

Untersuchungen über den Energieaustausch bei der Bodenverdichtung mit Sprungrüttlern

Von der Fakultät für Bauwesen der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
genehmigte Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs

Vorgelegt von
Dipl.-Ing. Georg Dimpfl
aus München

Referent: Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. G. Garbotz
Korreferenten: Professor Dr. techn. W. Jurecka
Professor Dr.-Ing. K. Lürenbaum

Tag der mündlichen Prüfung: 7. Dezember 1965

ISBN 978-3-322-98397-8 ISBN 978-3-322-99145-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-322-99145-4

Dieser Bericht erscheint gleichzeitig unter Nr. 1780
in den Forschungsberichten des Landes Nordrhein-Westfalen
im Westdeutschen Verlag, Köln und Opladen

D 82
(Diss. T. H. Aachen)

Vorwort

Die Verdichtung von Böden durch Rütteln geht auf Beobachtungen zurück, die HERTWIG [14] vor etwa drei Jahrzehnten anlässlich dynamischer Baugrunduntersuchungen bei der Deutschen Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik (Degebo) machte. Es handelt sich also um ein noch ziemlich junges Verfahren, dessen Anwendung in der Bauwirtschaft erst in den Jahren nach dem Krieg einen nennenswerten Umfang angenommen hat. Die stürmische Verbreitung, die die Rütteltechnik infolge ihrer wirtschaftlichen und technischen Vorteile im Lauf der letzten Jahre fand, löste auch eine rege Entwicklung von Rüttelverdichtern zahlreicher Bauarten und Größen aus und schuf damit das Bedürfnis nach einer systematischen, wissenschaftlichen Untersuchung des Verdichtungs Vorganges und der Möglichkeiten zu seiner Beeinflussung. Allerdings ist es trotz intensiver Forschung bis heute nicht gelungen, dem Konstrukteur ausreichende Unterlagen für die zweckmäßige Auslegung eines Rüttlers zur Verfügung zu stellen, so daß die Entwicklung neuer Maschinen im wesentlichen immer noch empirisch vor sich geht. Es liegt auf der Hand, daß hierbei die Erzielung optimaler Ergebnisse weitgehend dem Zufall überlassen ist und von einer gezielten Entwicklung für spezielle Anforderungen keine Rede sein kann.

Mit der vorliegenden Arbeit wird deshalb versucht, durch die Verbindung von theoretischen Überlegungen mit Modellversuchen einen Weg zu finden, der zumindest über die qualitativen Zusammenhänge zwischen den Bewegungsgrößen eines Rüttlers und seiner Verdichtungswirkung allgemein gültige Aussagen ermöglicht. Um die grundsätzlichen Abhängigkeiten möglichst klar hervortreten zu lassen, sollen dabei für die zur Ableitung der theoretischen Gesetze erforderlichen Modelle absichtlich einfache Kombinationen verwendet werden, die mit den Methoden der elementaren Schwingungslehre behandelt werden können.

Die Veröffentlichung ist das Ergebnis von Untersuchungen, die am Institut für Baumaschinen und Baubetrieb der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule in Aachen durchgeführt wurden. Es ist dem Verfasser ein aufrichtiges Anliegen, an dieser Stelle dem Leiter des Instituts, Herrn Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. G. GARBOTZ und seinem Nachfolger, Herrn Professor Dr. W. JURECKA, für die Übertragung der Arbeit sowie für die Unterstützung bei der Durchführung derselben ganz besonders zu danken. Auch die großzügige finanzielle Förderung der Versuche durch den Herrn Kultusminister des Landes Nordrhein-Westfalen sei hier dankbar hervorgehoben.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	9
2. Aufbau und Einteilung der Rüttelverdichter	11
2.1. Die Krafterzeugung	11
2.2. Die Art des Schwingungssystems	12
2.3. Die Energieabgabe an den Boden	13
2.4. Art der Fortbewegung	14
3. Die vorliegende Literatur	15
3.1. Theorien über die Ursachen der Verdichtungswirkung	15
3.2. Zusammenhang von Bewegungsverlauf und Antriebsgrößen des Sprungrüttlers	17
3.3. Die elastischen Eigenschaften des Bodens	18
4. Dynamik der Rüttlerbewegung	21
4.1. Das Bodenmodell	21
4.2. Der Auflastrüttler	22
4.2.1. Bewegungsgleichung des Auflastrüttlers	22
4.2.2. Vergrößerungsfaktoren	24
4.2.3. Die zweckmäßige Erregerfrequenz	27
4.2.4. Die auf den Boden wirkende Kraft	27
4.2.5. Die zum Abheben erforderliche Erregerkraft	28
4.3. Der Sprungrüttler	29
4.3.1. Gleichung der freien, gedämpften Schwingung	30
4.3.2. Maßgebende Größen für die Bodenverformung	32
5. Versuche zur Bestimmung der Bodeneigenschaften bei stoßartiger Beanspruchung	33
5.1. Zweck der Versuche	33
5.2. Versuchsanordnung	33
5.2.1. Verdichtungsgerät	33
5.2.2. Der Versuchsboden	34
5.3. Programm und Ablauf der Versuche	36

6. Die Meßgeräte	38
6.1. Messung des Bodenraumgewichtes	38
6.2. Messung der Bewegungsgrößen des Stampfkörpers	40
6.2.1. Schema der Messung	40
6.2.2. Verwendete Meßgeräte	42
7. Prinzip und Programmierung des Analogrechners	44
7.1. Das Wesen der analogen Darstellung	44
7.2. Grundlagen der Programmierung	45
7.3. Programmierung der gegebenen Aufgabe	48
7.4. Erprobung der Meßeinrichtung	51
8. Versuchsergebnisse	53
8.1. Auswertung der Diagramme	53
8.2. Allgemeine Aussagen über den Verdichtungsvorgang	54
8.3. Einflüsse auf die erreichbare Lagerungsdichte des Bodens	57
8.4. Einflüsse auf die Eigenfrequenz des Bodens	59
8.5. Einflüsse auf die Dämpfung des Bodens	63
9. Anhaltswerte für die Auslegung und den Betrieb von Sprungrütlern ..	67
9.1. Wahl der Aufschlaggeschwindigkeit	67
9.2. Wahl der statischen Flächenlast	67
9.3. Wahl der Auflagezeit	68
10. Zusammenfassung	69
10.1. Verwendete Formelzeichen	70
11. Literaturverzeichnis	71