

Glasfaserbewehrung von Betonbauteilen für ein ungestörtes Erdmagnetfeld in Wohngebäuden

Dipl.-Ing. Birgit Luber

Schöck Bauteile GmbH

Vimbucher Straße 2, 76534 Baden-Baden

Tel: 07223 - 967 - 602

Fax: 07223 - 967 - 490

Birgit.Luber@schoeck.de

www.schoeck.de

Dr.-Ing. Dietrich Moldan

Dr. Moldan Umweltanalytik / VDB e.V.

Am Henkelsee 13, 97346 Iphofen

Tel: 09323 - 87 08 - 10

Fax: 09323 - 87 08 - 11

dr.moldan@drmoldan.de

www.drmoldan.de

Veröffentlicht in: Tagungsband der 7. EMV-Tagung „Energieversorgung & Mobilfunk“ des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen VDB e.V. am 12.-13.04.2013 in München; www.baubiologie.net

Allgemeines zu magnetischen Gleichfeldern

Es gibt natürliche und künstlich erzeugte **magnetische Gleichfelder (MGF)**. Das natürliche magnetische Gleichfeld wird von der Erde erzeugt. Die magnetische Flussdichte des Erdmagnetfeldes in Mitteleuropa beträgt ortsabhängig zwischen etwa 45 und 50 Mikrottesla [μT] und unterliegt geringen tageszeitlichen Schwankungen. Im Gegensatz dazu gibt es technische, also künstlich erzeugte Gleichfelder, bei denen als Verursacher im Wohnumfeld am häufigsten die Federkernmatratze sowie der Bau- und Betonstahl genannt werden. Weitestgehend ungenannt bleiben die magnetischen Gleichfelder, die durch Gleichstrom verursacht werden, wie es bei Straßenbahnen und einigen europäischen Eisenbahnlinien der Fall ist.

Die Messung magnetischer Gleichfelder kann in vereinfachter Form 2-dimensional in der Horizontalebene erfolgen, was schon mit Hilfe eines Kompasses oder aber mit so genannten Magnetfeld-Indikatoren realisierbar ist. In der professionellen Messtechnik werden aufwendigere 3-dimensional arbeitende Messgeräte eingesetzt (3D-Geo-Magnetometer/Vector-Magnetometer), um in allen drei Raumachsen und unabhängig von der Ausrichtung der Messsonde im Raum korrekte Messwerte zu erhalten. Die Angaben erfolgen dann entweder in Grad der Kompassnadelabweichung vom magnetischen Nordpol der Erde oder in Mikrottesla der magnetischen Flussdichte.

Im häuslichen Bereich gibt es neben der oben erwähnten Federkernmatratze und dem Betonstahl in der Bodenplatte und in Geschossdecken eine Vielzahl von Verursachern magnetischer Gleichfelder: Stahl als Bewehrung in Fenster- und Türstürzen, Stahlträger, Stahltürzargen, Heizkörper, Stahlrahmen von Lattenrosten, Lautsprecherboxen usw. In allen Fällen handelt es sich um entweder zufällig magnetisierte ferromagnetische Materialien (aus Eisen, Nickel und/oder Kobalt) oder um gezielt hergestellte Permanentmagnete.

In Gebäuden wird an zahlreichen Stellen Betonstahl eingesetzt, der dem Bewohner in der Regel verborgen bleibt: In Fundamenten, Geschossdecken, Ringankern, Unterzügen sowie in Fenster- und Türstürzen. Das Fundament und die Geschossdecken sind aufgrund der großen Menge an Stahl und des großflächigen Einbaubereichs die kritischsten Stellen im Gebäude. Schlafbereiche können so gestaltet werden, dass sie ausreichend Abstand zu Heizkörpern, Fenster- und Türstürzen oder ferromagnetischen Geräten des Alltags haben, sie werden aber immer oberhalb einer Bodenplatte oder Geschossdecke sein.

Die Glasfaserbewehrung Schöck ComBAR®

Die Schöck Bauteile GmbH

Als internationaler Bauzulieferer entwickelt, produziert und vermarktet das mittelständische Unternehmen Schöck Bauteile GmbH mit Hauptsitz in Baden-Baden **innovative Bauteile für statisch konstruktive Anwendungen mit bauphysikalischem Zusatznutzen**. Der Schwerpunkt liegt dabei auf innovativen Lösungen zur **Vermeidung von Wärmebrücken und Trittschall** im Gebäude.

Bewehrung von Betonbauteilen

Schon die Römer kannten den Baustoff „Opus Caementitium“, eine Mischung aus Sand, Kies, gebranntem Kalkstein und Wasser, der nach dem Aushärten wasserfest war und eine hohe Druckfestigkeit aufwies – ein von Menschenhand hergestellter Stein. Das noch nicht verfestigte Material ließ sich in jede Form bringen; somit war man unabhängig davon, Steine in der gewünschten Form zu finden, oder diese mühselig zu bearbeiten. [1], [2]

Dieser **künstlich hergestellte Stein** konnte zwar **hohe Druckkräfte** aufnehmen, erwies sich jedoch als **kaum zugfest**. Mitte des 19. Jahrhunderts begann man daher, Stahlstäbe in den Beton einzulegen, um die Zugfestigkeit zu erhöhen.

„Die **Bewehrungsstäbe** haben bei auf Biegung oder Zug beanspruchten Bauteilen die **Zugkräfte aufzunehmen**. [...] Ein unbewehrter Betonbalken würde beim ersten Riß schlagartig versagen [...]. Die Bewehrung muß also in der Zugzone der Bauteile und möglichst in Richtung der inneren Zugkräfte eingelegt werden. Die hohe Druckfestigkeit des Betons kann dadurch für Biegung in Balken und Platten ausgenützt werden.“ [(3), S. 1]

Stahlbeton ist heutzutage eines der meist verwendeten Baumaterialien überhaupt. Er ist kostengünstig in der Herstellung und auf Grund seiner statisch-konstruktiven Eigenschaften kann daraus nahezu jedes Bauteil hergestellt werden. Vor allem im Bereich der Gründung von Gebäuden mittels Fundamenten und Bodenplatten ist kaum auf Beton zu verzichten.

Betonstahl

Der zum Bewehren von Beton verwendete Stahl muss bestimmte **Eigenschaften** erfüllen. Diese werden in den geltenden Regelwerken dargelegt (z.B. Eurocode [4], DIN 488 [5]). Dazu gehören unter anderem:

Festigkeit

Steckgrenze f_{yk} charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls, ab dieser Spannung beginnt der Stahl zu fließen (Zugversuch)
(gem. DIN 488-1) $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$
95% aller Proben im Versuch erreichen diesen oder einen höheren Wert.

Zugfestigkeit f_{tk} größte Zugspannung, die der Stahl im Zugversuch aufnehmen kann, bevor er versagt.

Bemessungswert f_{yd} Wert, der für die Bemessung von Stahlbeton herangezogen werden darf, wobei $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
 γ_s Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl, um den die Zugfestigkeit abgemindert wird
 $f_{yd} = 500 \text{ N/mm}^2 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2$.

Elastizitätsmodul (E-Modul)

Der E-Modul beschreibt das Verhältnis der mechanischen **Spannung σ** zu der dazu auftretenden **Dehnung ϵ** im Spannungs-Dehnungs-Diagramm (siehe Abb. 2-4).

$$E = \sigma / \epsilon$$

Ein Bauteil mit einem hohen E-Modul ist steif, es setzt seiner Verformung viel Widerstand entgegen, während ein Material mit einem niedrigen E-Modul sich weicher verhält.

Verbundeigenschaften

Als Verbund wird die **schubfeste Verbindung zwischen Stab und umgebendem Beton** bezeichnet. Zur Verbesserung des Verbunds werden **Rippen** aufgerollt oder aufgewalzt. Die somit erreichte Verzahnung des Stabs mit dem Beton führt zu einer **besseren Kraftübertragung**.

