

Concrete Block Machines

Parameters to Describe the Dynamic Characteristics of Production Boards

Betonsteinfertiger

Kenngrößen zur Beschreibung der dynamischen Eigenschaften von Unterlagsplatten

Autoren



Dr. Ulrich Palzer

Seit 07/2007 Institutsdirektor
des IFF Weimar e. V. ;
Seit 1995 Geschäftsführer der
PBM Projektbau- und Bau-
management GmbH,
Weimar - Tätigkeit
als Bau- und Projektleiter bei
Großprojekten;
1990-1995 Geschäftsführer
der Ritter Gruppe Erfurt;
1990 Promotion;
1984-1989 wissenschaft-
licher Assistent
1979-1984 Studium der Bau-
stoffverfahrenstechnik an der
Hochschule für Architektur
und Bauwesen Weimar,
heutige Bauhaus-Universität
Weimar (BUW)
Fachrichtung Silikatechnik
kontakt@iff-weimar.de

So-called board machines are used for the manufacture of the major share of concrete products in Germany and Europe. These are concrete block machines that mold and compact the items directly on production boards (or base plates) (Fig. 1). These boards are also used for the transport and storage of the products in high-bay racks until the layers are stacked upon each other.

A very intense shock vibration process is normally used for the molding and compaction of the concrete mix. This method uses coordinated movements of individual sub-assemblies of the production system (working masses) to generate periodic impact sequences in defined intensities that are transferred into the concrete mix to be compacted via the molding subassembly. The production boards are part of the working masses of the block machine's vibratory subassembly, which is a complex oscillation system whose design is of key importance with regard to the achievable quality of the concrete products. Beyond the characteristics of the concrete mix, the interaction of the four working masses (elements), i.e. of the vibration table, mold, production board and tamper head, determines the outcome of the molding and compaction process, and thus the properties of the product.

For the four main subassemblies (vibration table, mold, tamper head and feed box), a wide range of research findings, practical experience and relevant parameters exist that determine their function within the vibratory subassembly and the influence on the molding and compaction process. By contrast, the amount of knowledge published on production boards and their dynamic characteristics and associated parameters is still extremely limited.

Some papers have been published on the service life of boards ([1], [2], [3]). In addition, empirical evidence exists with respect to the dynamic transfer behavior of various board designs within the vibratory subassembly, and on their influence on the molding and compaction of the concrete mix. However, the relevant considerations contain only verbal statements such as "highly appropriate". This expertise and the unit price form the basis on which precast plant operators have to decide in favor or against a certain board material.

In simple terms, the industry has adopted the general view that low-cost materials such as softwood transfer vibration less efficiently and have a relatively short service life. New materials or board designs are difficult to launch

Der Hauptanteil der in Deutschland und Europa gefertigten Betonwaren wird in sogenannten Brettfertigern produziert. Dabei handelt es sich um Betonsteinfertiger, die die Produkte unmittelbar auf Unterlagsplatten (Brettern) formen und verdichten (Abb. 1). Auf diesen Platten werden die Produkte außerdem transportiert und bis zum Stapeln der Produktlagen in Hochregalen gelagert.

Die Formgebung und Verdichtung des Betongemenges erfolgt in der Regel durch das sehr intensive Schockvibrationsverfahren. Dabei werden durch koordinierte Bewegungen von Baugruppen des Fertigungssystems (den Arbeitsmassen) periodische Stoßvorgänge bestimmter Intensität erzeugt, die über die formgebende Baugruppe in das zu verdichtende Betongemenge eingeleitet werden. Die Unterlagsplatten gehören zu den Arbeitsmassen des Vibrationsverbandes eines Betonsteinfertigers.

Der Vibrationsverband ist ein komplexes Schwingungssystem, dessen Auslegung für die erreichbare Qualität der Betonwaren von wesentlicher Bedeutung ist.

Das Zusammenspiel der vier Arbeitsmassen (Elemente) Vibrationstisch, Form, Unterlagsplatte und Auflast entscheidet neben den Eigenschaften des Betongemenges über das Ergebnis des Formgebungs- und Verdichtungsprozesses und damit über die Produkteigenschaften.

Während für die vier Hauptbaugruppen Schwingtisch, Form, Auflast und Füllwagen Erkenntnisse aus wissenschaftlichen Untersuchungen, Erfahrungen und Kennwerte zu ihrer Funktion innerhalb des Vibrationsverbandes und ihrem Einfluss auf die Formgebung und Verdichtung vorliegen, ist das publizierte Wissen zu Unterlagsplatten, zu deren dynamischen Eigenschaften und entsprechenden Kennwerten sehr gering.

Neben Veröffentlichungen zur Lebensdauer ([1], [2], [3]) existieren empirische Erkenntnisse zum dynamischen Übertragungsverhalten unterschiedlicher Platten innerhalb des Vibrationsverbandes und zu ihrem Einfluss auf die Formgebung und Verdichtung des Betongemenges. Die Ausführungen enthalten jedoch lediglich verbale Aussagen wie „sehr gut geeignet“. Dieses Erfahrungswissen und der Stückpreis sind die Eckpunkte, anhand derer ein Anlagenbetreiber seine Entscheidung für oder gegen einen Plattenwerkstoff fällen muss.

