

Empa  
Überlandstrasse 129  
CH-8600 Dübendorf  
T +41 44 823 55 11  
F +41 44 821 62 44  
www.empa.ch



Materials Science & Technology

Herr  
Urs Gassmann & Partner  
Unternehmensberater GmbH  
Trottenstrasse 13  
8400 Winterthur



## Prüfbericht Nr. 444'777-1

(Ersetzt Prüfbericht Nr. 444'136)

<b>Prüfauftrag:</b>	<b>Statischer Versuch an Betondecke mit Akustikeinlage</b>
Auftraggeber:	Urs Gassmann & Partner
Prüfobjekt:	Betondecke mit Akustikeinlage
Kundenreferenz:	Herr Urs Gassmann
Ihr Auftrag vom:	03.11.2006
Eingang des Prüfobjektes:	14.11.2006
Ausführung der Prüfung:	12. / 13.12.2006
Anzahl Seiten:	24
Beilagen:	

---

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt  
Dübendorf, 16. Januar 2007

Prüfleiter / Prüfleiterin:  
Dr. Daniel Gsell

Abteilungsleiter / Abteilungsleiterin:  
i.V. Dr. Glauco Feltrin



## Zusammenfassung

Eine Betonplatte mit Akustikeinlage wurde an der Empa in einem Biegeversuch auf ihr mechanisches Verhalten untersucht. Die Platte wurde zuerst auf Gebrauchslastniveau belastet und in einem zweiten Versuch bis auf 20 mm Durchbiegung in Plattenmitte verformt. Zudem wurden an kleineren Proben Festigkeitsuntersuchungen durchgeführt.

Die Untersuchungen an der Gesamtstruktur zeigen, dass das System selbst unter 5-facher Gebrauchslast absolut intakt bleibt. Feine Risse, welche sich in der Betondecke bilden, zeigen sich auch im Putz auf der Akustikeinlage. Steifigkeitsuntersuchen an Proben der Akustikeinlage zeigen einen niedrigen E-Modul (ca. 2 Grössenordnungen kleiner als derjenige von Beton), somit erfährt die Akustikeinlage im eingebauten Zustand unter Belastung, keine grossen mechanischen Beanspruchungen. Zur Untersuchung des Verbundverhaltens wurden Bohrzylinder aus der Betondecke genommen. Die durchgeführten Haftzugversuche zeigen eine bei weitem ausreichende Haftzugfestigkeit des Verbundes Akustikeinlage - Betondecke.

## 1 Auftrag

Die Abteilung Ingenieur-Strukturen der Empa (Eidgenössische Material Prüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf) beauftragt, statische Versuche an einer Betonplatte mit einer so genannten Akustikeinlage durchzuführen. Ziel der Untersuchungen ist es, das mechanische Verhalten der Akustikeinlage experimentell zu untersuchen. Speziell sollte das Verhalten der Akustikeinlage während der Rissbildung im Beton sowie das Verbundverhalten zwischen der Einlage und der Betondecke beobachtet werden.

## 2 Prüfobjekt

Der Geometrie des Prüfkörpers wurde dem geplanten Bauobjekt entsprechend gewählt. Die Länge betrug 5.00 m, die Breite 1.70 m und die Dicke 0.40 m. Die Stärke der Akustikeinlage, ein mit einem PU-Kleber gebundener Quarzsand, beträgt 0.05 m. Die Armierung wurde gemäss Vorgaben des projektierenden Ingenieurs, Herrn B. Thösen vom Ingenieurbüro Rolf Soller AG in Kreuzlingen, eingebaut. Der Armierungsplan ist in Bild 1 abgebildet. Der Probekörper wurde im Betonierraum der Empa unter Laborbedingungen hergestellt. Schalungs- und Betonierarbeiten wurden von der Firma Huber Baugeschäft AG ausgeführt, während die Akustikeinlage durch die Firma ctw-Strassenbaustoffe AG eingebaut wurde. Die Schalung wurde am 9.11.2006 hergestellt und die Akustikeinlage am folgenden Tag. Am Montag 13.11.2006 wurde auf die Akustikeinlage ein spezieller Mörtel aufgebracht, welcher verhindern soll, dass die Betonbojake die Poren der Akustikeinlage füllt. Die Oberfläche dieser Schicht wurde aufgeraut, um einen guten Verbund zum Beton zu erhalten. Am Dienstag 14.11. wurde die Armierung eingelegt und anschliessend der Beton eingebracht. Zur Simulation von Haustechnikeinlagen, wurde eine Lüftungsrohr-, eine Sprinkleratruppe etc. in das Prüfobjekt integriert. Nach einer Woche wurde die Decke ausgeschalt und der Putz wurde auf die Akustikeinlage aufgebracht. Der Herstellungsprozess ist in Bild 2 ersichtlich.

Neben dem Prüfobjekt selbst wurden zusätzlich 2 Betonwürfel mit Kantenlänge 150mm sowie 6 Prismen (40/40/160mm) aus dem mit PU-Kleber gebundenen Quarzsand hergestellt. Diese Proben wurden zur Festigkeitsuntersuchung gebraucht.

## 3 Konzept der durchgeführten Tests

Um das Systemverhalten zu untersuchen wurden Versuche an der ganzen Platte durchgeführt. Zudem sind kleine Proben der verwendeten Materialien auf ihre mechanischen Eigenschaften untersucht worden.

### 3.1 Systemversuche

Nach SIA-Normen müssen grundsätzlich zwei Nachweise für tragende Bauteile geführt werden: der Nachweis der Tragfähigkeit und der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit. Ersterer zeigt dass das Bauteil der geforderten Belastung (hier  $6.5 \text{ kN/m}^2$  gemäss projektierendem Ingenieur) standhält und letzterer dass die Deformationen in innerhalb gewisser Grenzen bleiben. In Gebäuden betragen diese gemäss SIA 260:

Maximale Durchbiegung = Spannweite/300. Basierend darauf, wurden mit dem Versuchskörper zwei Experimente durchgeführt:

- Die Platte wurde mit einer äquivalenten Flächenlast von **8.0 kN/m<sup>2</sup>** belastet. Die Last wurde während ca. 20 Stunden gehalten. Dadurch wird die maximale Beanspruchung im eingebauten Zustand simuliert.
- Die Platte wurde auf eine maximale Durchbiegung von **20 mm** verformt. Dadurch werden die maximalen Krümmungen simuliert.

Der erste Versuch wurde am Dienstag 12.12.2006 am Morgen durchgeführt. Auf die maximale Durchbiegung wurde der Versuchskörper am folgenden Tag gedrückt.

Gemessen wurden die Verschiebungen der Platte an vier Stellen (Bild 3). Diese Verschiebungsmessungen wurden mit induktiven Wegaufnehmern von HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH) des Types HBM W10TK (Empa LOG-Nr. 40.160, Sensoren 13856 und 13857) und HBM W20TK (Empa LOG-Nr. 40.180, Sensoren 5320 und 5321) gemacht, siehe Bild 4 oben.

Zudem wurden gemittelte Dehnungen über eine Strecke von 10 cm gemessen. Dazu wurden jeweils zwei kleine Bolzen im Abstand von 10 cm auf den Versuchskörper geklebt. An einem Bolzen wurde jeweils ein Sylvac P25 (Sylvac SA, Crissier, CH, Empa LOG-Nr. 30.420, Sensoren 1 – 6) Weggeber befestigt, der die relative Verschiebung zum anderen Bolzen misst (Bild 4 unten). Wie in Bild 3 ersichtlich ist, wurden drei dieser Sensoren so angeordnet, dass sie den Übergang Akustikeinlage – Betondecke überbrücken [1.1, 1.2. und 1.4]. Damit können allfällige Relativverschiebungen detektiert werden. Längs zum Plattenbalken, auf der Unterseite, wurden die Dehnungen auf dem Beton [1.5] und auf der Akustikeinlage [1.3] gemessen. Somit kann das unterschiedliche Verhalten Beton – Akustikeinlage studiert werden. Zusätzlich war einer dieser Sensoren [1.4] auf der Oberseite der Platte angeordnet. Dieser misst die Druckstauchungen im Beton.