Der Werkstoff Schöck ComBAR®

Schöck ComBAR® (**composite rebar**) gehört zur Klasse der sogenannten **Faserverbundwerkstoffe** [6], [7]. Bei Faserverbundwerkstoffen werden Fasern mit anderen Materialien kombiniert, um verbesserte Eigenschaften und Synergieeffekte zu erzielen. Die Eigenschaften des dadurch gewonnenen Werkstoffes lassen sich durch Fasermaterial, Faserorientierung sowie durch Auswahl geeigneter Zusatz- und Bindemittel „maßschneidern“.

Einer der bekanntesten unter den Faserverbundwerkstoffen ist **glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)**, welcher in vielen Bereichen – wie beispielsweise der Elektroindustrie oder dem Bootsbau – für leichte, feste, robuste und langlebige Produkte steht.

Die Fasern geben dem Material seine Festigkeit und Steifigkeit in Längsrichtung. Die Harzmatrix hat die Aufgabe, die Fasern in Ihrer Lage zu fixieren, die Last auf alle Fasern zu verteilen und die Fasern vor schädlichen Einflüssen zu schützen. Im Bauwesen kann ein Vergleich mit dem natürlichen Werkstoff Holz am besten die unterschiedlichen Eigenschaften in den verschiedenen Richtungen erklären. Aus der gerichteten, unidirektionalen Faserorientierung folgen die wesentlichen Werkstoffeigenschaften: **hohe Zugfestigkeit in Faserrichtung, vergleichsweise geringe Querdruck- und Querkzugfestigkeit senkrecht zur Faser.**

Schöck ComBAR® wurde als innen liegende, schlaffe (d.h. nicht vorgespannte) **Bewehrung von Betonbauteilen** konzipiert. Seine mechanischen Eigenschaften, ebenso wie sein Verbundverhalten, sind mit denen von **geripptem Betonstahl vergleichbar.**

Die Einhaltung der spezifizierten Materialeigenschaften von ComBAR® ist bei vorwiegend ruhender Belastung und mitteleuropäischem Klima für eine **Lebensdauer von 100 Jahren nachgewiesen.**

Schöck ComBAR® ist vom Deutschen Institut für Bautechnik DIBt **bauaufsichtlich zugelassen** [8].

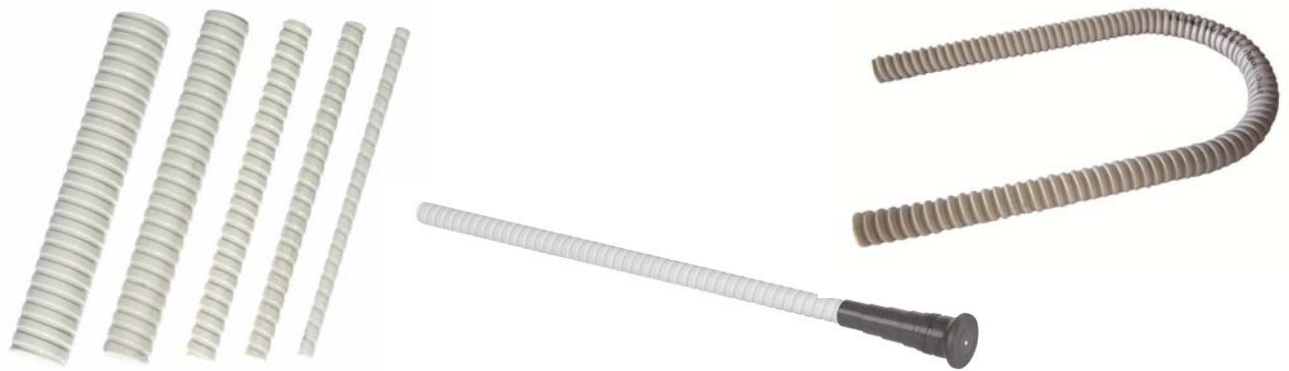


Abb. 2-1: ComBAR®-Materialbeispiele (v.l.n.r.): Gerade Stäbe, Stab mit Kopfbolzen, Bügel

Herstellverfahren

Die geraden ComBAR®-Stäbe bestehen aus einer Vielzahl fortlaufender, in Längsrichtung ausgerichteter E-CR-Glasfasern (einer Faser mit besonders hoher Korrosionsbeständigkeit), die von einer Vinyl-Ester-Harzmatrix umgeben sind. Sie werden in einem so genannten **Pultrusionsverfahren** (ein Strangzieh-Verfahren) als Endlos-Stäbe hergestellt und kundenspezifisch abgelängt.

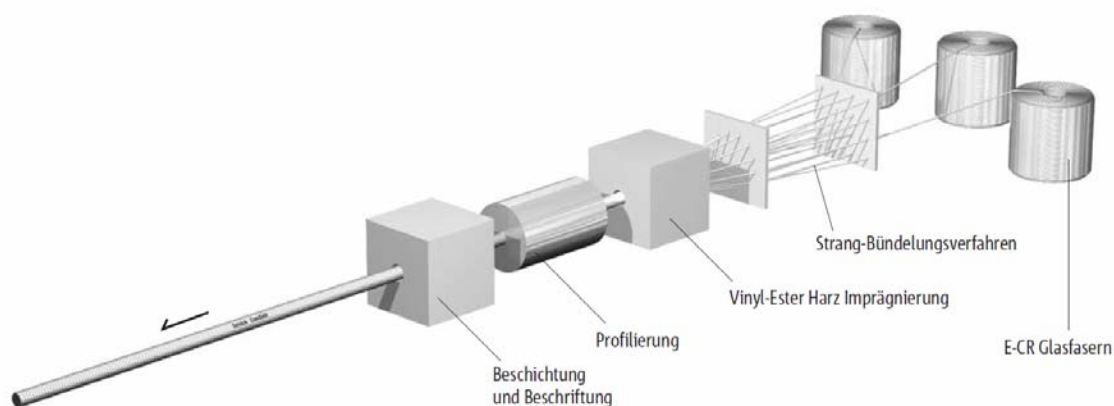


Abb. 2-2: Schematische Darstellung des Pultrusionsverfahrens

Dank neuer Herstellungsverfahren liegt der Glasfaseranteil bei modernen Bewehrungsstäben wie ComBAR® bei über 85% (Gewicht). Daher wird hier im Allgemeinen von Glasfaserbewehrung und nicht mehr von GFK (Glasfaserverstärktem Kunststoff) gesprochen.

Das Pultrusionsverfahren garantiert die lineare Ausrichtung der Fasern in Richtung der Stabachse, die vollständige Tränkung der Glasfasern mit dem Harz und einen extrem hohen Aushärtungsgrad des Harzes. Der erreichte **Fasergehalt von 75 % Volumen bzw. 88 % Gewicht** entspricht nahezu dem technisch möglichen Maximum.

Das verwendete Harz enthält weder Weichmacher, FCKW noch Chlor und verhält sich in ausgehärtetem Zustand chemisch neutral.