Vereinfacht ausgedrückt ist es allgemeine Ansicht in der Branche, dass kostengünstige Werkstoffe wie Weichhölzer für eine weniger effiziente Schwingungsübertra-

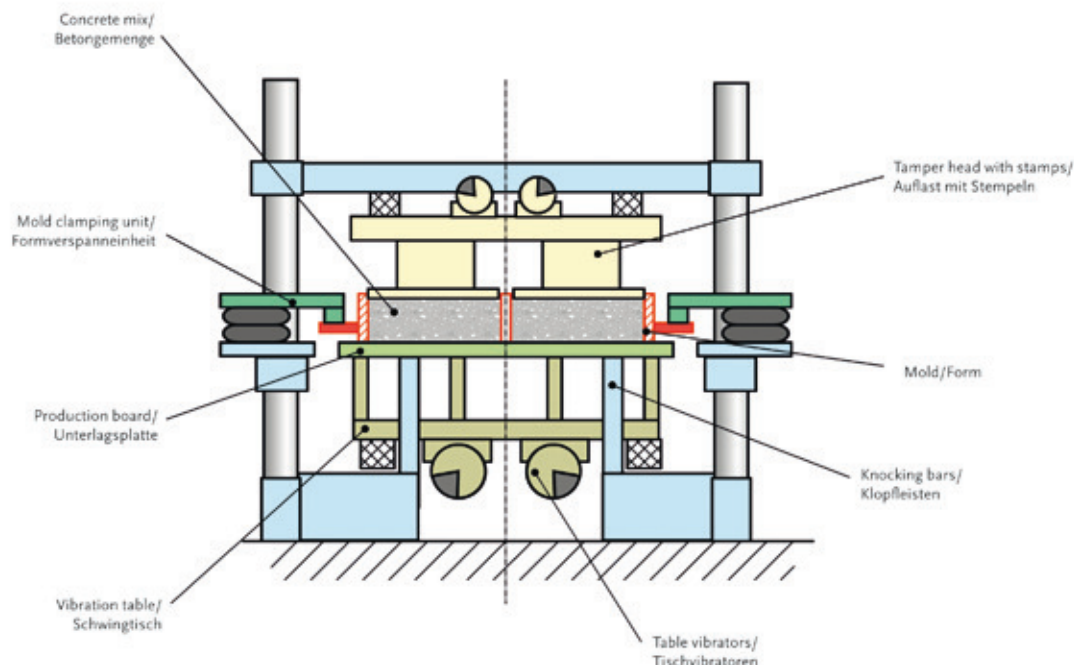


Fig. 1 Vibratory subassembly of a concrete block machine (schematic view)

Abb. 1 Vibrationsverband eines Betonsteinfertigers (Schema)

also because no objective testing methods have been established to date that would permit a forecast of the anticipated compaction effects.

Although an obvious correlation exists between the type of material used for the board, its aging and wearing pattern and the expected product quality, no parameters have been identified to date that

- » objectively describe the relevant vibrational state of the production board
- » are easy to measure and
- » enable a sufficiently certain forecast of the product quality to be expected.

Taking account of this state of the art regarding production boards, a research project was initiated in order to investigate this subassembly and its influence on the molding and compaction process using the shock vibration method.

The project was to identify appropriate parameters for production boards that influence the compaction of the concrete mix. On this basis, board-specific parameters were to be defined.

In addition, methods and systems for the measurement of these parameters were to be established. An industrial-scale measuring device was to be developed and tested at a precast plant. This research was to answer the following questions:

- » Which board parameters influence the compaction process?

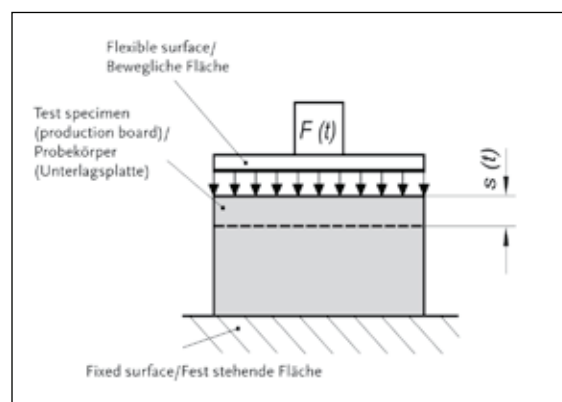


Fig. 2 Test setup and variables for parameter measurement according to Approach 1.

Abb. 2 Versuchsaufbau und Messgrößen zur Kenngrößenbestimmung nach Lösungsansatz 1.

gung sorgen und eine relativ geringe Lebensdauer aufweisen. Neue Werkstoffe bzw. neue Plattenausführungen sind u. a. auch deshalb schwer in den Markt einzuführen, weil es bisher keine objektiven Prüfmöglichkeiten gibt, die eine Prognose für die zu erwartenden Verdichtungs-wirkungen erlauben.

Obwohl zwischen dem Werkstoff bzw. der Werkstoffart einer Unterlagsplatte, ihrem Alterungs- und Verschleißzustand und der zu erwartenden Produktqualität ein Zusammenhang offensichtlich ist, sind bisher keine Kenngrößen bekannt, die

- » den schwingungstechnisch relevanten Zustand von Unterlagsplatten objektiv beschreiben,
- » die leicht messbar sind und
- » die eine hinreichend sichere Prognose auf die zu erwartende Produktqualität ermöglichen.

Mit diesem Stand der Technik zu Unterlagsplatten wurde ein Forschungsvorhaben angeregt, das im Schwerpunkt diese Baugruppe und ihren Einfluss auf die Formgebung und Verdichtung mit dem Schockvibrationsverfahren untersuchen soll.

Ziel des Projektes war es, geeignete Kenngrößen für Unterlagsplatten zu erarbeiten, die die Verdichtung des Betongemenges beeinflussen. Auf dieser Basis sollten werkstückspezifische Kennwerte bestimmt werden.

