

Grundlagenbetrachtung zum Thema

Betonverdichtung Der Einsatz von Innenvibratoren

Mit freundlicher Genehmigung von Weber-mt



Bau- & Industrietechnik
Inhaberin: Simone Seilz
Rauschwalder Straße 48a
02826 Görlitz

Telefon: 03581 – 31 88 40

Telefax: 03581 – 31 88 41

Email: post@bau-industrietechnik.de

Internet: www.bau-industrietechnik.de

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) Stephan Düsterhaupt

Ausgabedatum: 3. Mai 2006

Vorwort

Der Einsatz von qualitativ hochwertigem Werkzeug, sogenannte Innenvibratoren, stellt die halbe Miete beim Verdichten von Beton dar. Darüber hinaus garantiert neben qualitativ hochwertigen Ausgangsstoffen zur Betonherstellung (einschließlich ihrer sachgemäßen Verarbeitung) der korrekte Umgang mit der Technik ein optimales Verdichtungsergebnis.

Die folgenden Seiten stellen dem Leser kompakte Informationen rund um das Thema „Betonverdichtung“ bereit, die Wahl und den Gebrauch von Innenrüttlern erläutern.

Inhaltsverzeichnis

1.	Beton – Betonbestandteile und Betonzusätze	6
2.	Ziel der Betonverdichtung	7
3.	Womit wird der Boden verdichtet?	8
4.	Verdichtung mit Innenrüttlern	9
4.1.	Funktionsweise von Hochfrequenz-Innenvibratoren	9
4.2.	Ausführungen.....	10
4.3.	Hinweise für den Einsatz.....	11

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1	Betonverdichtung mit einem Innenvibrator.....	7
Abb. 2	Elektrischer Innenrüttler (IV-/IVUR-Serie)	10
Abb. 3	Mechanischer Pendel-Innenrüttler (MVX-Serie).....	11
Abb. 4	Einsatzbeispiel des Innenvibrators	11
Abb. 5	Wirkungsdurchmesser der Rüttelflasche.....	11
Abb. 6	Optimale Führung der Rüttelflasche im Betongemisch	12
Tab. 1	Gebräuchliche Verdichtungstechnik.....	8
Tab. 2	Übersicht – benötigte Flaschendurchmesser	12

1. Beton – Betonbestandteile und Betonzusätze

Der Baustoff „**Beton**“ besteht zunächst aus Zement, der wie folgt unterschieden wird:

- CEM I – Portlandzement
- CEM II – Portlandkompositzement
- CEM III – Hochofenzement

Darüber hinaus werden dem Zement Zuschläge und Gesteine, z. B. Kies, Sand, Granit, beigemischt. Alternativ kommen künstliche Zuschläge wie Hochofenschlacke zum Einsatz. Mit der Zugabe von Anmachwasser ist die Betonmischung vollständig und kann bereits verarbeitet werden.

Nicht jeder Beton ist für jedes Bauvorhaben geeignet. Die spezifischen Betoneigenschaften wie Aussehen und Härte lassen sich durch Zusatz von ausgewählten Bauzusatzstoffen, d. h. Gesteinsmehle, Farbpigmente und Stahlfasern, beeinflussen.

Die chemische Zusammensetzung wird mit sogenannten Betonzusatzmitteln abgerundet. Verflüssiger, Luftporenbilder, Verzögerer usw. sind Hilfsmittel der Betontechnologie – sie garantieren eine optimale Verarbeitung bzw. Abbindung des Betongemisches in einer hinreichend kurzen Zeit.

Die Regelung der Betonherstellung erfolgt in Deutschland durch die **DIN 1045**.

2. Ziel der Betonverdichtung

Das Ziel der Verdichtung ist die Herabsetzung des Luftgehaltes im Beton auf ein bis zwei Prozent.