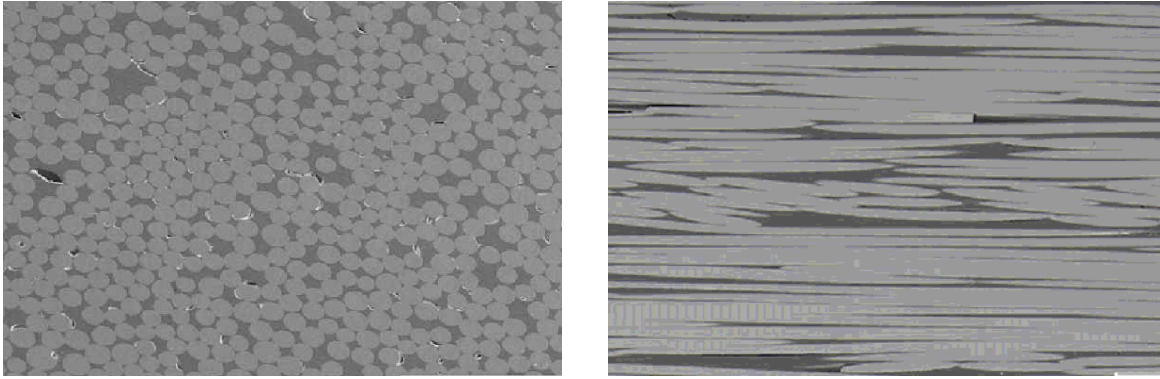


Abb. 2-3: Querschnitt (links) und Längsschnitt (rechts) durch einen ComBAR®-Stab

Eigenschaften von Schöck ComBAR®

Festigkeit und E-Modul

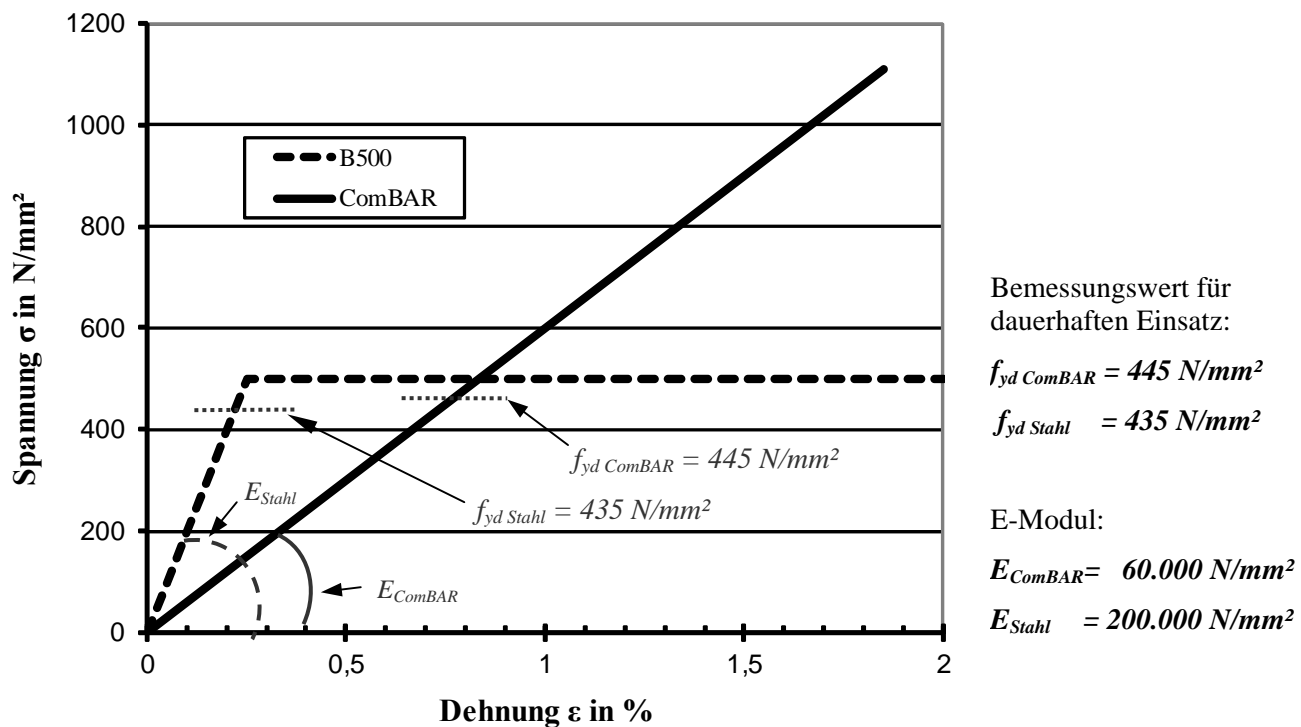


Abb. 2-4: Spannungs-Dehnungs-Diagramm für Betonstahl B500 und Schöck ComBAR® (Bemessungswert und E-Modul; der E-Modul entspricht der Steigung der Geraden)

Betonstahl (B500) verhält sich im Zugversuch zunächst linear-elastisch (mit einem *E-Modul* von 200.000 N/mm^2), ab einer bestimmten Zugkraft (*Streckgrenze* f_{yk} von 500 N/mm^2) beginnt er zu fließen, bei weiterer Erhöhung der Spannung dehnt sich der Stahl zunehmend, bis es letztendlich zum Bruch kommt.

Für statische Bemessungen ist der *Bemessungswert* von $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$ anzuwenden.

Im Gegensatz dazu verhält sich **Schöck ComBAR®** linear-elastisch bis zum Bruch. Plastische Verformungsanteile werden nicht beobachtet. Der gemessene *E-Modul* beträgt 60.000 N/mm^2 . Die bei Zugversuchen gemessene *Zugfestigkeit* liegt bei allen Stabdurchmessern *über* 1000 N/mm^2 .

Der Bemessungswert für **dauerhafte Anwendungen** liegt bei $f_{yd} = 445 \text{ N/mm}^2$.

Bei **kurzzeitig auftretenden Lasten** kann sogar mit wesentlich höheren Werten gerechnet werden.

Verbund

Die einmalige Rippengeometrie und das nachträgliche Einfräsen der **Rippen** in den ausgehärteten Stab garantieren ein Verbundverhalten, welches dem von Betonstahl entspricht. Somit lassen sich hohe Kräfte aus dem Beton in den ComBAR®-Stab übertragen.

Weitere Eigenschaften

Oft gibt es Fälle, bei denen Betonstahl auf Grund seiner Eigenschaften ungeeignet ist. Dann kann Schöck ComBAR® seine vollen Stärken ausspielen:

Materialverhalten ComBAR®	Anwendungsgebiete ComBAR®
Hohe Korrosionsbeständigkeit → geringere Betonüberdeckung als bei Betonstahl möglich	Offene Parkhäuser, Tiefgaragen, Brückendecks und Brüstungen, dünne Fassadenplatten, Uferbefestigungen, Wasserbau
Hohe Chemikalienbeständigkeit → geringere Betonüberdeckung als bei Betonstahl möglich	Industriebodenplatten, Industriebehälter, Kläranlagen, Agrargebäude
Elektrisch nicht leitend *	Geräte mit hohen Feldstärken, Signalanlagen und Weichen im Bahnbau
Nicht magnetisierbar *	Empfindliche Messgeräte, Baubiologie, Nano-Technologie, medizinische Einrichtungen
Leichte Zerspanbarkeit	Schachtwände im Tunnelbau, Schalungsanker, planmäßiger Rückbau
Geringe Wärmeleitfähigkeit	Energieeinsparung im Hochbau

* ComBAR® enthält keine metallischen oder ferromagnetischen Materialien und ist daher **weder elektrisch leitfähig noch magnetisierbar**. Externe Versuche an mit ComBAR® bewehrten Betonbalken, die hohen elektrischen Spannungen ausgesetzt wurden, haben gezeigt, dass ComBAR®-Stäbe auch im Hochspannungsbereich elektrisch nicht leitfähig sind. Weiterhin wurde an mit ComBAR® bewehrten Bodenplatten aus Beton die Auswirkung der Stäbe auf das Erdmagnetfeld geprüft. Hierbei hat sich gezeigt, dass die ComBAR®-Stäbe keinerlei Verzerrung des Erdmagnetfelds hervorrufen (siehe nachfolgendes Kapitel und [9]).

Tab. 2-1: Materialverhalten und Anwendungsgebiete von ComBAR®

Praxisbeispiel Bodenplatte / Vergleich von Bewehrung aus Betonstahl und Glasfaserbewehrung Schöck ComBAR®

Häuser werden in der Regel entweder auf einen Keller mit einer stahlarmierten Kellerdecke oder auf eine Bodenplatte mit Stahlbewehrung gebaut.

Zwei unterschiedlich bewehrte Bodenplatten im Vergleich

Im Rahmen einer größeren Untersuchung wurden die magnetischen Gleichfelder an zwei Bodenplatten ermittelt. Eines der beiden Häuser wurde mit einer Bodenplatte in herkömmlicher Bauweise mit Stahlbewehrung ausgeführt. Im zweiten Haus wurde anstatt der Stahlbewehrung die Glasfaserbewehrung ComBAR® eingesetzt.