Weiterhin bestand die Aufgabe, Messverfahren und – vorrichtungen zur Messung dieser Kenngrößen zu erarbeiten sowie ein industrietaugliches Messgerät zu entwi-



Dipl.-Ing. Jürgen Martin
Seit 04./2006 stellvertretender Leiter des Forschungsbe-reiches Fertigteiltechnik am Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e. V. mit den Arbeitsschwer-punkten:
Konstruktion und Auslegung von Maschinen für die Herstellung von Bauelementen, insbesondere von Vibrations-formen und Erregersystemen
Seit 1997 am Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e. V. tätig
1975 bis 1979 Studium Elektronik-Technologie und Fein-gerätektechnik,
Fachrichtung Gerätetechnik, an der Technischen Universi-tät Dresden

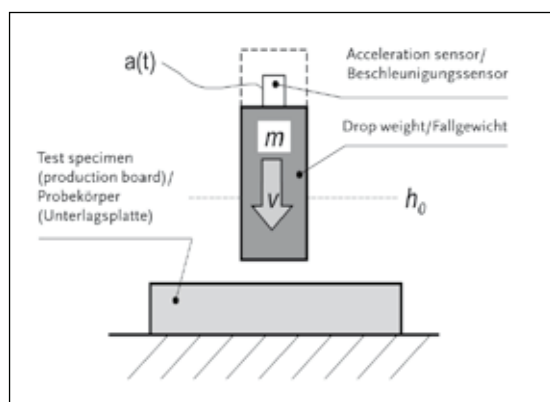


Fig. 3 Schematic view of the test setup according to Approach 2.

Abb. 3 Prinzipskizze der Prüfvorrichtung nach Lösungsansatz 2.

	Qualitative	Quantitative
Characteristics	» water tightness/resistance » resistance to cement » resistance to decay » rigidity » surface quality (smooth, without joints)	» evenness » structural strength » abrasion resistance » loading capacity » hardness » impact strength/resistance » transfer of vibration » torsional rigidity » dimensions, thickness » deflection » resistance to heat/moisture » modulus of elasticity

Table 1 Overview of production board characteristics.

	qualitativ	quantitativ
Eigenschaften	» Wasserdichtheit, -beständigkeit » Beständigkeit gegen Zement » Beständigkeit gegen Fäulnis » Biegesteifigkeit » Oberflächenqualität (glatt, fugenlos)	» Ebenheit » Tragfestigkeit » Abriebbeständigkeit » Belastbarkeit » Härte » Schlagfestigkeit, Schlagzähigkeit » Vibrationsübertragung » Verwindungssteifigkeit » Abmessungen, Dicke » Durchbiegung » Wärme-/Feuchtebeständigkeit » E-Modul

Tabelle 1 Übersicht Eigenschaften von Unterlagsplatten.

- » What are the effects of these parameters on the molding and compaction process and compaction quality?
- » Which parameters are typical of the individual board designs?
- » How can these parameters be measured quickly and easily in day-to-day factory operation?

Production boards and their vibrational characteristics

A large number of board characteristics has been described in the literature (e.g. [1], [2], [3], [4]) and in industrial practice. The overview in Table 1 shows selected qualitative and quantitative characteristics of production boards.

The qualitative characteristics cannot be used as parameters for production boards and for the establishment of a correlation with the compaction effect.

The only quantitative parameter for which a correlation with molding and compaction can be assumed is the modulus of elasticity.

Definition of appropriate parameters

Taking into account the necessity to consider the dynamic nature of equipment operation, the following selection criteria were used to evaluate the suitability of board char-

acters and these in a concrete structure to be tested. With the processing of the research project, the following questions should be answered:

- » Welche Kenngrößen der Platte beeinflussen den Verdichtungsprozess?
- » Wie wirken sich diese Kenngrößen auf den Formgebungs- und Verdichtungsprozess und auf das Verdichtungsergebnis aus?
- » Welche Kennwerte besitzen die unterschiedlichen Plattenkonstruktionen?
- » Wie können diese Kennwerte schnell und unkompliziert in der täglichen Praxis bestimmt werden?

Unterlagsplatten und deren Eigenschaften aus schwingungstechnischer Sicht

In der Fachliteratur (z.B.[1], [2], [3], [4]) bzw. in der industriellen Praxis wird eine Vielzahl von Platteneigenschaften beschrieben. Die Übersicht in Tabelle 1 zeigt ausgewählte qualitative und quantitative Eigenschaften von Unterlagsplatten.

Die qualitativ beschriebenen Platteneigenschaften sind als Kenngröße für eine Unterlagsplatte und den Zusammenhang zur Verdichtungswirkung nicht nutzbar.

Bei den quantitativ beschriebenen Eigenschaften ist lediglich beim E-Modul ein Zusammenhang zur Formgebung und Verdichtung zu vermuten.

Erarbeitung geeigneter Kenngrößen

Unter Berücksichtigung der maschinendynamischen Aufgabenstellung wurden folgende Auswahlkriterien für die Eignung einer Platteneigenschaft zur Gewinnung von Aussagen über die erreichbare Produktqualität (Verdichtungswirkung) herangezogen:

- » Erkennbarer Zusammenhang der Platteneigenschaft mit den schwingungstechnischen Eigenschaften (Beweglichkeit, Verformbarkeit)
- » Quantifizierbarkeit und deutliches „Auflösungsvermögen“ des Zusammenhanges
- » Realisierbares und kostengünstiges Messverfahren.
- Für die Untersuchungen wurden als stoffliche Eigenschaften der E-Modul, die Steifigkeit und die Dämpfung ausgewählt.

Fig. 4 View of the “test tongs” pilot-scale measuring device.

Abb. 4 Ansicht der kleintechnischen Messeinrichtung „Prüfzange“.