Abb. 1 Betonverdichtung mit einem Innenvibrator

Die Verdichtung bewirkt:

- Schließen von Luftporen (Luftporen steigen auf und die Hohlräume schließen sich durch Beton)
- das Rütteln hebt die innere Reibung im Frischbeton auf
- Aufheben von Gefügestörungen (Umlagern von Sand/Kies, schließen der Hohlräume)
- Umschließen der Bewehrung mit Beton
- Herstellen der benötigten Betondichtigkeit und Betonfestigkeit

In diesem Zusammenhang wird erwähnt, dass bei der Betonherstellung auf einen optimalen Wasser-Zement-Wert geachtet werden muss. Dadurch wird garantiert, dass die Rüttelflasche das Gefüge sauber verdichten kann.

Durch die Verdichtung wird die Widerstandsfähigkeit gegenüber Flächenlasten (Drücken) erhöht und die Wasserdurchlässigkeit stark reduziert.

3. Womit wird der Boden verdichtet?

Grundlage: **DIN 1045**

Seit Juli 2001 werden neue Konsistenzklassen beschrieben, von F1 (steif) bis F6 (sehr fließfähig → selbstverdichtender Beton).

Die Art der Verdichtung ist u. a. abhängig von der Konsistenz des Betons. Die gängigste Betonkonsistenz dürfte im Bereich KR (weich) liegen. Die gegenwärtig gebräuchlichste Verdichtungsart ist die mit Innenrüttlern/Innenvibratoren bzw. Außenrüttlern/Vibrationsmotoren.

Verdichtungsart	Konsistenz des Bodens			
	steif KS	plastisch KP	weich KR	fließfähig KF
Stampfen	•			
Oberflächenrüttler (Platte, Stampfer)	•			
Oberflächenrüttler (Bohle, Schiene)	•	•	•	•
Innenrüttler	•	•	•	•
Außenrüttler		•	•	•
Stochern bzw. mehrmaliges Abziehen			•	•
zusätzliches Klopfen an der Schalung		•	•	•

Tab. 1 Gebräuchliche Verdichtungstechnik

4. Verdichtung mit Innenrüttlern

Im Jahr 1926 hatte ein Franzose die Idee, eine Druckluft-Rüttelflasche zur Verdichtung in Beton zu tauchen. Ab 1933 kamen alternativ elektrisch angetriebene Rüttelflaschen zum Einsatz. Innenrüttler gibt es heute in Flaschendurchmessern von ca. 30 bis 80 mm.

Wichtig ist die Frequenz, mit der sich die durch den Verdichter erzeugten Schwingungen im Beton ausbreiten. Die Schwingungen mit der entsprechend benötigten Frequenz sollen die Zuschlagsstoffe (0,25 bis 32 mm) und den Zement in Bewegung versetzen.

Das beste Verdichtungsergebnis wird in dem Moment erreicht, wenn die Schwingungsfrequenz mit der Eigenfrequenz der Körner übereinstimmt. In diesem Fall spricht man von der sogenannten Resonanz, d. h. die Rüttelflasche erreicht mit ihrem eingebrachten Energiebetrag eine vergleichsweise hohe Wirkung.

- kleine Körner = vergleichsweise hohe Eigenfrequenz
- größere Körner = vergleichsweise niedrige Eigenfrequenz

Umfassende Untersuchungen (z. B. an der TH Aachen) ergaben, dass Innenrüttler ihre optimale Verdichtungswirkung bei einer Betriebsfrequenz von 200 Hertz, d. h. 200 Schwingungen pro Sekunde, erreichen.

4.1. Funktionsweise von Hochfrequenz-Innenvibratoren

Hochfrequenz-Innenvibratoren bzw. die im Vorfeld als elektrische Innenvibratoren bezeichneten Geräte besitzen einen eingebauten Hochfrequenz-Elektromotor. Dieser wird über einen Frequenz- und Spannungsumformer mit Strom versorgt.

Der Frequenz- und Spannungsumformer wird primärseitig wahlweise an eine 230-Volt-Wechselstromsteckdose (Weber FUE- und EFU-Typen) oder an 400-Volt-Drehstrom (Weber FUD-Typen) angeschlossen.