Betonstahlgitter werden werkseitig hergestellt, weisen eine standardisierte Abmessung von z.B. 6 m x 2,4 m auf und werden vor Ort großflächig und mit Überlappung verlegt (Abb. 3-1). Bei kleineren Abmessungen werden die entsprechenden Bereiche aus dem Gitter herausgeschnitten.

Die Glasfaserstäbe werden im Werk entsprechend den Abmessungen des Gebäudes nach Länge und Menge individuell angepasst erstellt, wie z.B. hier für eine Länge von 8 m und eine Breite von 6 m.

Die Stäbe werden zur Herstellung des Gitters vor Ort durch spezielle Klemmverbinder aus Kunststoff in einem vom Hersteller vorgegebenen Raster miteinander verbunden (Abb. 3-2).

Bodenbewehrungen werden zweilagig ausgeführt. Der Abstand der unteren Lage vom Boden bzw. von der Sperrbahn wird mit konventionellen Abstandshaltern aus Kunststoff eingestellt, wie sie auch für Stahlbewehrungen üblich sind. Der korrekte Abstand der beiden Gitterlagen voneinander wird durch gelochte Abstandshalter aus Kunststoff festgelegt (Abb. 3-3).



Abb. 3-1: Bodenbewehrung mit Betonstahlgitter (zweilagig)



Abb. 3-2: Bodenbewehrung mit Gitter aus Glasfaserstäben (untere Lage); konventionelle Abstandshalter vom Boden aus Kunststoff (Ellipsenmarkierung) und spezielle Klemmverbinder des ComBAR®-Systems aus Kunststoff (Kreismarkierung)

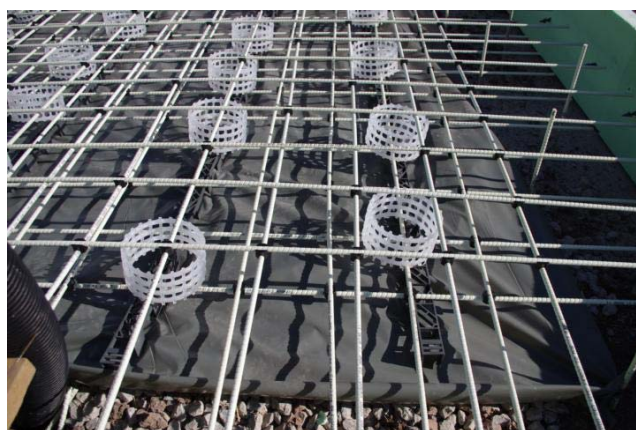


Abb. 3-3: Bodenbewehrung mit Gittern aus Glasfaserstäben (zweilagig); Abstandshalter zwischen erster und zweiter Gitterlage

Vorgehensweise bei der Messung

Bei beiden Bauvorhaben wurde nach Fertigstellung der Bodenplatte jeweils in einer Gebäudeecke eine Fläche von 4 m x 4 m zur Messung herangezogen. Während der Messungen wurde darauf geachtet, dass im Umkreis von mindestens 5 m neben den Messflächen keine metallischen Gegenstände wie Stützen, Baukräne oder Baugerüste vorhanden waren, die das Ergebnis verfälschen könnten. Die Messungen erfolgten in den Höhen von 55 cm und 105 cm über der Bodenplatte. Die Höhe von 55 cm entspricht in etwa dem Niveau eines Bettes über der Rohdecke (15 cm Fußbodenaufbau + 40 cm Betthöhe). Dies ist der Bereich, an dem sich der Körper während des Schlafes mehrere Stunden zur Regeneration befindet. Um zu ermitteln, wie sich der Einfluss der Stahl- bzw. Glasfaserbewehrung mit zunehmender Distanz verändert, wurde die zweite Höhe bei 105 cm gewählt.

Die Festlegung der Messpunkte im Raster von 0,5 m x 0,5 m erfolgte über einer Fläche von 4 m x 4 m, was $9 \times 9 = 81$ Messpunkten entspricht. Diese sind in der Abb. 3-4 zur besseren Erkennung mit weißen Punkten markiert.

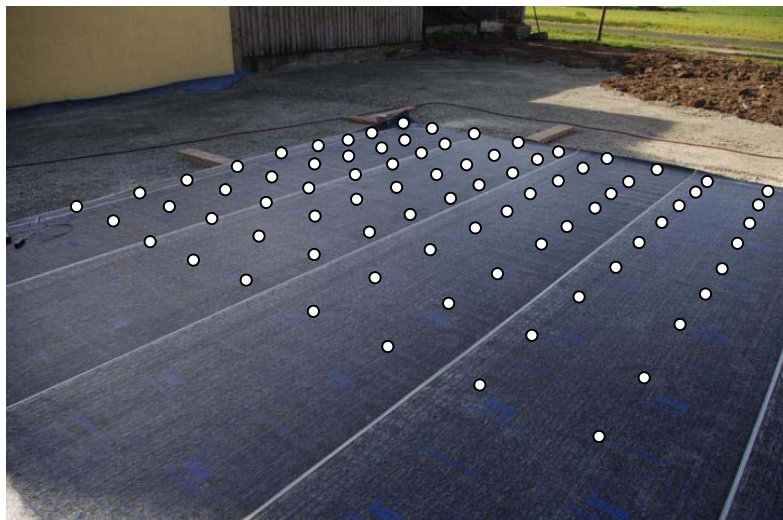


Abb. 3-4: Lage der Messpunkte



Abb. 3-5: Messvorrichtung im Einsatz

Die 3-dimensional arbeitende Messsonde (Typ MEDA FVM 400) wurde in eine Kunststoffhalterung gelegt, die wiederum an einem Vierkantholz lotrecht fixiert war (Abb. 3-5). Den Sockel der Messapparatur bildete ein Kalksandstein. Auf diese Weise konnten Erdmagnetfeldverzerrungen durch die Messapparatur ausgeschlossen werden. Die Messsonde wurde in ihrer Länge parallel zu einer Kante der Bodenplatte ausgerichtet und für alle weiteren Messungen parallel dazu – ohne Rotation – verschoben. Pro Messpunkt wurde das Magnetfeld in den drei Achsen x, y (Horizontalebene) und z (vertikal) erfasst. Hierbei handelte es sich um die magnetischen Flussdichten des Erdmagnetfeldes bzw. dessen Verzerrung durch Stahl. Maßeinheit sind Mikrottesla [μT].

In Abb. 3-5 deutet der obere Pfeil auf die Nivelliereinrichtung aus Kunststoff. Der mittlere Pfeil zeigt auf die Kunststoffhalterung in 105 cm Höhe, in der die Messsonde liegt. Der untere Pfeil weist auf die Sondenhalterung in 55 cm Höhe.

Messergebnisse

Zur besseren Darstellung der Ergebnisse wurden bei der Betrachtung der Magnetfelder in den **drei Einzelachsen** nur die Flussdichte**abweichungen** (Differenzen) vom höchsten Messwert jeder Raumachse herangezogen. Durch diese Darstellung der Flussdichteabweichung vom jeweiligen Maximum werden alle Werte positiv; somit sind die Grafiken besser direkt miteinander vergleichbar.

Die Berechnung der **Beträge der magnetischen Flussdichte als Vektorsummen** aus den Flussdichten der Einzelachsen in x-, y- und z-Richtung erfolgte dagegen mit den ursprünglichen, direkt gemessenen **absoluten Werten** der drei Achsen und nicht – wie bei der Betrachtung der Einzelachsen – mit deren Abweichungen vom jeweiligen Achsenmaximum.

Im Folgenden sind für die stahlbewehrte Bodenplatte und die Messhöhe von 55 cm die magnetischen Flussdichteabweichungen der Einzelachsen in Abb. 3-6 und die absoluten Beträge (Vektorsummen) in Abb. 3-7 in Abstufungen von jeweils $2 \mu\text{T}$ dargestellt; entsprechend für die Messhöhe von 105 cm in Abb. 3-8 und 3-9.