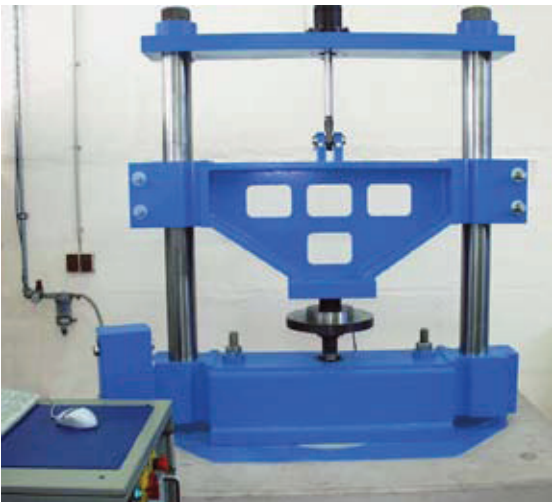


Fig. 5 Primary data gathered by the “test tongs” device: load-time curve (blue), deformation-time curve (red).

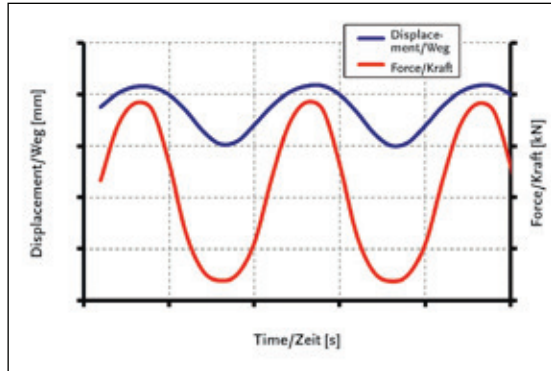


Abb. 5 Primärdaten der Messeinrichtung „Prüfzange“, Kraft-Zeit-Verlauf (blau), Verformung-Zeit-Verlauf (rot).

acteristics for deriving conclusions with regard to the achievable product quality (compaction effect):

- » clear correlation of the board characteristic with the vibrational properties (flexibility, ductility),
- » quantifiability and clear “resolvability” of the correlation
- » easy-to-implement, cost-effective measuring method.

The following material properties were selected as possible parameters to be dealt with in the theoretical and practical considerations and tests outlined below: modulus of elasticity, rigidity and damping.

Evaluation of measurability

Parameters that are considered appropriate must be measurable and capable of being handled during the process at a reasonable cost and technical effort. **Table 2** lists the properties to be determined and assesses their measurability.

The principle of using force and displacement sensors for measuring purposes is adjusted to the specific test setup selected. Piezoelectric sensors are well-suited to the measurement of acceleration. The measurement of force, length, displacement and acceleration is considered unproblematic. Measuring equipment must enable high sample frequencies (> 3 kHz) to reliably analyze impact processes when measuring acceleration.

Design and pilot testing of a measuring method

On the basis of the selected variables and their general measurability, two possible methods for the measurement of characteristic parameters and the required test setups were developed and evaluated with respect to their selection criteria and practical feasibility.

The significant magnitude of the dynamic impact is a common feature of both solutions. The functional areas of the production board (measured object) are subjected to dynamic impacts that generate deformation and deformation rates similar to the magnitude observed during intended use.

Solutions developed

Approach 1 – “test tongs” option

The production board (test specimen) is subjected to a harmonic load on a defined area and undergoes elastic deformation. Load-time and deformation-time curves are measured. Excitation frequencies are applied that correspond to the frequencies normally used during shock vibration (approx. 40 to 80 Hz). Rigidity and damping are calculated from the hysteresis loops of the load-displacement curves over time. **Fig. 2** shows the general arrangement of this measuring system.

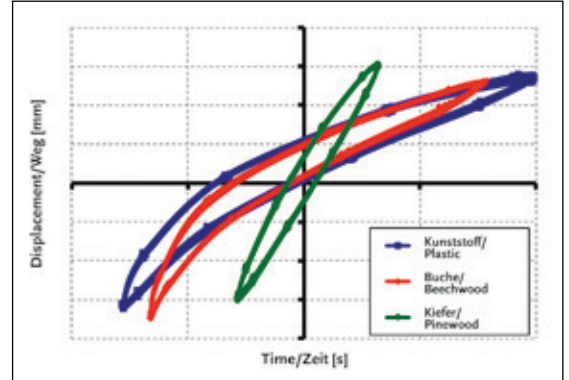


Fig. 6 Load-deformation curve for various production board materials.

Abb. 6 Kraft-Verformungs-Funktion verschiedener Unterlagsplattenwerkstoffe.

Prüfung der Messbarkeit

Die geeignet erscheinenden Messgrößen müssen mit vertretbarem technischen und zeitlichen Aufwand prozessnah gemessen und verarbeitet werden können. In **Tabelle 2** sind die zu ermittelnden Eigenschaften aufgeführt und hinsichtlich Messbarkeit bewertet.

Das Messprinzip der Kraft- und Wegaufnehmer richtet sich nach der konkret ausgewählten Prüfvorrichtung. Für die Beschleunigungsmessung haben sich piezoelektrische Sensoren bewährt. Die Erfassung der Messgrößen Kraft, Länge, Weg und Beschleunigung wird als unproblematisch eingeschätzt. Zur zuverlässigen Auswertung von Stoßvorgängen bei Messungen der Beschleunigung werden hohe Abtastraten der Messtechnik (> 3 kHz) als notwendig angesehen.

Entwurf und kleintechnische Erprobung eines Messverfahrens

Ausgehend von den favorisierten Messgrößen und ihrer prinzipiellen Messbarkeit wurden zwei Lösungsansätze für Messverfahren zur Bestimmung von Kenngrößen und die dafür erforderlichen Prüfvorrichtungen entworfen und hinsichtlich der Auswahlkriterien und der praktischen Umsetzbarkeit untersucht.

Beiden Lösungsentwürfen gemeinsam ist die Größe der dynamischen Einwirkung. Auf die Funktionsflächen der Unterlagsplatte (Messobjekt) werden solche dynamischen Einwirkungen ausgeübt, die Verformungen und Verformungsgeschwindigkeiten in vergleichbarer Größe wie bei der bestimmungsgemäßen Nutzung erzeugen.