Innerhalb des mechanischen oder elektronischen Umformers ist sekundärseitig ein Stromkreis integriert, der eine auf 200 Hz erhöhte Frequenz der Rüttelflasche bereitstellt. Mit der gleichzeitigen Reduzierung der Spannung auf eine Kleinschutzspannung von i. d. R. 48 Volt wird ein hohes Maß an Arbeitssicherheit erreicht. Sonderspannungen, z. B. 250 Volt, finden vorwiegend in Betonfertigteilwerken Verwendung.

Innerhalb des Innenvibrators sitzt der Motor, bestehend aus Stator und Rotor. Die Funktion der Rüttelflasche basiert auf einer rotierenden Masse, einer sogenannten „Unwucht“, die auf der Rotorwelle montiert ist.

Die durch die Unwucht verursachte Fliehkraft wird maßgeblich durch die rotierende Masse, deren Exzentrizität sowie deren Rotationsfrequenz bestimmt.

Die Amplitude der Schwingung berechnet sich zu:

$$F_{\text{Unwucht}} = e \cdot m \cdot \omega^2 \quad (1)$$

$$F_{\text{Unwucht}} = e \cdot m \cdot (2 \cdot \pi \cdot f_{\text{Rot}})^2 \quad (2)$$

Die periodisch wirkende Kraftamplitude F_{Unwucht} beschleunigt die Körnung innerhalb des Betongefüges. Aufgrund von innerer Reibung ist die Rüttelwirkung unmittelbar an der Oberfläche der Rüttelflasche am größten. In der Regel geht man davon aus, dass der Wirkungsdurchmesser dem 10-fachen des Flaschendurchmessers entspricht.

Der Beton wird verdichtet.

4.2. Ausführungen

Zum Einsatz kommen folgende Ausführungen:

Elektrischer Innenvibrator



Abb. 2 Elektrischer Innenrüttler (IV-/IVUR-Serie)

Mechanischer Innenvibrator



Abb. 3 Mechanischer Pendel-Innenrüttler (MVX-Serie)

4.3. Hinweise für den Einsatz

Die folgend aufgeführten Einsatz-Tipps und Angaben zur Verdichtungszeit orientieren sich an der DIN 4235 Teil 2.