Optisch wurde die Rissbildung während des ganzen Versuches beobachtet und die Risse entsprechend angezeichnet.

### 3.2 Versuche an kleinen Proben

Um das Verbundhalten Beton - Akustikeinlage quantitativ zu Beurteilen, wurden nach den Belastungsversuchen sechs Bohrzylinder aus der Platte entnommen. Je drei Stück aus dem Bereich mit den grössten auftretenden Querkräften und je drei im Bereich grosser Momente. An diesen Proben wurden Haft-Zug-Versuche durchgeführt. Dies sind bei diesem Deckenaufbau wohl die wichtigsten Versuche, um die Sicherheit des Systems zu beurteilen. Es geht darum zu zeigen, dass der Verbund zwischen der Decke und der Akustikeinlage noch intakt und ausreichend ist, nachdem eine Überbeanspruchung des Systems stattgefunden hat. Resultate sind in Kapitel 5.3.1 zu finden.

An den kleinen Prismen aus dem mit PU-Kleber gebundenen Quarzsand wurden Biegezug- und Druckfestigkeitsprüfungen durchgeführt. Zudem wurde versucht eine Grössenordnung des E-Moduls zu

bestimmen. Mit Kenntnis des E-Moduls, kann abgeschätzt werden, wie stark die Akustikeinlage im Verbund mit dem Beton mithilfe die Lasten abzutragen und somit wie stark diese beansprucht wird beziehungsweise wie grosse Schubspannungen von der Betondecke auf die Akustikeinlage übertragen werden müssen.

Um den Beton zu charakterisieren, wurde an zwei Würfeln mit 150mm Kantenlänge die Druckfestigkeit bestimmt.

Alle diese Versuche sind von der Empa Abteilung Beton/Bauchemie durchgeführt worden.

## 4 Versuchsaufbau

### 4.1 Vorgaben aus dem Prüfkörper

Zwei wichtige Parameter die den Prüfaufbau beeinflussen sind das Riss- und das Fliessmoment. Folgende Werte bezüglich der verwendeten Werkstoffe und Geometrie wurden angenommen:

	Symbol	Rechenwert	Einheit
Zugfestigkeit Beton:	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Fliessspannung Stahl:	$f_{sk}$	600	N/mm <sup>2</sup>
Fläche Stahl (Zug):	$A_s$	1793	mm <sup>2</sup>
Statische Höhe:	$d'$	300	mm

Die Fläche des Stahles welcher auf Zug beansprucht ist, setzt sich zusammen aus den 10 Stäben mit Durchmesser 14 mm und dem Armierungsnetz auf welches die Tabs montiert sind. Die statische Höhe  $d'$  wurde als 300 mm angenommen, da die Druckzone des Betons bei der hier vorhandenen Stahlfläche klein ist (Grössenordnung 20 mm). Somit ergibt sich:

- $M_{Riss} = \frac{bh^2}{6} \cdot f_{ctm} = 110 \text{ kNm}$
- $M_{Fliess} = A_s \cdot f_{sk} \cdot d' = 323 \text{ kNm}$

Die Lagerung der Platte wurde aufgrund der Situation im Bauprojekt mit vier Kipplagern realisiert, die in den Ecken der Platte angeordnet sind (Bild 5).

### 4.2 Realisierter Aufbau

Experimentell wurden die benötigten Lasten mit Hilfe von Hydraulikzylindern kontrolliert in die Platte eingeleitet. Wie Bild 5 zeigt, wurden drei gleiche Zylinder (Hydrel 2NKX, Empa LOG-Nr. 50.100) verwendet, welche eine maximale Kraft von 150 kN erzeugen können. Die drei Zylinder wurden mit demselben Öldruck versorgt, wodurch sie dieselbe Kraft erzeugen. Die aufgebrachte Kraft wurde mit einem 150kN DMS-Zug-Druck-Kraftaufnehmer gemessen. Es handelt sich dabei um eine Empa-

Eigenproduktion (LOG-Nr- 40.760, Z/D 144). Ein Zylinder ist in der Mitte und die beiden anderen je 1.0m zu beiden Seiten angeordnet. Die Kraft, welche pro Zylinder eingebracht wurde, wird mit **P** bezeichnet. In Bild 6 sind die Beanspruchung, gerechnet für einen einfachen Balken, dargestellt. Die maximale Querkraft beträgt somit 225 kN und das maximale Moment 375 kNm.

### 4.3 Messdatenerfassung

Die Wegaufnehmer sowie die Kraftmessdose wurden mit dem Messdatenerfassungssystem MGCplus von HBM gespeisen. Die analogen Messsignale wurden im selben System digitalisiert und aufgezeichnet. Eine Abtastfrequenz von 2 Hz wurde gewählt.

## 5 Durchgeführte Versuche und Resultate

### 5.1 Belastungsversuch mit den Gebrauchslasten

Am Dienstag 12.12.2006 wurde die Decke mit der Akustikeinlage erstmals belastet. Dabei wurde die Last pro Zylinder mit einer Geschwindigkeit von ca. 0.03 kN/s stufenweise erhöht. Zwischen den Stufen wurde jeweils 60s gewartet und der Probekörper auf allfällige Risse untersucht.

	q [kN/m <sup>2</sup> ]	P [kN]	P <sub>tot</sub> [kN]
Laststufe 1.0	0.00	0.00	0.00
Laststufe 1.1	1.00	2.83	8.50
Laststufe 1.2	2.00	5.67	17.00
Laststufe 1.3	3.00	8.50	25.50
Laststufe 1.4	4.00	11.33	34.00
Laststufe 1.5	6.00	17.00	51.00
Laststufe 1.6	8.00	22.67	68.00

Tabelle 1: Laststufen beim Versuch mit Gebrauchslasten.

Die Verschiebungen der Platte sind in Bild 7 gegenüber der aufgebrachten Kraft dargestellt. Das System verhält sich fast linear elastisch. Es wurden **keine Risse** beobachtet, weder im Beton noch in der Akustikeinlage. Bei den einzelnen Laststufen, wo jeweils die Last gehalten wurde, können kleine Kriech-Verformungen beobachtet werden. Diese zeigen sich ausgeprägt bei der letzten Laststufe, wo die Last während fast 22 Stunden gehalten wurde. In Bild 8 sind die Verformungen der Platte über die Zeit aufgetragen. Hier zeigt sich das für Beton typische Kriechverhalten. Bis zu einer Verformung von 0.6 mm (Weg 3 und Weg 4) wurde die Last noch gesteigert. Anschliessend wurde das Lastniveau gehalten während die Verformungen zu Beginn noch schnell, dann immer langsamer anwachsen. Damit ergibt sich bei einer Flächenlast von 8 kN/m<sup>2</sup>:

- eine Kurzzeitverformung: **0.60 mm**
- eine „Langzeitverformung“: **0.79 mm** (noch am Kriechen)

Bild 9 zeigt die gemessenen Dehnungen 1 bis 6 über die Zeit aufgetragen. Gut ersichtlich im Diagramm ist, dass das Messsystem nahe an seiner Auflösungsgrenze ( $10^{-3}$  %) arbeitet. Ein Vergleich der Dehnung 5 (Beton) und Dehnung 3 (Akustikeinlage) zeigt sehr deutlich, dass durch die sehr kleine Steifigkeit der Akustikeinlage ihre Randfaserdehnungen kleiner sind.