Lösungsentwürfe

Lösungsansatz 1 - Variante „Prüfzange“

Die Unterlagsplatte (Prüfling) wird auf einer bestimmten Fläche durch eine harmonische Kraftfunktion belastet und im elastischen Bereich verformt. Es werden sowohl die Kraft-Zeit-Funktion wie auch die Verformung-Zeit-Funktion messtechnisch ermittelt. Die Belastung erfolgt in Erregerfrequenzen, die den üblichen Frequenzen der Schockvibration (ca. 40 bis 80 Hz) entsprechen. Die Steifigkeit und Dämpfung werden aus den Hysteresekurven der zeitlichen Kraft-Weg-Verläufe berechnet. Der prinzipielle Aufbau dieser Messeinrichtung ist in **Abb. 2** dargestellt

Lösungsansatz 2 - Variante „Fallhammer“

Eine bewegte Masse mit einer definierten Stoßfläche prallt auf die Unterlagsplatte und führt einen Stoß aus. Das Bewe-

Approach 2 – “drop hammer” option

A moving mass with a defined impact area hits the production board and generates an impact. The motion behavior of the drop weight during the first impact and thereafter (including subsequent impacts resulting from the rebound effect) is measured and analyzed.

Quantitative rigidity data are derived from the magnitude of the first shock pulse; impact velocity and impact mass always remain constant.

The damping characteristics are calculated from the ratio of the acceleration peaks of the n^{th} to the $(n+1)^{\text{th}}$ impact.

Pilot-scale testing

Both approaches were implemented in pilot testing facilities and tested for production boards made of different materials. The pilot testing stage was to

- » prove the reliable measurability of the favored board characteristic and
- » be suitable as a characteristic to describe the influence on the compaction effect as a parameter determining product quality.

“Test tongs” option

To assess the “test tongs” measuring principle, a servohydraulic test rig was adapted in such a way that production boards could be subjected to defined harmonic loads (Fig. 4). The integrated set of sensors was used to simultaneously measure the progression of loading and deformation (Fig. 5).

The measured primary data is summarized in a load-deformation curve (Fig. 6) and analyzed. Using mathematical algorithms, dynamic rigidity and damping are calculated from the established series of measurements.

In simple terms, the rigidity of the measured object is derived from the increase of an imaginary line that connects the points of reversal of the hysteresis function.

Damping is calculated from the area enclosed by the hysteresis curve.

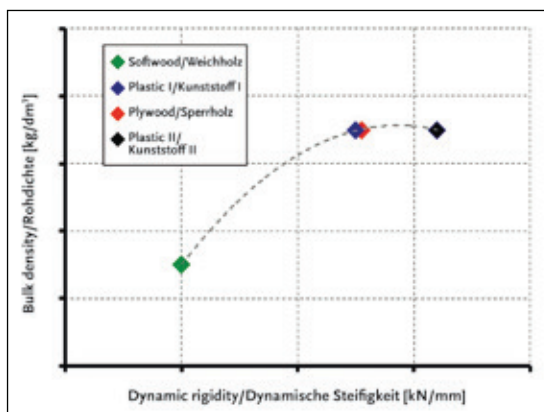


Fig. 7 Determination of the correlation between the measured rigidity of the production board and the anticipated compaction effect (bulk density) for identical machine settings.

Abb. 7 Ermittlung des Zusammenhangs zwischen der gemessenen Steifigkeit der Unterlagsplatte und der zu erwartenden Verdichtungswirkung (Rohdichte) bei identischen Maschineneinstellungen.

ungsverhalten des Fallgewichtes während des ersten Stoßes und danach (einschließlich nachfolgender Stöße aufgrund des Rückpralles) wird gemessen und ausgewertet.

Quantitative Aussagen zum Steifigkeitsverhalten werden aus der Höhe des ersten Stoßimpulses gewonnen, wobei die Aufprallgeschwindigkeit und die Aufprallmasse immer konstant sind.

Die dämpfenden Eigenschaften werden aus dem Verhältnis der Beschleunigungsspitzen des n -ten zu dem $(n+1)$ -ten Stoß berechnet.

Kleintechnische Erprobung

Beide Lösungsentwürfe wurden in kleintechnischen Versuchseinrichtungen umgesetzt und an Unterlagsplatten aus verschiedenen Werkstoffen erprobt. Das Ziel der kleintechnischen Erprobung bestand

- » im Nachweis der sicheren Messbarkeit der favorisierten Platteneigenschaft und
- » in der Prüfung der Eignung als Kenngröße zur Beschreibung des Einflusses auf die Verdichtungswirkung als qualitätsbestimmender Parameter.

Variante „Prüfzange“

Für die Erprobung des Messprinzips „Prüfzange“ wurde

Characteristic	Variable	Measuring equipment/sensors
Modulus of elasticity	force	force sensor
	displacement	displacement sensor
Rigidity	motion variable (displacement, velocity, acceleration) as a function of time	sensor for motion variable (displacement, velocity, acceleration sensor)
Damping (calculation of ratio)	reduction in vibration displacement	displacement sensor
	reduction in vibration velocity	velocity sensor
	reduction in vibration acceleration	acceleration sensor

Table 2 Parameters, variables and measuring equipment.

Eigenschaft	Messgröße	Messmittel / Sensorik
E-Modul	Kraft	Kraftaufnehmer
	Weg	Wegsensor
Steifigkeit	Bewegungsgröße (Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung) als Funktion der Zeit	Sensor für Bewegungsgröße (Weg-, Geschwindigkeits-, Beschleunigungssensor)
Dämpfung (Verhältnissberechnung)	Abnahme Schwingweg	Wegsensor
	Abnahme Schwinggeschwindigkeit	Geschwindigkeitssensor
	Abnahme Schwingbeschleunigung	Beschleunigungsaufnehmer

Tabelle 2 Kenngrößen, Messgrößen und Messmittel.