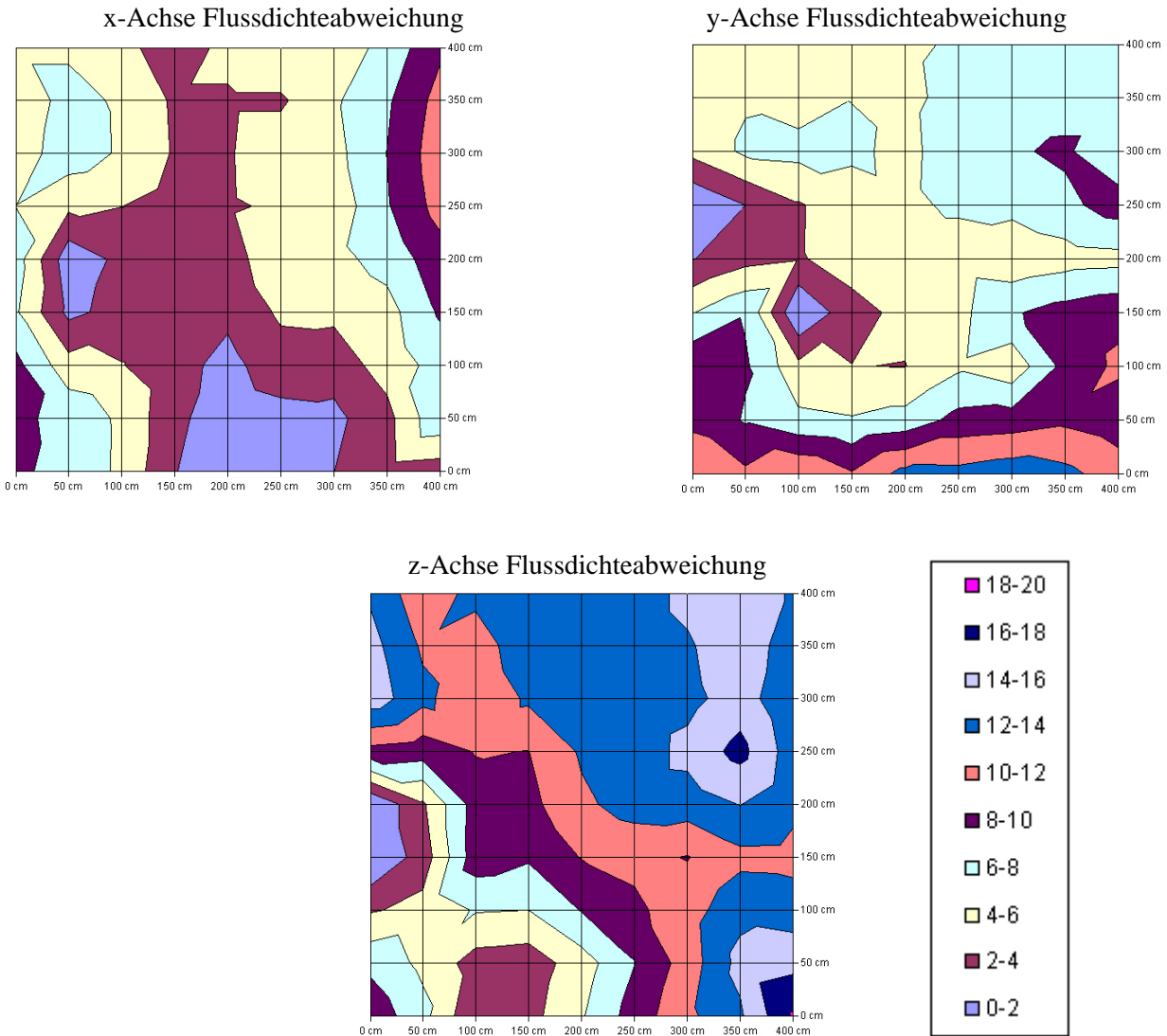


Abb. 3-6: Magnetische Flussdichteabweichungen der Einzelachsen x, y, z in 55 cm Höhe bei einer stahlbewehrten Bodenplatte; Maßeinheit μT

Betrag (Vektorsumme der Absolutwerte von x-, y- u. z-Achse)

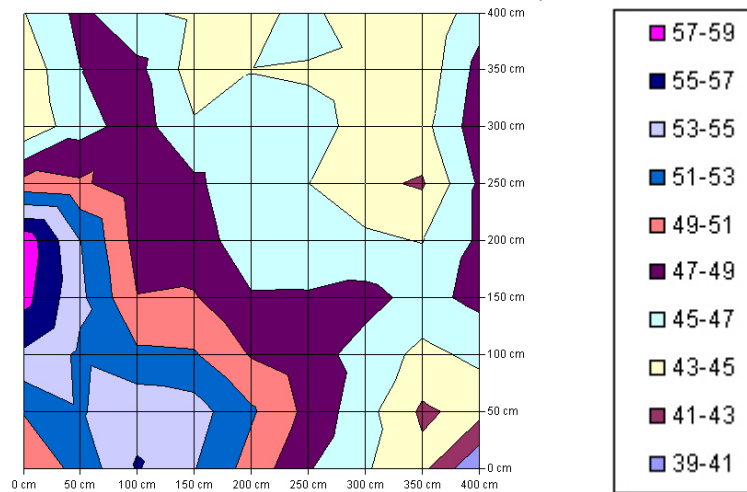


Abb. 3-7: Betrag (Vektorsumme) in 55 cm Höhe bei einer stahlbewehrten Bodenplatte, Maßeinheit μT