## 5.2 Belastungsversuch auf maximale Durchbiegung

Am Morgen des 13.12.2006 wurde die Platte wieder entlastet und einige Stunden ruhen gelassen, so dass sie wieder in die Ausgangslage zurück kriechen konnte. Anschliessend wurde die Last wieder stufenweise erhöht, mit einer Geschwindigkeit von ca. 0.03 kN/s. Zwischen den Stufen wurde jeweils 5 Minuten gewartet und um den Probekörper auf Risse zu untersuchen, diese nachzuzeichnen und zu photographieren.

	q [kN/m <sup>2</sup> ]	P [kN]	P <sub>tot</sub> [kN]
Laststufe 2.0	0.00	0.00	0.00
Laststufe 2.1	7.06	20.00	60.00
Laststufe 2.2	14.12	40.00	120.00
Laststufe 2.3	21.18	60.00	180.00
Laststufe 2.4	28.24	80.00	240.00
Laststufe 2.5	35.29	100.00	300.00
Laststufe 2.6	42.35	120.00	360.00
Laststufe 2.7	51.35	145.50	436.50
Laststufe 2.8	0.00	0.00	0.00

Tabelle 2: Laststufen beim Versuch auf maximale Durchbiegung.

Die aufgezeichneten Kraft-Verschiebungsdiagramme der Plattenverschiebungen 1 bis 4 sind in Bild 10 dargestellt. Bild 11 zeigt die aufgezeichneten Dehnungen und Bild 12 die Entwicklung des Rissbildes während des Versuches. Bis zur geschätzten Risslast von  $P = 40$  kN (entspricht  $M_{\text{Riss}} = 110$  kNm) zeigt der Versuchskörper ein steifes linear elastisches Verformungsverhalten. Durch das Entstehen erster Risse nimmt die Biegesteifigkeit deutlich ab, bis wiederum ein linearer Anstieg erfolgt. Die ersten Risse (Bild 12, oben links) sind nur auf der Betonoberfläche zu erkennen, nicht aber auf dem Putz. Bei einer Last von  $P = 60$  kN zeigen sich erstmals auch sehr feine Haarrisse im Putz (Bild 12, mitte rechts).

Deutlich zu sehen sind die Kriechverformungen zwischen den einzelnen Laststufen. Oberhalb der Laststufe 2.6 ( $P = 120$  kN) beginnt das System sich erneut weicher zu verhalten. Die Fließlast  $P_{\text{Fließ}} = 130$  kN (entspricht  $M_{\text{Fließ}} = 323$  kNm) ist langsam erreicht. Bei einer Kraft pro Zylinder  $P = 145.5$  kN ist eine Verformung in der Mitte der Platte von 20 mm erreicht worden. Anschliessend wurde vollständig entlastet. Die bleibende Deformation von 6.5 mm deutet darauf hin, dass bleibende plastische Verformungen erzeugt wurden.

Die Dehnungen 1 und 2, das heisst die Relativverschiebungen, die über den Übergang Beton-Akustikeinlage gemessen wurden, sind sehr klein. Der Vergleich der Längsdehnungen auf der Akustikeinlage und dem Beton (Dehnungen 3 und 5) zeigt wiederum grössere gemessene Dehnungen auf

dem Beton. Da sich ein Riss durch den Messbereich 5 gebildet hatte (Bild 12, unten rechts) flacht die Kurve nach Erreichen der Fließlast stärker ab als in Dehnung 3.

Während die volle Last aufgebracht war als auch nach dem Entlasten, konnte am System Akustikeinlage keinen grösseren Schaden beobachtet werden. Das System war noch intakt.

## 5.3 Versuche an kleinen Materialproben

### 5.3.1 Haftzugversuche an Bohrkernen

Es wurden 6 Bohrzylinder mit Durchmesser 10 cm genommen. In Bild 13 oben ist die Entnahme sowie die Orte der Bohrungen abgebildet. Aus den ganzen Zylindern wurde je eine Scheibe der Stärke 5 cm, welche die Verbundfläche beinhaltet, geschnitten. Auf diese Schnittflächen wurden Kopplungsstücke für die Zugmaschine geklebt und anschliessend in die Maschine eingespannt (Bild 13, Mitte rechts). Die Proben wurden weggesteuert belastet. Das heisst es wurde den Probekörpern eine Verformung aufgezwungen und die benötigten Kräfte gemessen. Die Kraft-Verformungsdiagramme sind in Bild 14 dargestellt. Die Belastungsgeschwindigkeit betrug 0.02 mm/s. Die Maximalwerte der Kraft betragen, mit einer Ausnahme, alle über 3 kN, ein Wert liegt leicht darunter. Auf eine Einheitsfläche reduziert ergibt das maximal zulässige Spannungen von 0.4 N/mm<sup>2</sup>. Gebrochen sind die Proben alle an der Grenzfläche PU gebundener Quarzsand und der Mörtelschicht.

### 5.3.2 Versuche an Proben der Akustikeinlage

Alle Versuche wurden in Prüfmaschinen gefahren, wie sie standardmässig für Mörtel eingesetzt werden.

Die Resultate der Biegezug- und der Druckversuche an den 40/40/160mm Prismen aus dem PU-Kleber gebundenen Quarzsand sind in Bild 15 dargestellt. Der Mittelwert der Druckfestigkeit beträgt 4.8 N/mm<sup>2</sup> und der Mittelwert der Biegezugfestigkeit 2.2 N/mm<sup>2</sup>. Die Dichte der Akustikeinlage beträgt 1511 kg/m<sup>3</sup>.

Die Versuche zur Bestimmung der E-Moduln gestalteten sich einiges schwieriger, da die untersuchten Proben sehr weich sind. Es können deshalb nur Grössenordnungen angegeben werden. Somit liegen die E-Moduln zwischen 10 und 100 N/mm<sup>2</sup>. Im Vergleich zu einem Beton mit 30'000 N/mm<sup>2</sup> ist dies ein sehr niedriger Wert.

### 5.3.3 Würfeldruckfestigkeit Beton

Die Würfeldruckfestigkeit des Betons der Betonplatte beträgt 51 N/mm<sup>2</sup> (Bild 17).

## 6 Diskussion

Unter Laborbedingungen können die folgenden Aussagen zum kurzzeitigen Systemverhalten der Akustikeinlage gemacht werden:

- Die Herstellung des Versuchskörpers erfolgte problemlos. Die Temperaturen die beim Abbinden des Betons entstehen, sowie die Belastung durch den Beton beeinträchtigen die Funktionstüchtigkeit des Systems nicht.

- Das System sowie auch der Verbund zwischen Akustikeinlage und Betondecke bleibt unter den aufgetragenen Belastungen und den aufgezwungenen Verformungen absolut intakt. Zum Erreichen der maximalen Verformungen wurde die Decke mit dem 6.5-fachen der Gebrauchslast belastet.
- Risse zeigen sich zuerst im Beton selbst, können bei Erhöhen der Last dann auch im aufgetragenen Putz als sehr feine Haarrisse beobachtet werden. Erst bei grossen Verformungen öffnen sich diese stärker. Entlang der horizontalen Grenzen Akustikeinlage und Beton konnten keine Risse beobachtet werden.
- Der Verbund zwischen Akustikeinlage und Betondecke wurde nach der Belastung des Systems an Bohrzylindern mit Hilfe von Haftzugversuchen untersucht. Die gemessenen Haftzugfestigkeiten von  $0.4 \text{ N/mm}^2$  sind bei weitem ausreichend. Die durch die statische Last der Akustikeinlage auftretenden Zugspannungen liegen in der Grössenordnung von  $0.001 \text{ N/mm}^2$ .
- Die Steifigkeit (E-Modul) der Akustikeinlage ist sehr tief. Das bedeutet, dass sich die Einlage den Verformungen der Decke anpasst, ohne selbst eine hohe mechanische Beanspruchung zu erfahren. Dadurch trägt die Akustikeinlage kaum zum Tragverhalten des Deckensystems bei. Somit ist die Schubbeanspruchung der Übergangsschicht auch klein. Die durch Schwinden und Kriechen des Beton auftretenden Verformungen, werden von der Akustikeinlage problemlos mitgemacht.