The diagram in Fig. 6 shows an example of the load-deformation curves measured for production boards made of softwood (green), hardwood (red) and plastic (blue).

Whereas the first part of the testing sequence served to prove the measurability of the favored board characteristics, the second phase of this work step included processing tests to establish a correlation between the board characteristic and the compaction effect.

The dimensions of the production boards were measured, and the boards were used for the production of pavers on a concrete block machine. The bulk densities of the products were determined. The diagram shown in Fig. 7 indicates the bulk densities achieved with various board materials. All other machine settings were identical.

It is clearly visible that greater bulk densities of the concrete blocks are achieved when using production boards made of more rigid materials under identical production conditions (such as machine settings, concrete mix design, compaction time).

“Drop hammer” option

A simple measuring device was developed and built for the testing of the “drop hammer” principle. Fig. 8 illustrates this arrangement.

As described for Approach 2, this option uses a shock-like mechanical impact on the production board to be tested, which is performed by a weight that drops onto the functional surface of the board from a pre-determined height. This impact loading is thus roughly equivalent to the actual loading of the board during its intended use in concrete block production.

The mass m of the drop weight and the drop height h_0 have been calculated to ensure that deformation and deformation rates are generated that are similar to the compaction process using shock vibration.

The drop weight is decelerated depending on the rigidity and damping characteristics of the production board, and performs a rebound motion. The drop weight hits the board again after a flying phase, and a second impact is generated. This process is repeated several times until the drop weight comes to a complete standstill. The movements of the drop weight are captured by an acceleration sensor with a sufficiently high sample

ein servohydraulischer Versuchsstand so angepasst, dass Unterlagsplatten mit definierten harmonischen Kraft-funktionen beaufschlagt wurden (Abb. 4). Die integrierte Sensorik ermittelte zeitsynchron den Kraft- und Verformungsverlauf (Abb. 5).

Die gemessenen Primärdaten werden in einer Kraft-Verformungs-Funktion (Abb. 6) zusammengefasst und ausgewertet. Mittels mathematischer Algorithmen werden aus den Messverläufen die dynamische Steifigkeit und die Dämpfung berechnet.

Vereinfacht ausgedrückt wird die Steifigkeit des Messobjekts aus dem Anstieg einer gedachten Linie, die die Umkehrpunkte der Hysteresefunktion verbindet ermittelt.

Die Dämpfung wird aus der Fläche, die von der Hysteresekurve umschlossen wird berechnet.

Das Diagramm in Abb. 6 zeigt beispielhaft die gemessenen Kraft-Verformungs-Funktionen von Unterlagsplatten aus Weichholz (grün), Hartholz (rot) und Kunststoff (blau).

Nachdem im ersten Teil der Nachweis der Messbarkeit der favorisierten Platteneigenschaften erfolgte, wurde im zweiten Teil dieses Arbeitsschrittes in Verarbeitungsversuchen ein Zusammenhang zwischen der Platteneigenschaft und der Verdichtungswirkung ermittelt.

Mit den zuvor ausgemessenen Unterlagsplatten wurden Pflastersteine auf einem Betonsteinfertiger hergestellt und in den erreichten Rohdichten vermessen. Das Diagramm in Abb. 7 zeigt für verschiedene Unterlagsplattenwerkstoffe die erreichten Rohdichten bei sonst identischen Maschineneinstellungen.

Es ist erkennbar, dass Unterlagsplatten aus steiferen Werkstoffen bei sonst identischen Fertigungsbedingungen (z. B. Maschineneinstellungen, Betonrezeptur, Verdichtungsdauer) höhere Rohdichten bei den produzierten Betonsteinen erreichen.

Variante „Fallhammer“

Für die Erprobung des Messprinzips „Fallhammer“ wurde eine einfache Messeinrichtung entwickelt und gebaut. Abb. 8 zeigt eine Ansicht dieser Messeinrichtung.

Entsprechend Lösungsansatz 2 erfolgt in dieser Variante eine stoßartige mechanische Einwirkung auf die zu untersuchende Unterlagsplatte, indem ein Massekörper aus einer definierten Höhe auf die Funktionsfläche der Unterlagsplatte fällt. Diese stoßförmige Krafteinwirkung entspricht somit näherungsweise auch der tatsächlichen Belastung während der bestimmungsgemäßen Nutzung bei der Betonsteinfertigung.

Die Masse m des Fallgewichtes und die Fallhöhe h_0 sind so berechnet, dass vergleichbare Verformungen bzw. Verformungsgeschwindigkeiten wie im Verdichtungsprozess mit der Schockvibration entstehen.

In Abhängigkeit von den Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften der Unterlagsplatte wird das Fallgewicht verzögert und prallt zurück. Nach einer Flugphase schlägt das Fallgewicht wieder auf die Unterlagsplatte auf und es entsteht ein zweiter Stoß. Dieser Vorgang wiederholt sich mehrfach bis zum Stillstand des Fallgewichtes. Die Bewegungen des Fallkörpers werden als Zeitverhalten der Beschleunigung durch einen Beschleunigungssensor mit ausreichender Abtastrate erfasst, wobei sich ein Zeitverlauf wie im Beispiel in Abb. 9 feststellen lässt.

Aus diesen Primärdaten lassen sich die Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften in der folgenden Weise bestimmen.

Fig. 8 View of the “drop hammer” pilot-scale measuring device.

Abb. 8 Ansicht der kleintechnischen Messeinrichtung „Fallhammer“.



frequency to derive the time-dependent acceleration behavior. **Fig. 9** shows an example of such a progression over time.

This primary data is then used to determine the rigidity and damping characteristics as described in the following sections.