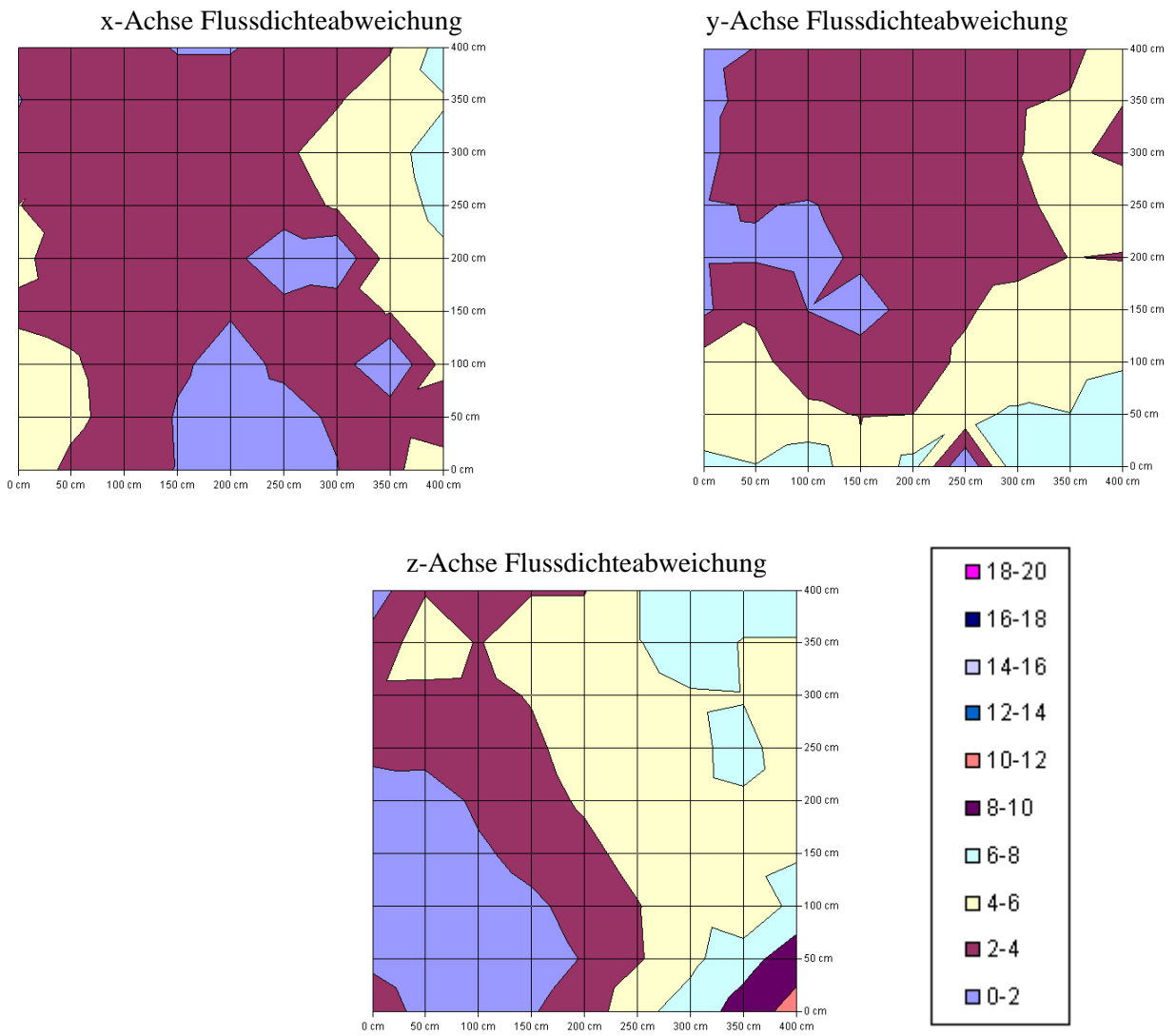


Abb. 3-8: Magnetische Flussdichteabweichungen der Einzelachsen x, y, z in 105 cm Höhe bei einer stahlbewehrten Bodenplatte, Maßeinheit μT

Betrag (Vektorsumme der Absolutwerte von x-, y- u. z-Achse)

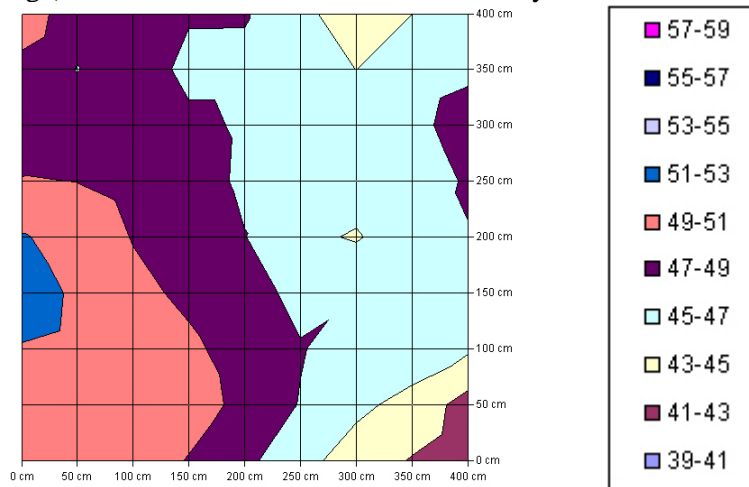


Abb. 3-9: Betrag (Vektorsumme) in 105 cm Höhe bei einer stahlbewehrten Bodenplatte, Maßeinheit μT

In den Abbildungen 3-10 und 3-11 sind die Verzerrungen des Erdmagnetfeldes als magnetische Flussdichten in Mikrottesla [μT] in 55 cm Höhe über der mit Stahl armierten Bodenplatte mit einem Ausschnitt von 4 m x 4 m als Betrag (Vektorsumme der Einzelachsen) dargestellt: Links in 3-dimensionaler Form, rechts 2-dimensional. Der Pfeil gekennzeichnet jeweils die Ecke der Bodenplatte.

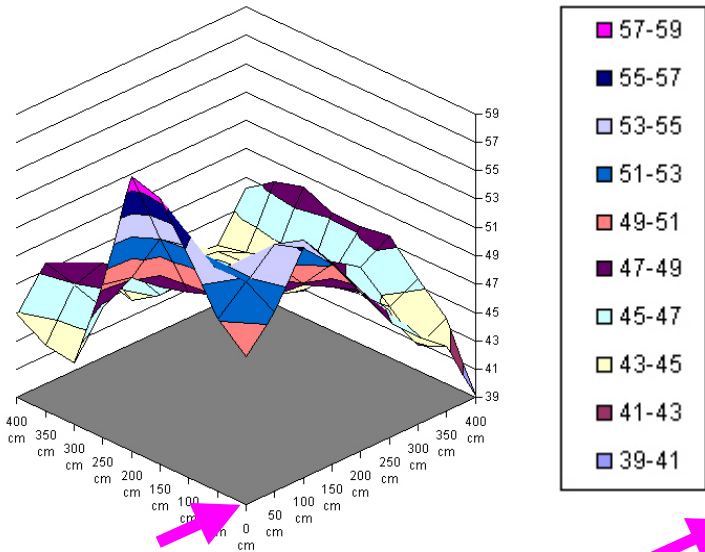


Abb. 3-10: Betrag der Flussdichte in 55 cm Höhe bei Stahlbewehrung, 3-dimensional, Maßeinheit μT

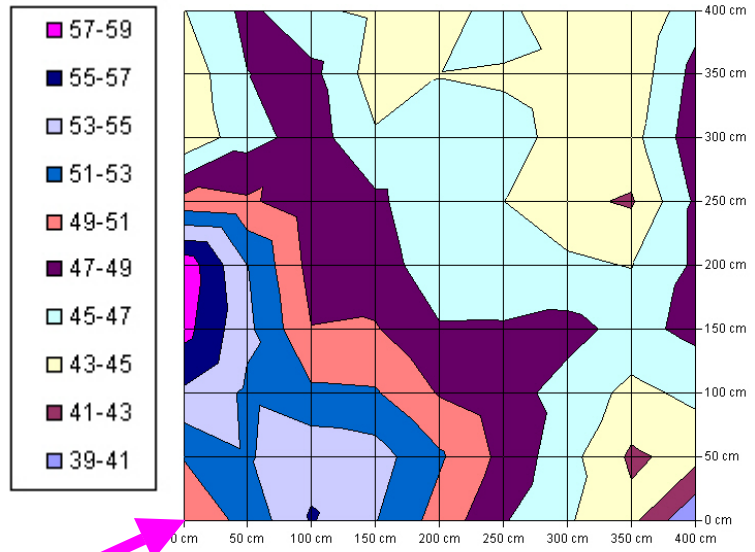


Abb. 3-11: Betrag der Flussdichte in 55 cm Höhe bei Stahlbewehrung, 2-dimensional, Maßeinheit μT

In Abb. 3-12 sind die Verzerrungen des Erdmagnetfeldes in 105 cm Höhe über der stahlbewehrten Bodenplatte mit einem Ausschnitt von 4 m x 4 m dargestellt. Die Abbildung 3-13 zeigt die „unverzerrte“ Fläche in 55 cm Höhe über der Bodenplatte mit Glasfaserbewehrung. Der Pfeil gekennzeichnet jeweils die Ecke der Bodenplatte.