## 7 Abbildungen

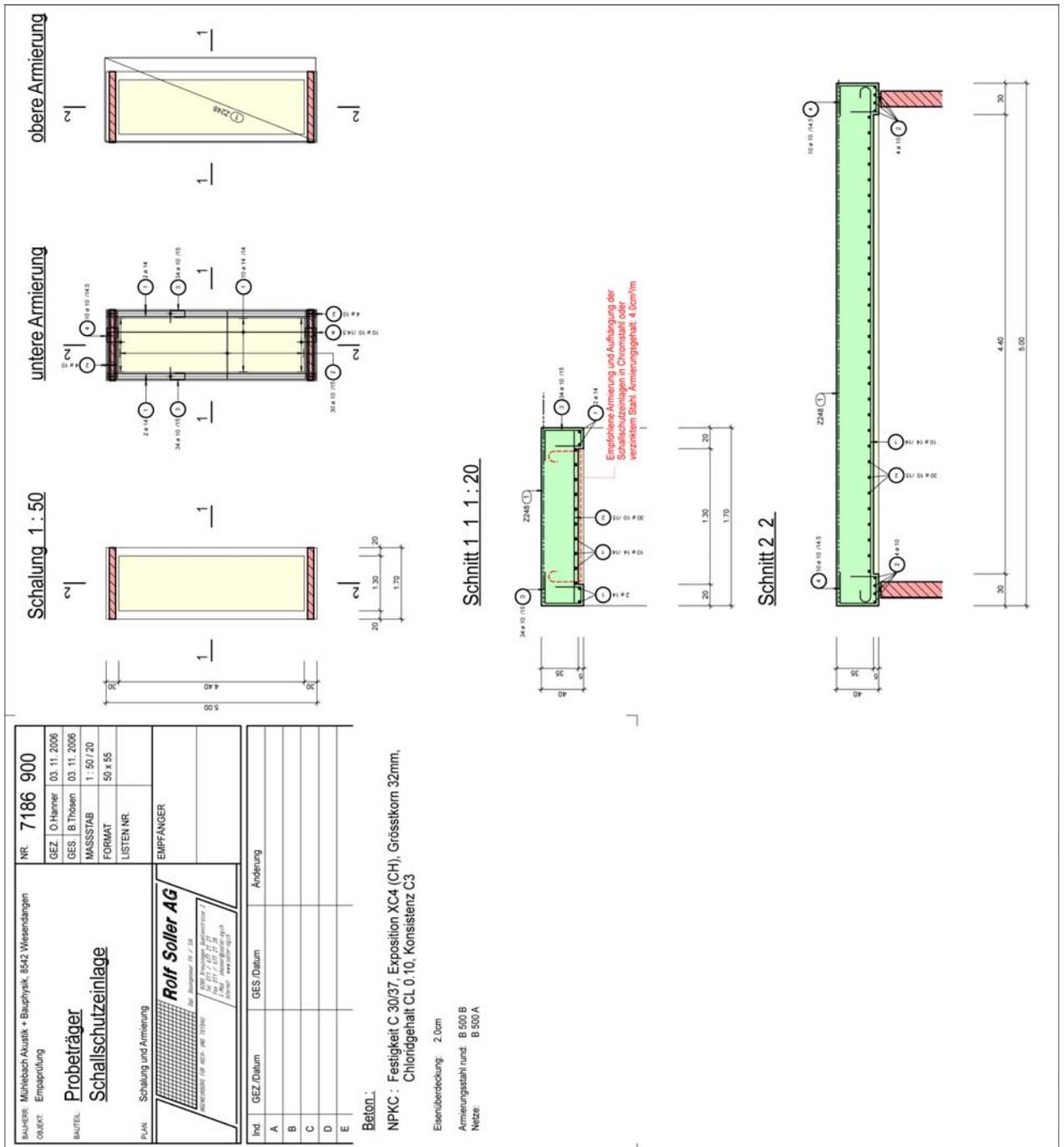


Bild 1: Armierungspläne des Versuchskörpers mit der Akustikeinlage.



Bild 2: Herstellung der Betondecke mit der Akustikeinlage. Von oben links: Schalung – einbringen der Akustikeinlage – Akustikeinlage mit Haustechnikattrappen – Zwischenschicht – Armierung der Decke – Betonieren und vibrieren der Decke – Herstellen der Prüfwüfel.

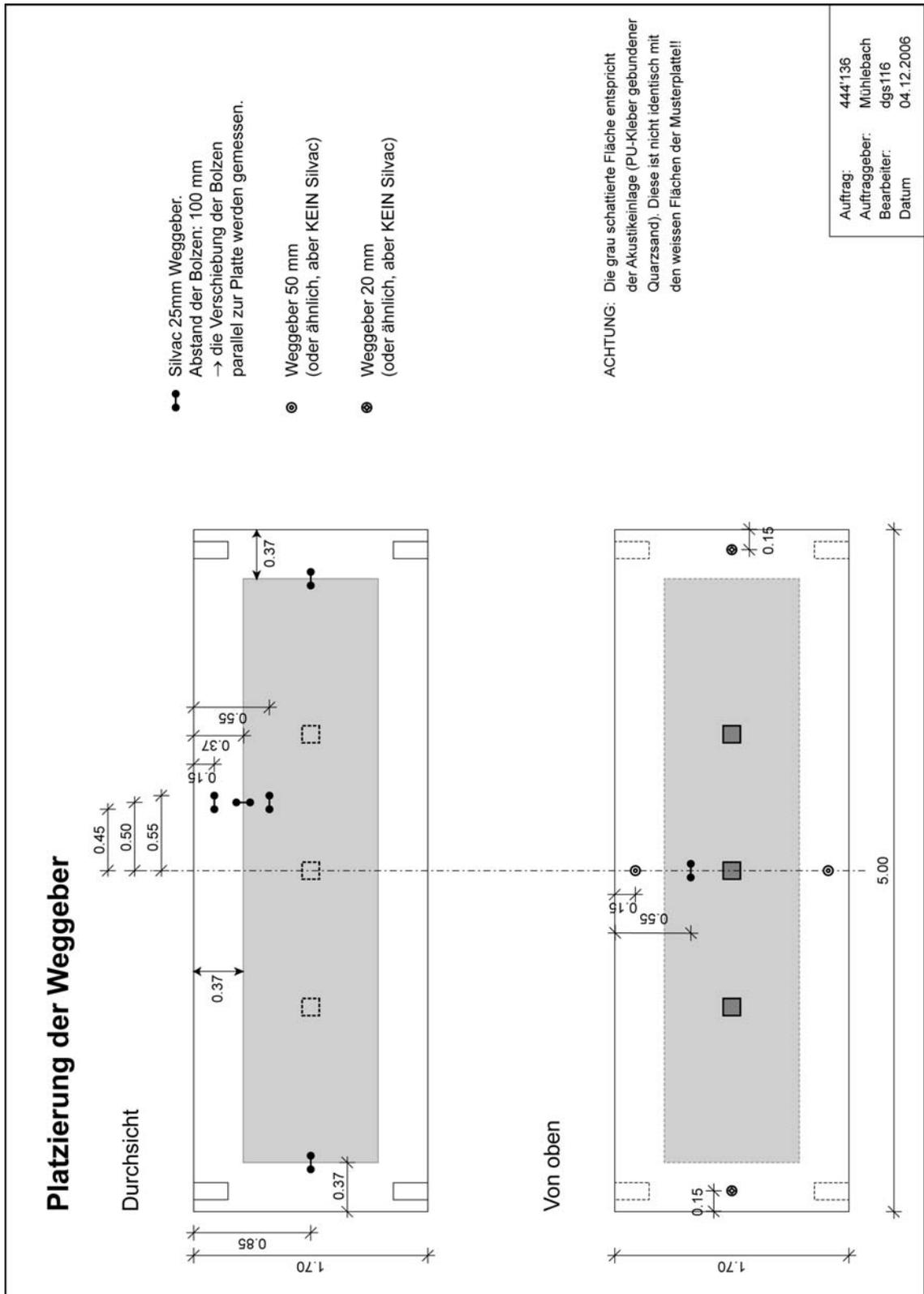


Bild 3: Anordnung der Weggeber auf und unter dem Versuchskörper.

