen zwei Versagensarten unterschieden: Stahlversagen (γ_{Ms}) und Betonversagen (γ_{Mc}). Nach [17] ist γ_{Ms} definiert mit

$$\gamma_{Ms} = \frac{1,2}{f_{yk}/f_{uk}} \geq 1,4, \quad (5)$$

wobei f_{yk} den charakteristischen Wert der Streckgrenze und f_{uk} den charakteristischen Wert der Zugfestigkeit bezeichnet. Davon ausgehend, dass für das Verhältnis aus Zugfestigkeit zur Streckgrenze $f_{uk}/f_{yk} < 1,25$ gilt, kann der Teilsicherheitsbeiwert für Stahlversagen auf $\gamma_{Ms} = 1,5$ festgelegt werden.

Des Weiteren wird nach [17]

$$\gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \quad (6)$$

vorgegeben. Hierbei ist $\gamma_c = 1,5$ der Teilsicherheitsbeiwert für Beton. γ_1 ist der Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung der Streuung der Betonzugfestigkeit und kann nach [4] mit 1,0 gewählt werden [18]. γ_2 beschreibt den Einfluss der Montagesicherheit und ist entsprechend Tab. 8 nach [17] zu wählen; die resultierenden Werte für γ_{Mc} können ebenfalls Tab. 8 entnommen werden.

Da bei den vor dem Betonieren direkt auf der Schalung befestigten Schlaufenboxen im Vergleich zu nachträglich

Tab. 8 Werte für γ_2 und γ_{Mc}
Values of γ_2 and γ_{Mc}

γ_2	γ_{Mc}	Systeme mit
1,0	1,5	hoher Montagesicherheit
1,2	1,8	normaler Montagesicherheit
1,4	2,1	geringer, aber noch ausreichender Montagesicherheit

hergestellten (gebohrten) Ankern von einem System mit hoher Montagesicherheit auszugehen ist, kann der Teilsicherheitsbeiwert für Betonversagen auf $\gamma_{Mc} = 1,5$ festgelegt werden. Da $\gamma_{Mc} > \gamma_{Ms}$ ist, und die Lastschlaufenbox nur als Gesamtsystem eingesetzt wird, kann ein einheitlicher Teilsicherheitsbeiwert für beide Versagensarten von $\gamma_M = 1,5$ angenommen werden.

4.3 Übertragbarkeit der Ergebnisse auf der HBL auf die Personensicherungsbox (HBS)

Die Personensicherungsbox HBS (Hitch Box for Safety) ist baugleich mit der Lastschlaufenbox (HBL – Hitch Box for Load). Der einzige Unterschied besteht darin, dass in der HBS nur eine Seilschleife je Schlaufenbox verbaut ist. Zur besseren Unterscheidung ist die Personensicherungsbox aus rotem Kunststoff gefertigt (Bild 1). Die Personensicherungsbox wurde für ihren Einsatz vom TÜV Süd getestet und freigegeben.

Die beiden Schlaufenboxen sind bis auf die Anzahl der Seilschleifen identisch, so können die Angaben zur Tragfähigkeit der Lastschlaufenboxen (HBL) direkt auf die Personensicherungsboxen (HBS) übertragen werden.

4.4 Anwendung der Schlaufenboxen

In [18] wird der Mindestabstand ($s_{cr,N}$) nach Gl. (2.5) zwischen zwei benachbarten Verankerungselementen auf die dreifache Einbindetiefe (h_{eff}) des einbetonierten Bereiches des Verankerungselements begrenzt (Bild 14, rechts). Der einbetonierte Teil der Seilschleife ist entsprechend der Fertigungstoleranz mindestens 140 mm und maximal 145 mm in der Betondecke eingebunden (Bild 14, links). Die Pressklemme, mit der die Seilenden

zu einer Schlaufe verbunden werden, hat einen Durchmesser von 18 mm. Zur Bestimmung der Einbindetiefe respektive des erforderlichen Mindestabstands der Schlaufenboxen zueinander wird die Einbindetiefe mit

$$h_{eff} = 145 - \frac{18}{2} = 136 \text{ [mm]} \quad (7)$$

definiert. Die dreifache Einbindetiefe folgt mit $s_{cr,N} = 408$ mm. Dementsprechend wird der Abstand zweier benachbarter Schlaufenboxen auf $s = 410$ mm begrenzt (Bild 14, rechts).

Wird die Schlaufenbox im Bereich freier Deckenränder eingebaut, so ist ein Abstand der Box zum Deckenrand ($c_{cr,N}$ nach Gl. (2.6) [19]) von 1,5facher Einbindetiefe (h_{eff}) einzuhalten. In diesem Fall beträgt der Abstand $c_{cr,N} = 204$ mm und wird folgend auf $c = 205$ mm begrenzt (Bild 14, rechts). Bei der Verwendung der Schlaufenbox im Bereich linienförmiger Lagerung von Decken ist kein Mindestabstand zum Auflager einzuhalten. In diesem Fall wirkt die Lagerung begünstigend auf das Tragverhalten, da sich eine direkte Abstützung (Betondruckstrebe) zwischen Verankerungselement und Lagerung ausbilden kann.