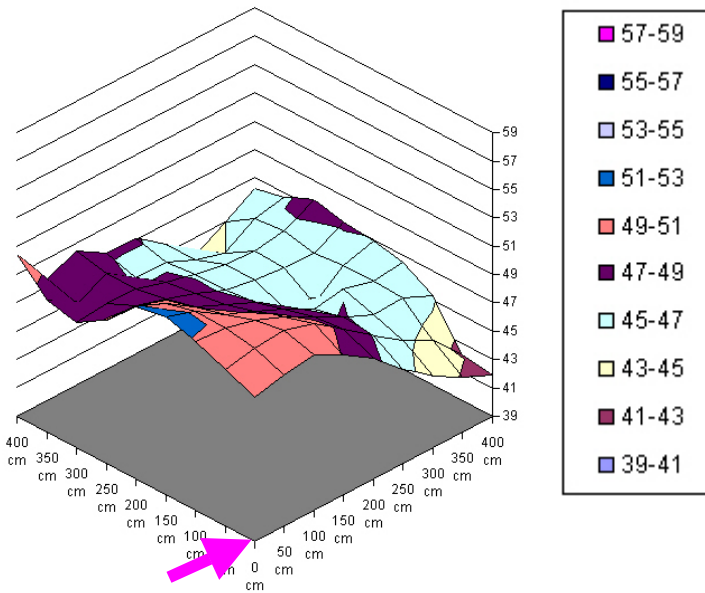


Abb. 3-12: Betrag der Flussdichte in 105 cm Höhe bei Stahlbewehrung, 3-dimensional, Maßeinheit μT

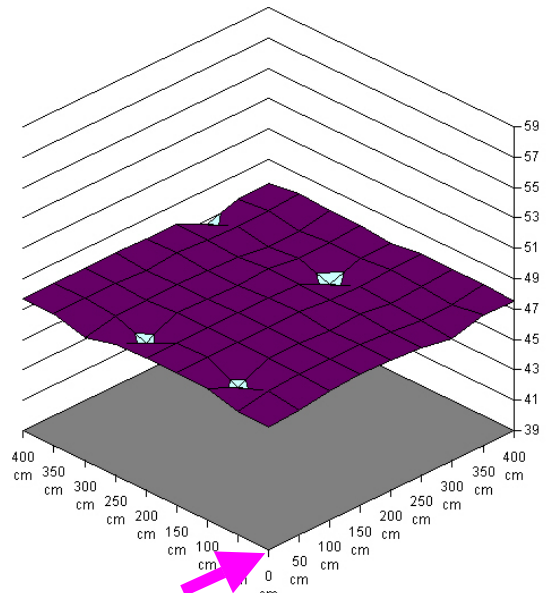


Abb. 3-13: Betrag der Flussdichte in 55 cm Höhe bei Glasfaserbewehrung, 3-dimensional, Maßeinheit μT

Die Richtwerte für Schlafbereiche zum Standard der Baubiologischen Messtechnik SBM-2008 ([10], [11]) stufen die Abweichungen der magnetischen Flussdichten vom ungestörten Erdmagnetfeld wie folgt ein:

Auffälligkeit nach SBM-2008	Richtwert des SBM-2008	Messergebnis Stahlbewehrung	Messergebnis Glasfaserbewehrung
keine	< 1 μT		< 1 μT in 55 cm Höhe
schwach	1 - 5 μT		
stark	5 - 20 μT	< 20 μT in 55 cm Höhe < 10 μT in 105 cm Höhe	
extrem	> 20 μT		

Tab. 3-1: Magnetische Flussdichten in μT gemäß SBM-2008 und Messwerte der beiden Bodenplatten

Zusammenfassung

Betrachtet man die Ergebnisse der Messungen an der mit Betonstahl bewehrten Bodenplatte, so zeigt sich, dass innerhalb eines 4 m x 4 m großen Bereichs die magnetischen Flussdichten in 55 cm Höhe um bis zu 20 μT und in 105 cm Höhe noch um bis zu 10 μT gegenüber dem natürlichen Magnetfeld der Erde abweichen.

Die Messungen an der mit Schöck ComBAR® erstellten Bodenplatte zeigen im Gegensatz dazu keine auffälligen Abweichungen. Das Material ermöglicht in Kombination mit Beton die Herstellung von Bodenplatten und Geschossdecken, Ringankern und Stürzen sowie Unterzügen und Stützen ohne Verzerrungen des natürlichen Erdmagnetfeldes.

Praxisbeispiel MCS-gerechtes Wohnhaus in Zürich

Glasfaserbewehrung Schöck ComBAR® in einem MCS-gerechten Wohnhaus in Zürich.

Für Menschen, die an MCS – **Multipler Chemikalien-Unverträglichkeit** (Multiple Chemical Sensitivity) – erkrankt sind, ist es kaum möglich geeigneten Wohnraum zu finden. Sie reagieren bereits auf geringste **Chemikalienkonzentrationen** sowie **elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder** (EMF) in ihrer Umgebung mit **körperlichen Beschwerden bis hin zu chronischer Erschöpfung**. Wer stark von MCS betroffen ist, kann keiner Erwerbstätigkeit mehr nachgehen und sieht sich zunehmend sozial isoliert.



Abb. 4-1: Das am südlichsten Siedlungsrand gelegene Grundstück wurde nach umfassenden baubiologischen Untersuchungen von der Stadt Zürich zur Verfügung gestellt.

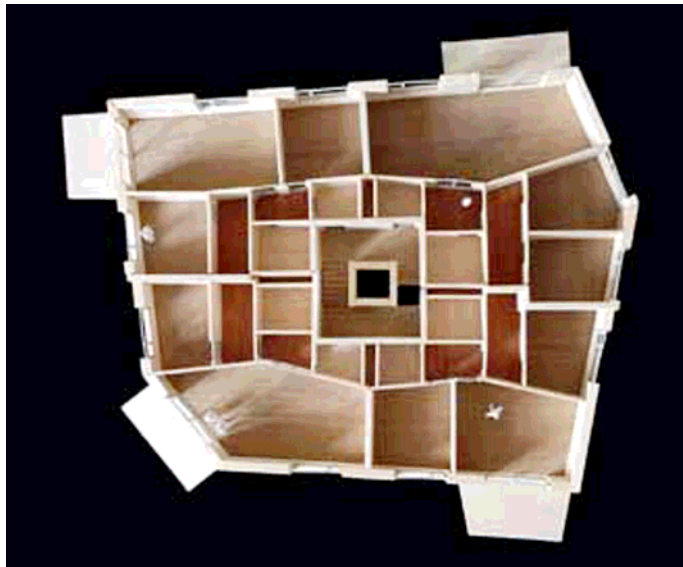


Abb. 4-2: Das Zwiebelschalenprinzip: vom Zugang im inneren Kern aus gelangt man über „reinigende“ Schleusen in die Aufenthaltsräume an den Außenseiten des Gebäudes.

Auf einem unter baubiologischen Aspekten gründlich evaluierten Grundstück in Zürich Leimbach entstehen auf 875 m² fünfzehn 2- bis 3-Zimmer Wohnungen, die speziell auf die Bedürfnisse dieser Erkrankten ausgerichtet sind. Ausgeführt wird das bisher einzigartige Projekt von Andreas Zimmermann Architekten, Zürich. Eine besondere Herausforderung bei diesem Projekt ist die Materialfindung. Alle Materialien, welchen die Mieter ausgesetzt sind (Putze, Bodenbeläge, Fugenmaterialien etc.), müssen an einer Gruppe von MCS-Betroffenen getestet werden.

Vermeidung von Erdmagnetfeldverzerrungen

Andy Schmidiger vom Zentrum für Elektrobiologie und anverwandte Fragen, Retschwil/Schweiz, wurde eigens für das Züricher Bauvorhaben als Elektrobiologie-Spezialist beauftragt. Aufgrund seiner Empfehlung werden umfangreiche Maßnahmen umgesetzt, um schädigende Einflüsse durch statische sowie hoch- und niederfrequente EMF zu verringern. Er führte eine vergleichende Messung der Magnetfelder an einem Stahlarmierungs- und einem ComBAR®-Gitter durch und kam zu dem Schluss, dass durch den Einsatz der alternativen Glasfaserbewehrung vagabundierende Fehl- und Ausgleichsströme in der Bewehrung und eine Verzerrung des Erdmagnetfelds insbesondere in den Erholungsbereichen vermieden werden.



Abb. 4-3a u. b: Mit Schöck ComBAR® wurden sowohl Wände als auch Geschossdecken bewehrt.

Spezielle Arbeitsweise auf der Baustelle

Die Vorgabe, Schadstoffe möglichst zu vermeiden, prägt auch die Arbeitsweise auf der Baustelle. Es gilt beispielsweise absolutes Rauchverbot. Beim Baubetrieb sollen möglichst keine Chemikalien zum Einsatz kommen. Montageschäume und Spraydosen dürfen nicht eingesetzt werden. Der Zeitplan gestaltet sich wesentlich straffer als üblich, da beim Betonieren weder Fließmittel, Verzögerer oder sonstige Betonzusatzmittel verwendet werden dürfen.