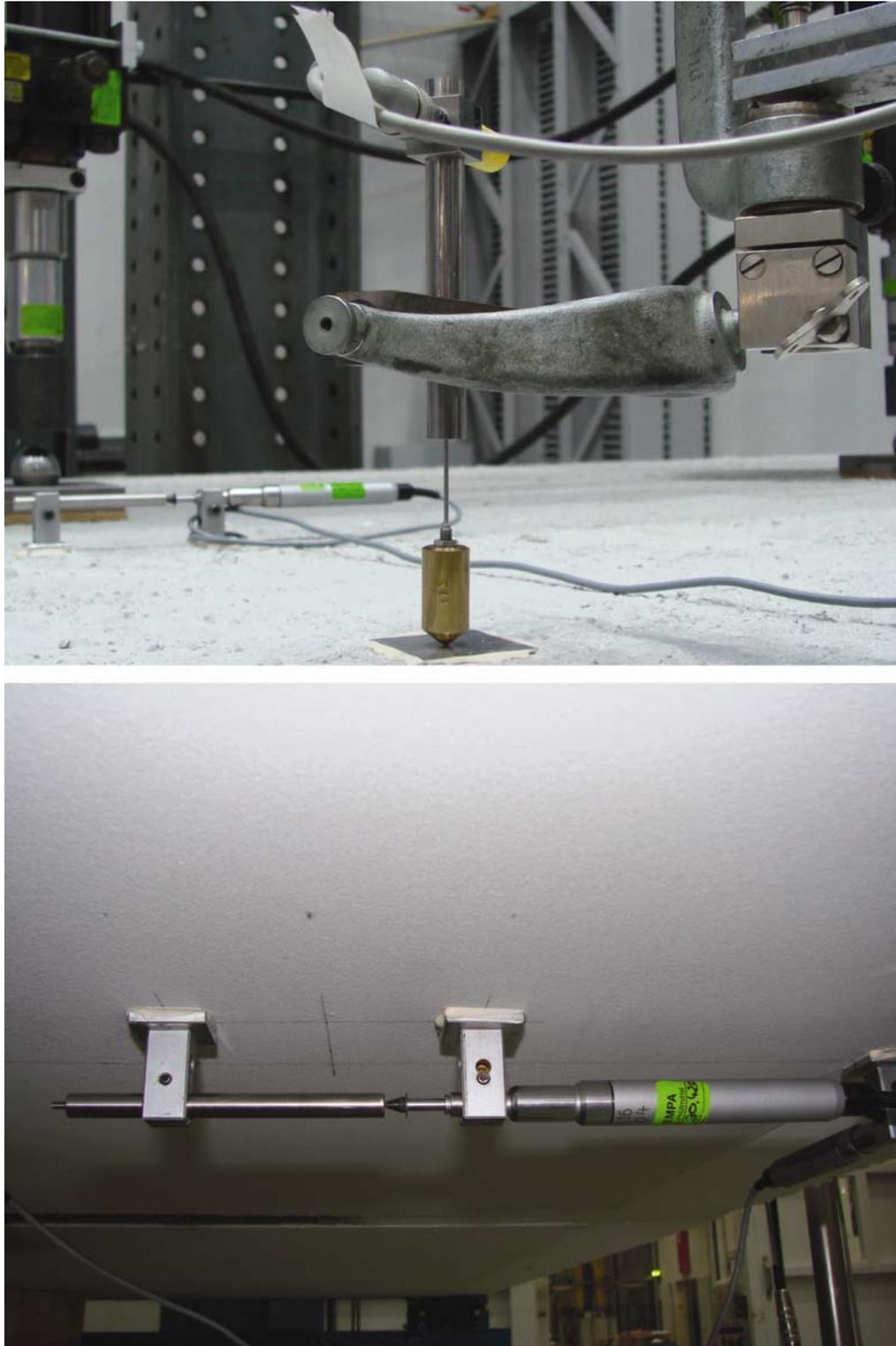


Bild 4: Verwendete elektrische Wegaufnehmer.  
Oben: HBM W20TK zur Messung der Durchbiegungen der Platte.  
Unten: Sylvac P25 zur Messung gemittelter Dehnungen über eine Strecke von 10cm.

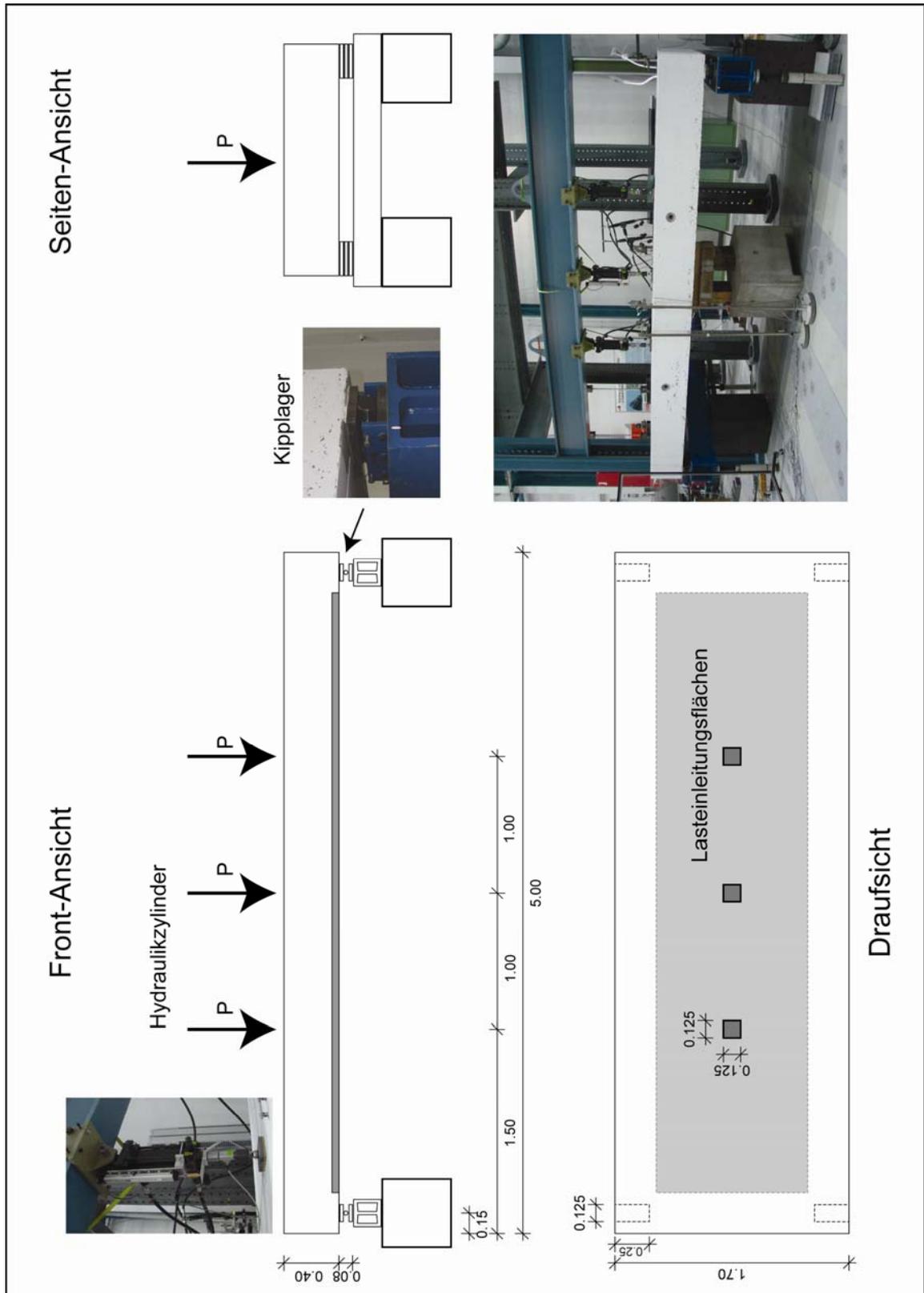


Bild 5: Prüfaufbau mit Hydraulikzylindern und den verwendeten Kipplagern.