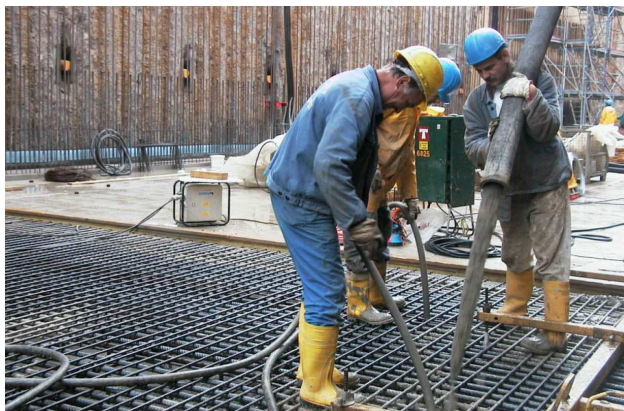


Abb. 4 Einsatzbeispiel des Innenvibrators

Führung der Rüttelflasche

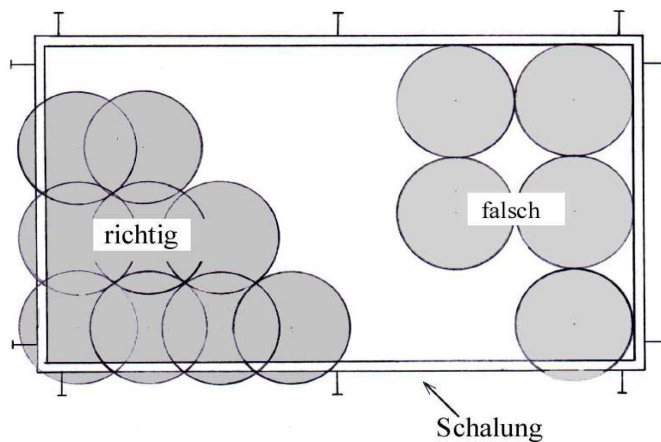


Abb. 5 Wirkungsdurchmesser der Rüttelflasche

Der Wirkungsdurchmesser eines Innenrüttlers entspricht etwa dem 10-fachen Flaschendurchmesser. Dort, wo der Innenrüttler vertikal eingetaucht wird, ist er so einzusetzen, dass sich die Wirkungsdurchmesser an den einzelnen Tauchstellen einwandfrei überdecken. Hieraus ergibt sich auch die Wahl des Innenrüttlers mit einem hinreichend großen Flaschendurchmesser.

Welcher Flaschendurchmesser wird benötigt?

außergewöhnlich enge Schalungen, dicht bewehrte Konstruktionen	< 30 mm
schmale und dicht bewehrte Konstruktionen, z. B. Wände	30 bis 50 mm
normale Wand- u. Deckenausführungen in Wohn-, Industriegebäuden, Brücken	50 bis 70 mm
Massenbeton für Stau Mauern etc. (oft von 2 Mann bedient)	> 70 mm

Tab. 2 Übersicht – benötigte Flaschendurchmesser

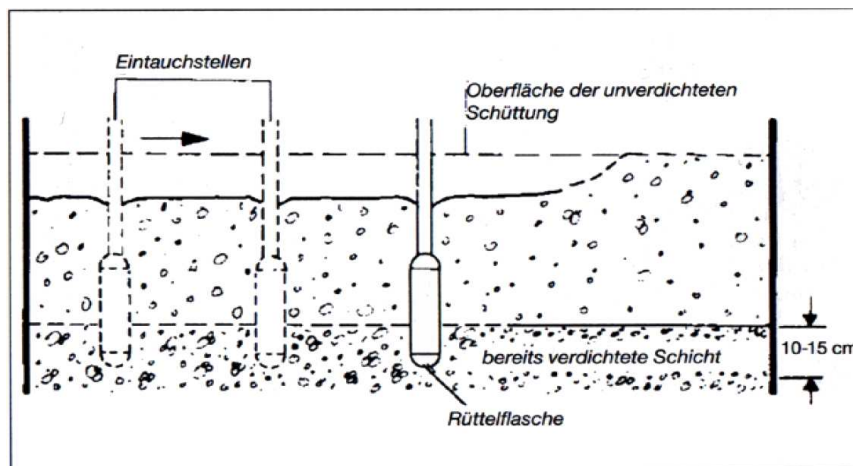


Abb. 6 Optimale Führung der Rüttelflasche im Betongemisch

Das Eintauchen eines Innenrüttlers in den Beton sollte zügig, im Gegensatz dazu das Herausziehen, langsam erfolgen. Dies garantiert eine optimale Verdichtungswirkung und das Homogenisieren der Betonmischung.

Beim Betonieren von dünnen Betondecken wird der Innenrüttler schräg eingetaucht und durch den Beton gezogen. Unnötig langes Laufen des Innenrüttlers an der Luft ist zu vermeiden. Der Beton kühlt den Innenrüttler. Bei zu heiß gewordenen Geräten können Wicklung und Lager beschädigt werden, oder die Thermosensoren schalten das Gerät aus (WVN & WIF).

Verdichtungszeit

Nach dem Aussehen der Betonoberfläche kann beurteilt werden, wann der Beton fertig gerüttelt ist. Eine Betonoberfläche, die zuerst locker und matt war, wird geschlossen und blank. Die Oberfläche ist mit Feinmörtel geschlossen. Es steigen keine Luftblasen mehr auf. Pro Eintauchstelle beträgt die Rütteldauer, je nach Konsistenz, ca. 15 Sekunden.