Bauherr:	Wohnbaugenossenschaft Gesundes Wohnen MCS 8005 Zürich	Architekt:	Andreas Zimmermann Architekten AG 8004 Zürich
Tragwerksplaner:	Heyer Kaufmann Partner Bauingenieure AG 8032 Zürich	Bauleitung:	WT Partner GmbH 8004 Zürich
Bauunternehmen:	Gautschi Bau AG 8910 Affoltern am Albis	Baukosten:	6 Mio. Schweizer Franken
Fertigstellung:	Herbst 2013		

Weitere Anwendungsgebiete aufgrund der Materialeigenschaften

Korrosions- / Chemikalienbeständigkeit

Aufgrund seiner Korrosions- und Chemikalienbeständigkeit kann bei Schöck ComBAR® mit einer geringeren Betonüberdeckung gearbeitet werden als bei Betonstahl. Selbst in stark aggressiven Umgebungen ist bei Schöck ComBAR® nicht mit Korrosion zu rechnen.



Abb. 5-1: Beispiel Brückenbau: Bonchere Bridge, Deacon, Ontario, Kanada, 2012



Abb. 5-2: Beispiel Uferbefestigung (Salzwasser): Royal Villa, Qatar, 2009

Keine elektrische Leitfähigkeit und keine Magnetisierbarkeit

Die Funktionalität hochsensibler Messeinrichtungen (z.B. Mikroskope auf Basis der Elektronenoptik, wie REM, TEM) kann durch magnetisierten Stahl in ihrer Umgebung beeinträchtigt werden. Schöck ComBAR® ist weder elektrisch leitend noch magnetisierbar, somit können Bauteile völlig stahlfrei hergestellt werden.

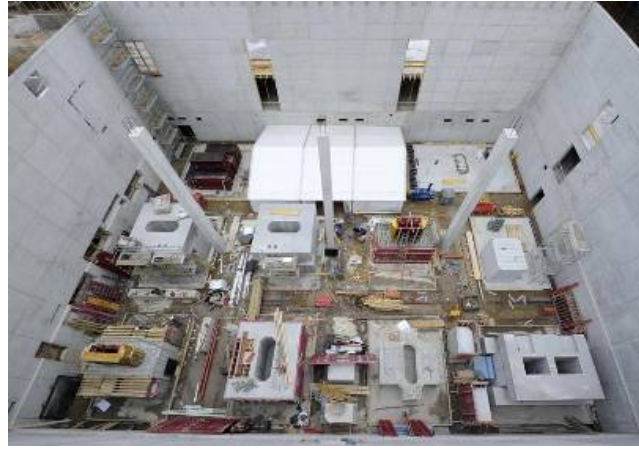
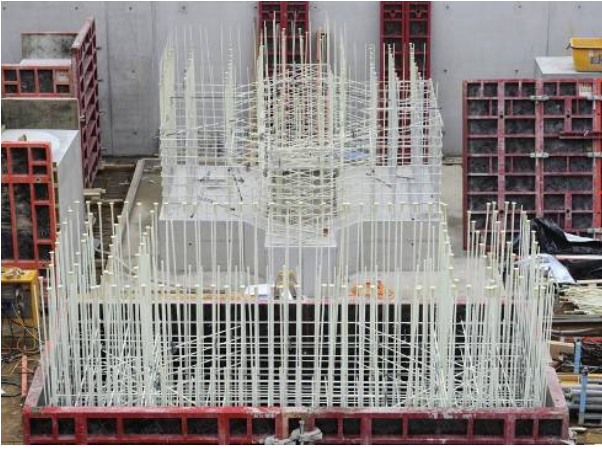


Abb. 5-3a u. b: Fundamentsockel für Raster-Elektronenmikroskope, MPI Festkörperforschung Stuttgart, 2011

Zerspanbarkeit

Tunnelbohrmaschinen sind gewaltige Kolosse mit Bohrkopfdurchmessern bis zu 20 m und bis über 200 m Länge, die sich auch durch härtestes Gestein arbeiten. Doch sobald sie auf Bewehrungsstahl in Schachtwänden stoßen, gibt es kein Durchkommen mehr. Jeder einzelne Bewehrungsstab muss von Hand zeitaufwendig durchtrennt werden. Die Arbeiten sind gefährlich, da sie in Schächten ausgeführt werden müssen, bei denen mit Eindringen von Wasser zu rechnen ist.

Schöck ComBAR® ist zerspanbar, somit kann eine mit ComBAR® bewehrte Wand mit der Tunnelbohrmaschine einfach durchfahren werden.



Abb. 5-4: Durchbruch der Tunnelbohrmaschine, City Tunnel, Malmö, Schweden, 2007



Abb. 5-5a u. b: Schlitzwände für den Autobahntunnel unter der Weichsel, Air-Sea Link Gdansk, Polen, 2012

Energieeinsparung im Hochbau

Sandwichwände sind Fassadenelemente aus Betonfertigteilen, die aus einer tragenden Innenschale und einer Sichtaußenschale bestehen. Zwischen den Schalen befindet sich eine Schicht Wärmedämmung. Beide Schalen werden mittels Anker miteinander verbunden. Um Wärmeverluste über diese Anker zu vermeiden, muss deren Wärmeleitfähigkeit möglichst gering sein.

Die Wärmeleitfähigkeit von ComBAR® ist 30 mal geringer als die von Edelstahl und sogar 120 mal geringer als die von Betonstahl.



Abb. 5-6a u. b: Kerngedämmte Sandwich- und Doppelwände mit dem Schöck ComBAR®-Thermoanker, links vor der Befüllung mit Ortbeton, rechts nach der Befüllung als Vollfertigteil

Literatur

- [1] Partsch, Susanna: Wie die Häuser in den Himmel wuchsen – Die Geschichte des Bauens; Hanser, 1999
- [2] Wikipedia: Opus Caementitum;
http://de.wikipedia.org/wiki/Opus_caementitium
- [3] Leonhardt, Fritz; Mönning, Eduard: Vorlesungen über Massivbau, Teil 1: Grundlagen zur Bemessung im Stahlbetonbau; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1984
- [4] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2009
- [5] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 488-1:2009-08: Betonstahl – Teil 1: Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2010
- [6] Schöck Bauteile GmbH: Schöck ComBAR®, Technische Information; Schöck Bauteile GmbH, Baden-Baden, 2012
- [7] Ibach, K.-H.; Jütte, B.; Luber, B.: Das Schöck ComBAR® Konstruktionshandbuch; Schöck Bauteile GmbH, Baden-Baden, 2012
- [8] Deutsches Institut für Bautechnik DIBt: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-1.6-238; DIBt, Berlin 2011
<http://publikationen.dibt.de/service/history/zulhistory.aspx?zulnr=Z-1.6-238&zul=Z-1.6-238&language=de>
und

http://www.schoeck.de/upload/documents/flashbook/de/schoeck_combar_/zulassung_combar_z_1.6_238_11-11-10_1085/index.html

- [9] Moldan, D.: Bericht zur Bestimmung der Flussdichten magnetischer Gleichfelder an Bewehrungen aus Stahl und Schöck ComBAR®; Iphofen 2011
- [10] Baubiologie Maes; Institut für Baubiologie + Oekologie Neubeuern: Standard der baubiologischen Messtechnik SBM-2008;
www.baubiologie.de/downloads/standard2008.pdf
- [11] Baubiologie Maes; Institut für Baubiologie + Oekologie Neubeuern: Ergänzung zum Standard der baubiologischen Messtechnik SBM-2008 – Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche;
www.baubiologie.de/downloads/RICHTWERTE_2008.PDF

© Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V. 2013

Sandberg 7

21266 Jesteburg

info@baubiologie.net

www.baubiologie.net

Im Verlag des AnBUS e.V., Fürth

ISBN 978-3-9814025-3-7

Bestellung von Tagungsbänden:

www.baubiologie.net/literatur-und-presse/tagungsbaende-emv-tagungen-des-vdb/