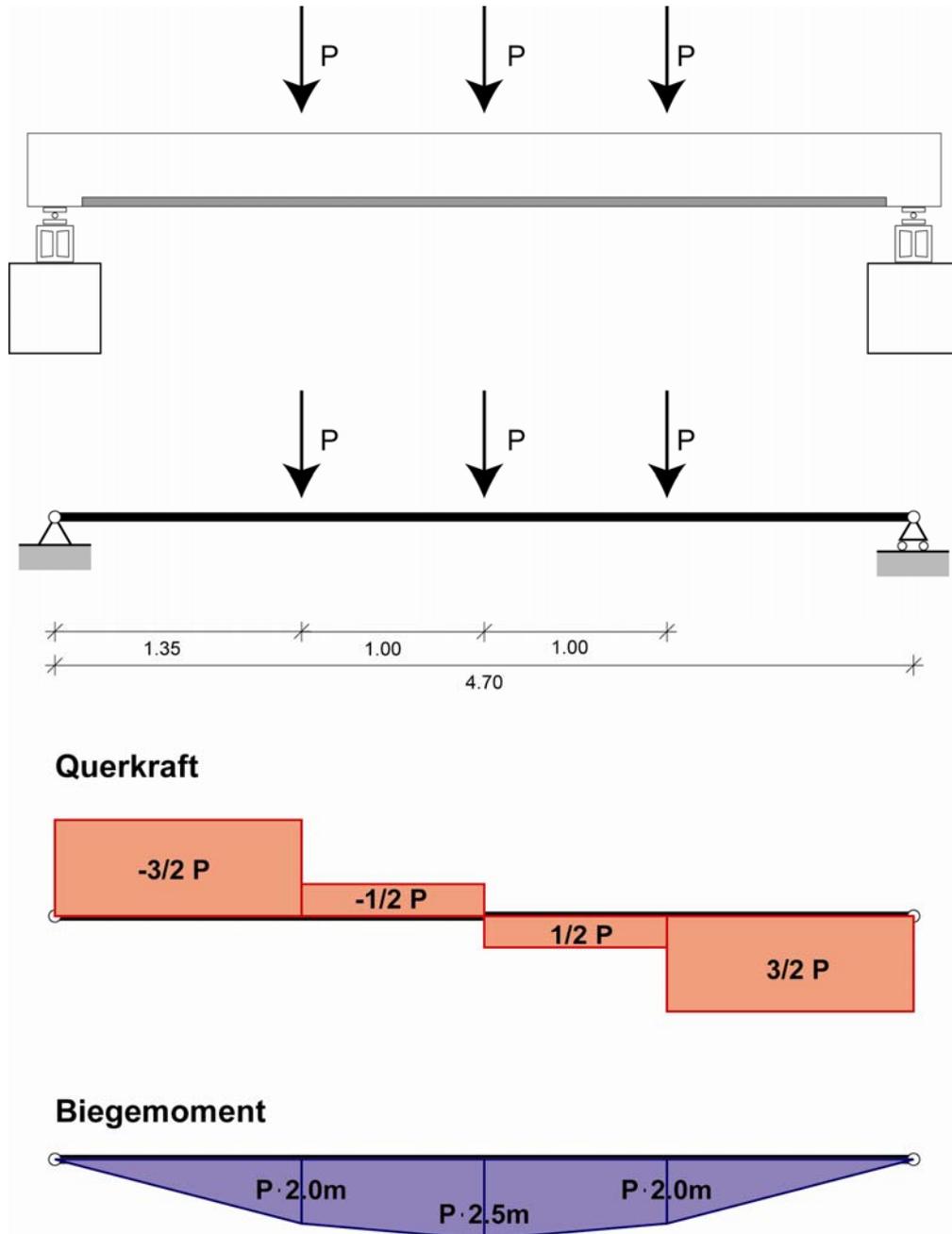


Bild 6: Statisches System und Belastung.

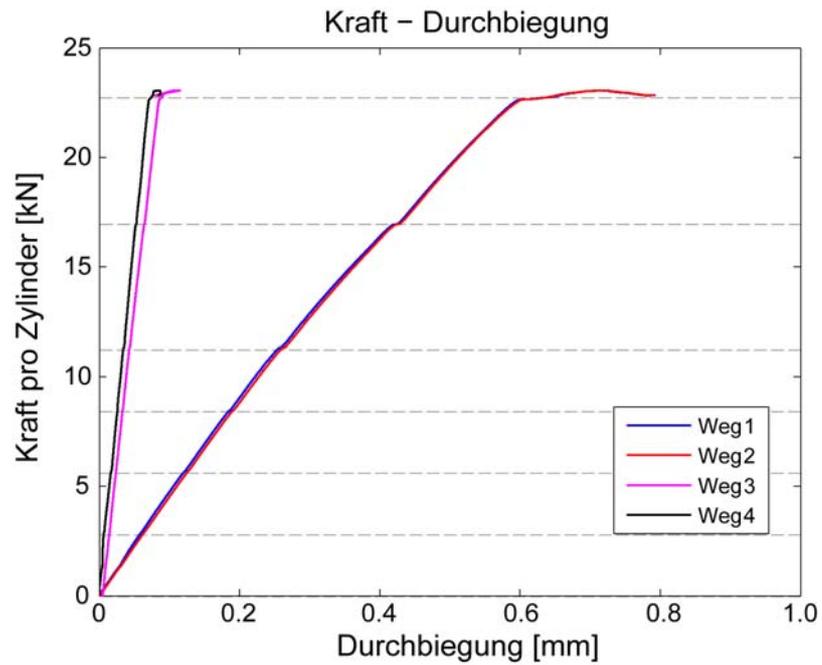


Bild 7: Aufgezeichnetes Kraft-Durchbiegungsdiagramm der Platte während des Belastungsversuches mit Gebrauchslasten. Die horizontalen, gestrichelten Linien kennzeichnen die Laststufen während des Versuches.

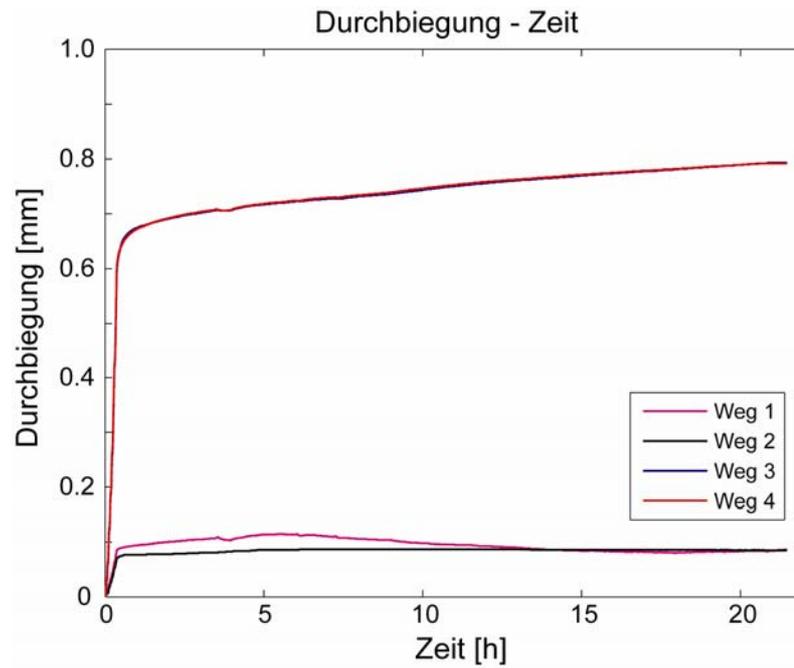


Bild 8: Während 22 Stunden aufgezeichnete Verschiebungen der Platte auf Gebrauchslastniveau.