5 Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Entwicklung einbetonierter Stahlseilschleifen und der Bestimmung derer Traglasten mit dem Ziel der Bauproduktzulassung vom DIBt [3]. Es werden die wesentlichen Schritte der Versuchsdurchführung dargestellt. Des Weiteren wird kurz aufgezeigt, wie die Versuche nachgerechnet werden können und an welcher Stelle numerische Untersuchungen angewendet werden könnten. Abschließend wird ein Bemessungsvorschlag, basierend auf den aktuellen europäischen Regelungen [4], hergeleitet.

Dank

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. V. SIGRIST vom Institut für Massivbau der Technischen Universität Hamburg-Harburg sowie dem Deutschen Institut für Bautechnik für die Unterstützung bei der Durchführung des Forschungsprojekts.

Literatur

- [1] EOTA – European Organisation for Technical Approvals: *ETAG 001 – Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors For Use in Concrete – Annex A: Details of Tests*. Brussels 2006.
- [2] WILLE, F.: *Charakteristik und Modellbildung des Verbundtragverhaltens von einlagigen Rundlitzenseilen in Beton*. Dissertation BTU Cottbus, 2004.
- [3] Deutsches Institut für Bautechnik: *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Nr.: Z-21.8-1988 – Hitch Box for Load (HBS) und Hitch Box for Safety (HBS)*. Berlin 2013.
- [4] EOTA – European Organisation for Technical Approvals: *ETAG 001 – Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors For Use in Concrete – section one*. Brussels 1997.
- [5] SIA 262/1:2003: *Betonbau – Ergänzende Festlegungen*. Zürich 2003.
- [6] Deutsches Institut für Normung e.V, DIN 1048-5:1991: *Prüfverfahren für Beton – Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper*. Berlin 1991.

- [7] MARTI, P.: *Size Effect in Double-Punch Tests on Concrete Cylinders*. ACI Materials Journal, Vol. 86, No. 6, Nov.–Dec. 1989, p. 567–601.
- [8] BORKOWSKI, G.; THOMA, K.; SIGRIST, V.; WASNER, J.: *Traglastversuche zum Ausziehen von Lastschlaufen – Phase 3*. Versuchsbericht, Hochschule Luzern Technik & Architektur, Kompetenzzentrum Konstruktiver Ingenieurbau, 2012.
- [9] Abaqus 6.12: *Abaqus Online Dokumentation*. Dassault Systems Simulia Corp., 2009.
- [10] LUBLINER, J.; OLIVER, J.; OLLES, S.; ONATE, E.: *A plastic-damage model for concrete*. International Journal of Solids and Structures 25(3) (1989), S. 299–326.
- [11] LEE, J.; FENVES, G. L.: *Plastic-damage model for cyclic loading of concrete structures*. Journal of Engineering Mechanics 124(8) (1998), S. 892–900.
- [12] HILLERBORG, A.: *Analysis of one single crack*, Fracture mechanics of concrete. Amsterdam 1983.
- [13] HILLERBORG, A.; MODÉER M.; PETERSON, P.-E.: *Analysis of crack formation and growth in concrete by means of fracture mechanics and finite elements*. Cement and Concrete research 6 (1976), S. 773–781.
- [14] BIRTEL, V.; MARK, P.: *Parameterised finite element modelling of RC beam shear failure*. Abaqus Users' Conference, Boston 2006, S. 95–108.
- [15] MARK, P.; BENDER, M.: *Computational modelling of failure mechanisms in reinforced concrete structures*. Architecture and Civil Engineering Vol. 88 (1) (2010), S. 1–12.
- [16] PLATE, E. J.: *Statistik und angewandte Wahrscheinlichkeitslehre für Bauingenieure*. Berlin: Ernst & Sohn 1993.
- [17] EOTA – European Organisation for Technical Approvals: *ETAG 001 – Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors For Use in Concrete – Anhang C: Bemessungsverfahren für Verankerungen*. Brussels 1997.
- [18] ELIGEHAUSEN, R.; APPL, J.; LEHR, B.; MESZAROS, J.; FUCHS, W.: *Tragverhalten und Bemessung von Befestigungen mit Verbunddübeln unter Zugbeanspruchung – Teil 2: Dübelgruppen und Befestigungen am Bauteilrand*. Beton- und Stahlbetonbau 100 (2005), Heft 10, S. 856–864.
- [19] EOTA – European Organisation for Technical Approvals: *ETAG 001 – Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors For Use in Concrete – Annex B: Tests for Admissible Service Conditions – detailed information*. Brussels 2006.

Autoren



Dipl.-Ing Gregor Borkowski
Hochschule Luzern
Technik & Architektur
Technikumstr. 21
6048 Horw, Schweiz
gregor.borkowski@hslu.ch



Prof. Dr. Karel Thoma
Hochschule Luzern
Technik & Architektur
Technikumstr. 21
6048 Horw, Schweiz
karel.thoma@hslu.ch



Dipl.-Ing. (HTL) Rudolf Lehmann
Jakob AG Rope Systems
3555 Trubschachen, Schweiz
rudolf.lehmann@jakob.ch



Franz Müller
Schindler Aufzüge AG
Zugerstr. 13
6030 Ebikon, Schweiz
franz.mueller@ch.schindler.com