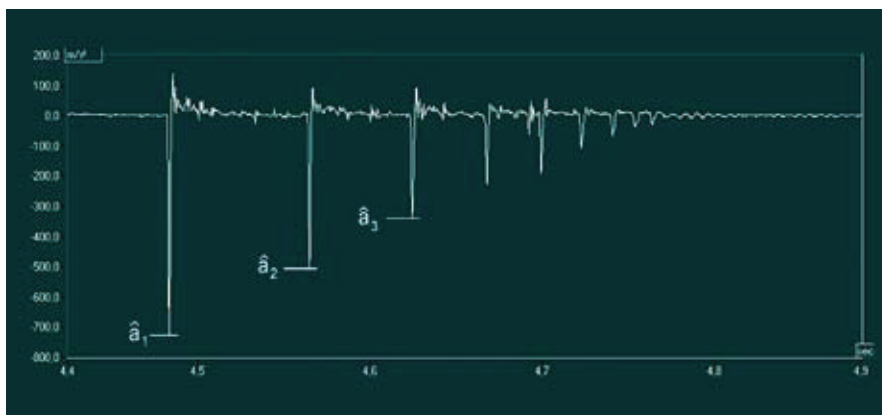
Rigidity characteristic; impact rigidity S_K

The magnitude of the first shock pulse $\hat{a}_1$ is largely determined by the rigidity characteristics of the two objects impacting on each other. Assuming that the rigidity of the drop weight is much greater than that of the production board, which is true for all commonly used wood and plastic boards, the magnitude of the first shock pulse is primarily determined by the rigidity of the board. In addition to material characteristics, structural properties of the test specimen also determine rigidity. In the measuring arrangement described above, the rigidity of a homogeneous solid body is determined by the board thickness. Thus the magnitude of the first shock pulse $\hat{a}_1$ is an easy-to-measure parameter that represents the impact rigidity S_K of the production board.

$$S_K \sim \hat{a}_1$$

Damping characteristic; impact damping D

Damping D is calculated as a linear amplitude ratio $\hat{D}_{rel}$ and as a logarithmic decrement L from the values of the first and second or n^{th} and $(n+1)^{th}$ amplitude of acceleration.



Steifigkeitseigenschaft; Stoßsteifigkeit S_K

Die Höhe des ersten Stoßimpulses $\hat{a}_1$ wird weitestgehend bestimmt durch die Steifigkeitseigenschaften der beiden Stoßpartner. Unter der Annahme, dass die Steifigkeit des Fallgewichtes sehr viel größer ist als die der Unterlagsplatte (was für alle bekannten Holz- und Kunststoffplatten zutreffend ist) wird die Höhe des ersten Stoßimpulses also im Wesentlichen von der Steifigkeit der Unterlagsplatte bestimmt. Neben den Werkstoffeigenschaften bestimmen auch strukturelle Eigenschaften des Prüfkörpers die Steifigkeit. Bei einem homogenen Vollkörper ist das in der beschriebenen Messanordnung die Plattendicke. Damit ergibt sich die Größe des ersten Stoßimpulses $\hat{a}_1$ als ein messtechnisch einfach bestimmbarer Parameter als Maß für die Stoßsteifigkeit S_K der Unterlagsplatte.

Fig. 9 Development of acceleration over time (measured example) .

Abb. 9 Zeitverlauf der Beschleunigung (Messbeispiel).

Fig. 10 Impact rigidities S_K of tested production boards.

Abb. 10 Stoßsteifigkeiten S_K von untersuchten Unterlagsplatten.

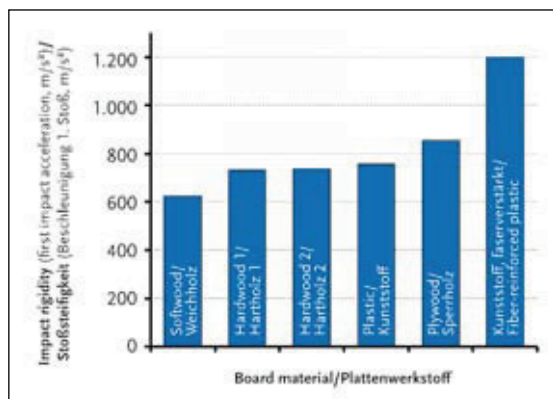
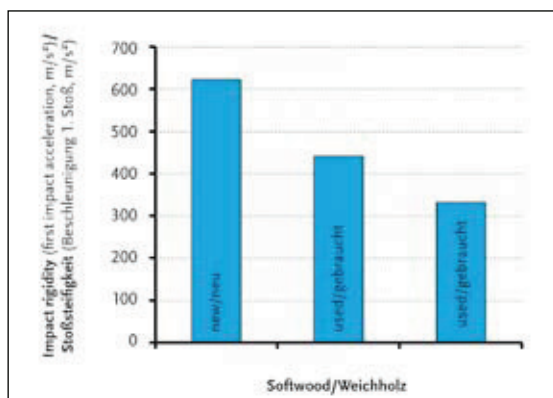


Fig. 11 Development of impact rigidity S_K over the service life (softwood boards).

Abb. 11 Entwicklung der Stoßsteifigkeit S_K über die Nutzungsdauer (Beispiel Weichholzplatten).



$$\Delta \hat{a}_{rel} = \frac{\hat{a}_1 - \hat{a}_2}{\hat{a}_1} = \frac{\hat{a}_n - \hat{a}_{n+1}}{\hat{a}_n}$$

$$\Lambda = \ln \left(\frac{\hat{a}_n}{\hat{a}_{n+1}} \right)$$

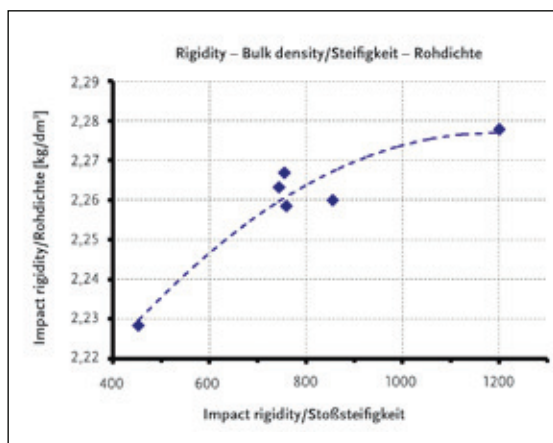
$$D \sim \Delta \hat{a}_{rel} \quad \text{and} \quad D \sim L$$

In pilot tests, the vibrational characteristics of production boards made of various materials were measured. Fig. 8 shows an example of the time-related signals recorded during the measurements performed for boards consisting of steel (top), plastic (center) and softwood (bottom).