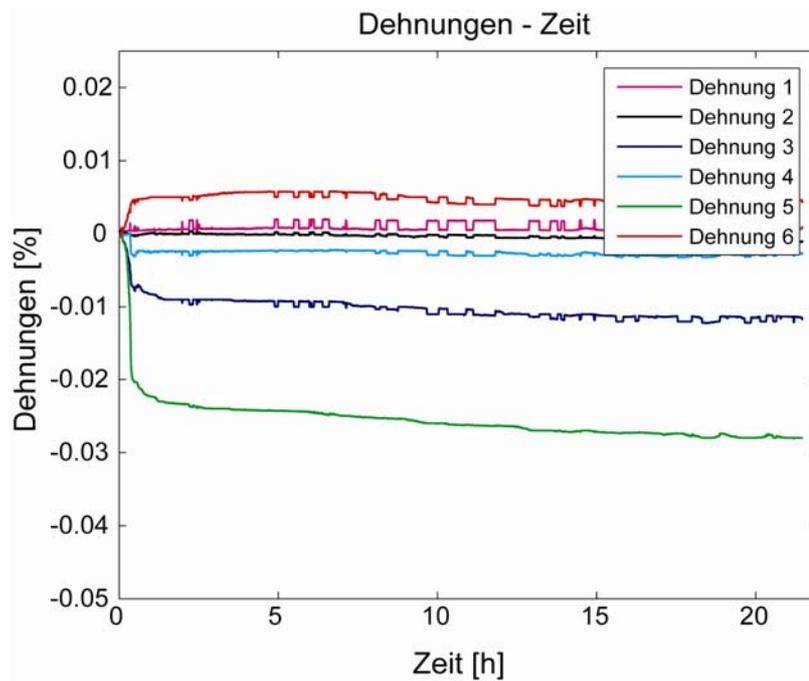


Bild 9: Während 22 Stunden beobachtete Dehnungen der Platte auf Gebrauchslastniveau.

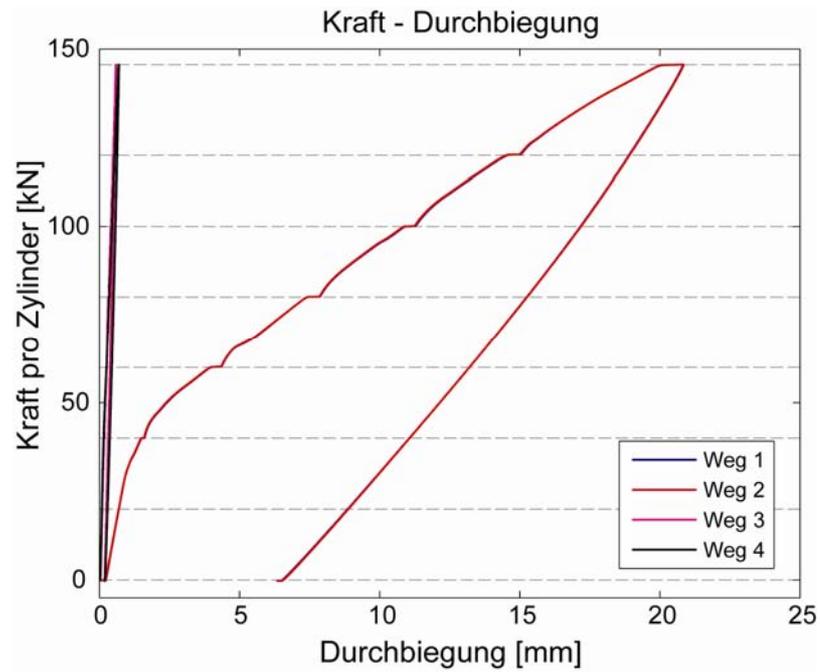


Bild 10: Während des Belastungsversuches auf maximale Durchbiegung aufgezeichnetes Kraft-Durchbiegungs-Diagramm der Platte.

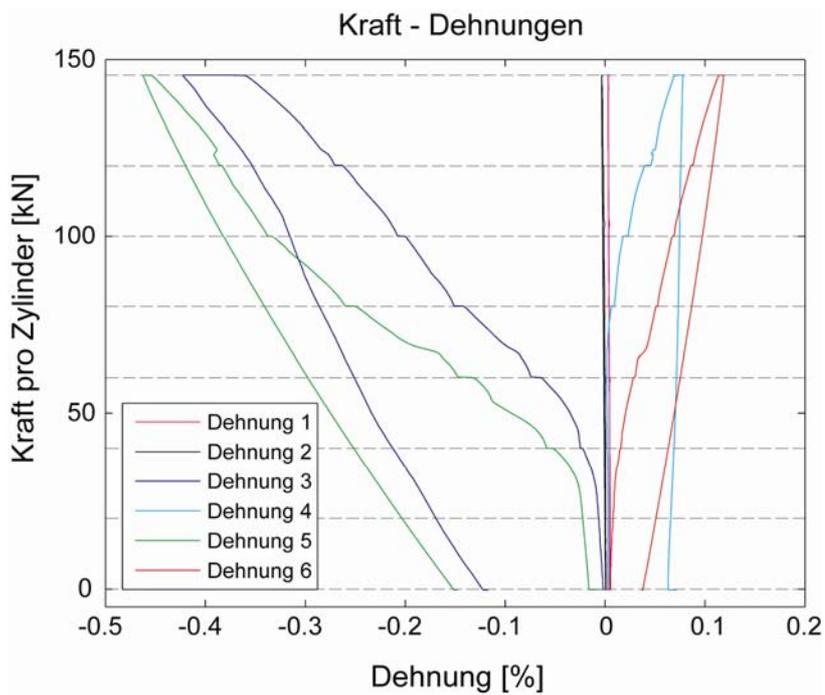


Bild 11: Aufgezeichnete Dehnungen während des Belastungsversuches auf maximale Durchbiegung.



Bild 12: Entwicklung des Rissbildes während des Belastungsversuches auf maximale Durchbiegung.



Bild 13: Oben links: Entnahme eines Bohrzylinders.  
Oben rechts: Kennzeichnung der Bohrlöcher.  
Mitte links: Bohrzylinder Nr. 1.  
Mitte rechts: Haftzugversuch an Bohrzylinder Nr. 1.  
Unten links: Probe Nr. 1 nach Bruch in der Maschine.  
Unten rechts: Bruchfläche der Probe Nr. 1.

# EMPA

Abteilung Beton / Bauchemie

## Prüfprotokoll (gilt nur zusammen mit dem Berichtsdeckblatt)

Auftragsnummer 444136 Herr Gsell

### Universalversuch

Prüfkörper : *Bohrkern* **100X65**

Serie Bezeichnung : Abt.116  
 Herstellungsdatum : 10.11.2006 / 00:00  
 Prüfdatum : 18.12.2006 / 13:37

Prüfer : Tri  
 Probenalter : 38 Tage 13:37

*V = 0.02 mm/s*

Bezeichnung	Abmessungen [mm]		Messgrösse	Maximalwert
	d	h		
1	98.8	65.0	Kraft	3.3236 [kN]
			Wegbereich	4.045 [mm]
2	99.2	65.0	Kraft	3.4578 [kN]
			Wegbereich	2.962 [mm]
3	99.3	65.0	Kraft	3.6784 [kN]
			Wegbereich	2.975 [mm]
4	99.5	65.0	Kraft	2.9547 [kN]
			Wegbereich	3.267 [mm]
5	99.4	65.0	Kraft	3.3697 [kN]
			Wegbereich	2.986 [mm]
6	99.2	65.0	Kraft	3.4733 [kN]
			Wegbereich	2.998 [mm]

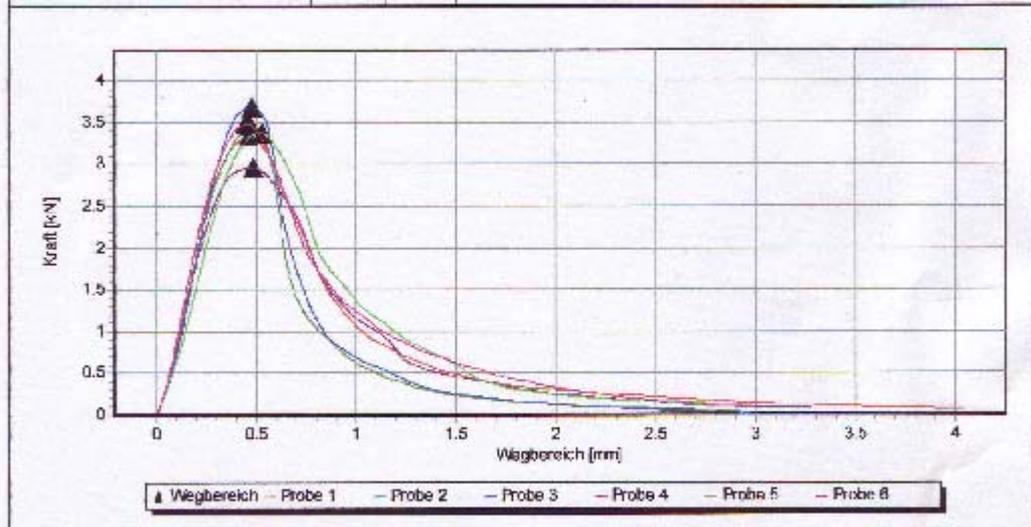


Bild 14: Resultate der Haftzugprüfung der 6 Bohrzyylinder.

Auftraggeber : D. Gsell		Blatt Nr : 1											
Auftrags-Nr. : 444136		Kontroll-Nr : Abt. 116											
<b>Druck/Biege Eingabe</b>		Prüfkörper : Prismen											
Ausführender : KS													
Serie Bezeichnung : PU Quarz		Prüfer : KS											
Herstellungsdatum/zeit : 10.11.2006/12.00		Vorgabe Probenalter : 0											
Prüfungsdatum/-zeit : 12.12.2006/12.00		Effektives Probenalter : 32 Tage 00.00											
Stützweite [mm] : 100													
Prüfkörper Bez.	Abmessungen [mm]			Masse [g]	Rohd. [kg/m <sup>3</sup> ]	Biegezug		Druck				Mw.D-Fk [N/mm <sup>2</sup> ]	
	h	b	l			[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
1	39.9	39.9	162.3	389	1502	.....	.....	8.30	7.23	5.2	4.5	4.9	
2	40.0	38.1	160.3	373	1530	0.803	2.0	7.79	7.34	5.1	4.8	5.0	
3	40.0	39.7	160.4	382	1499	0.990	2.3	7.38	7.52	4.6	4.7	4.7	
Anzahl Werte				3		2		6					
Mittelwert				1511		2.2		4.8				4.8	
Standardabweichung				17.1		0.3		0.3				0.3	
Maximum (Einzel-Mittel)[%]						8.3		7.4					

Bild 15: Resultate der Biegezug- und Druckversuche an 3 Prismen.

# EMPA

Abteilung Beton / Bauchemie

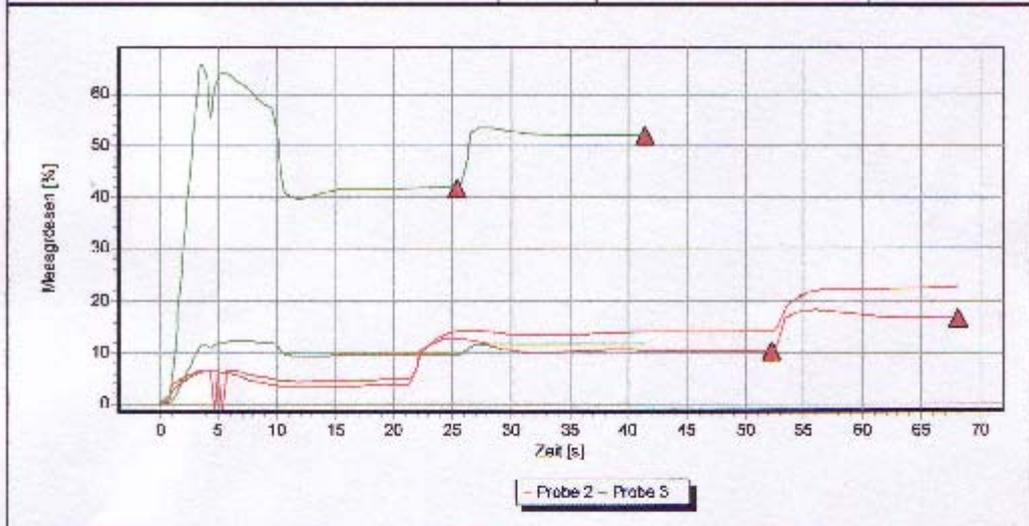
## Prüfprotokoll (gilt nur zusammen mit dem Berichtsdeckblatt)

Auftragsnummer 444136 D. Gsoll

**E-Modul-Versuch**                      **SIA 262/1**                      **Prüfkörper: Prisma**                      **40X40X160**

Serie Bezeichnung : PU-Quarz                      Prüfer : Tri  
 Herstellungsdatum : 10.11.2006 / 00:00                      Probenalter : 32 Tage 17:57  
 Prüfdatum : 12.12.2006 / 17:57

Bezeichnung	Abmessungen [mm]			Masse [g]	Rohdichte [kg/m³]	Festigkeit [N/mm²]	Spannung [N/mm²]		E-Modul [N/mm²]
	l	b	h				untere	obere	
2	157.9	39.2	38.1			39.0	0.03	0.06	10
3	158.0	38.2	38.2			39.0	0.14	0.17	80
<b>Mittelwert</b>									50
<b>Standardabweichung</b>									50



Datum:.....                      Unterschrift Prüfer: .....

Bild 16: Resultate der E-Modul Bestimmung an den Prismen.

# EMPA

Abteilung Beton / Bauchemie

## Prüfprotokoll (gilt nur zusammen mit dem Berichtsdeckblatt)

Auftragsnummer 444136 Datum 12.12.2006

Druckversuch EN 12390-3 Prüfkörper: *Würfel* 150X150X150

Serie Bezeichnung : Abt 116 28d Prüfer : KS  
Herstellungsdatum : 14.11.2006 Probenalter : 28 Tage  
Prüfdatum : 12.12.2006 Betonklasse : C30/37

Bezeichnung	Abmessungen [mm]			Masse [g]	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Höchstwert [kN]	Festigkei [MPa]	Bruchtyp
	a	b	h					
14.11.06/1	149.5	149.6	149.7	8096	2420	1134.1	50.5	
14.11.06/2	148.6	149.6	149.6	8110	2420	1144.4	51.0	
Mittelwert:					2420		51.0	
Standardabweichung					4.1		0.3	

Datum 12.12.06 Unterschrift Prüfer: *K. Schmid*

Bild 17: Betonwürfeldruckfestigkeit.