The primary data was used to derive the rigidity and damping parameters as described above. The damping D values measured for the tested production boards ranged from 0.34 to 0.79.

Fig. 12 Correlation between the impact rigidity S_K of the production board and the anticipated compaction effect (bulk density).

Abb. 12 Zusammenhang zwischen Stoßsteifigkeit S_K der Unterlagsplatte und der zu erwartenden Verdichtungswirkung (Rohdichte).



$$S_K \sim \hat{a}_1$$

Dämpfungseigenschaft; Stoßdämpfung D

Die Dämpfung D wird als lineares Amplitudenverhältnis $\hat{D}_{rel}$ bzw. als logarithmisches Dekrement L aus den Werten der ersten und zweiten bzw. der n -ten und $(n+1)$ -ten Beschleunigungsamplitude berechnet.

$$\Delta \hat{a}_{rel} = \frac{\hat{a}_1 - \hat{a}_2}{\hat{a}_1} = \frac{\hat{a}_n - \hat{a}_{n+1}}{\hat{a}_n}$$

$$\Lambda = \ln \left(\frac{\hat{a}_n}{\hat{a}_{n+1}} \right)$$

$$D \sim \Delta \hat{a}_{rel} \quad \text{bzw.} \quad D \sim L$$

In kleintechnischen Versuchen wurden Unterlagsplatten aus unterschiedlichen Werkstoffen hinsichtlich ihrer schwingungstechnischen Eigenschaften vermessen.

Aus den Primärdaten wurden die Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften in der oben beschriebenen Weise gewonnen. Es wurden Werte für die Dämpfung D der untersuchten Unterlagsplatten zwischen 0,34 und 0,79 gemessen.

Das Diagramm in Abb. 10 zeigt Stoßsteifigkeiten S_K für verschiedene Unterlagsplattenmaterialien. In Abhängigkeit von den untersuchten Werkstoffen zeigen sich deutliche Unterschiede in der Stoßsteifigkeit S_K .

Das Diagramm in Abb. 11 zeigt als weiteres Beispiel der Auswertung die Stoßsteifigkeit S_K von unterschiedlich lang genutzten Weichholzplatten.

In weiterführenden Verarbeitungsversuchen wurde ein Zusammenhang zwischen der Platteneigenschaft und der Verdichtungswirkung ermittelt. Mit den untersuchten Unterlagsplatten wurden Pflastersteine auf einem Betonsteinfertiger hergestellt und in den erreichten Rohdichten vermessen.

Das Diagramm in Abb. 12 zeigt für verschiedene Unterlagsplattenwerkstoffe die erreichten Rohdichten bei sonst identischen Maschineneinstellungen. Es ist erkennbar, dass Unterlagsplatten aus stoßsteiferen Werkstoffen bei sonst identischen Fertigungsbedingungen höhere Rohdichten bei den produzierten Betonsteinen erreichen.

Die kleintechnische Erprobung lieferte zwei wichtige Erkenntnisse.

- » Die Kenngröße „Stoßsteifigkeit S_K “ ist geeignet, einen Zusammenhang zwischen der Platteneigenschaft und der Verdichtungswirkung herzustellen. Für typische Materialien von Unterlagsplatten wurde der Zusammenhang zwischen Kenngröße und Rohdichte als qualitätsbestimmende Produkteigenschaft bei sonst konstanten Fertigungsbedingungen (z. B. Maschineneinstellungen, Betonrezeptur, Verdichtungsdauer) ermittelt.
- » Beide Messprinzipien eignen sich zur Bestimmung einer steifigkeitsbeschreibenden Kenngröße.

Entwicklung eines Werksprüfgerätes

Für die Entwicklung eines Werksprüfgerätes standen die beiden vorab erprobten Messprinzipien zur Auswahl. In einem Variantenvergleich wurden beide Lösungsansätze unter Beachtung der Kriterien

- » Funktionserfüllung,

The diagram shown in **Fig. 10** indicates impact rigidity values S_K for various production board materials. The tests revealed significant differences in impact rigidity S_K depending on the material evaluated.

The diagram in **Fig. 11** is another example of how the analysis was performed. It shows impact rigidity S_K values for softwood boards that have been in use for different periods.

Further processing tests were carried out to establish a correlation between the board characteristic and the compaction effect. The tested production boards were used to manufacture pavers on a concrete block machine, and the actual bulk densities of the pavers were measured.

The diagram in **Fig. 12** indicates the bulk densities achieved with various production board materials; all other machine settings remained identical. It is clearly visible that greater bulk densities of the concrete pavers are achieved when using production boards made of more rigid materials under identical production conditions.

The pilot-scale tests gave rise to two important conclusions:

- » The impact rigidity parameter S_K is suitable for establishing a correlation between the board characteristic and the compaction effect. For typical production board materials, a correlation was established between the parameter and the bulk density as a characteristic that determines product quality whilst all other production conditions (such as machine settings, concrete mix design, compaction time) remained unchanged.
- » Both measuring principles are suitable for determining a parameter that describes rigidity.

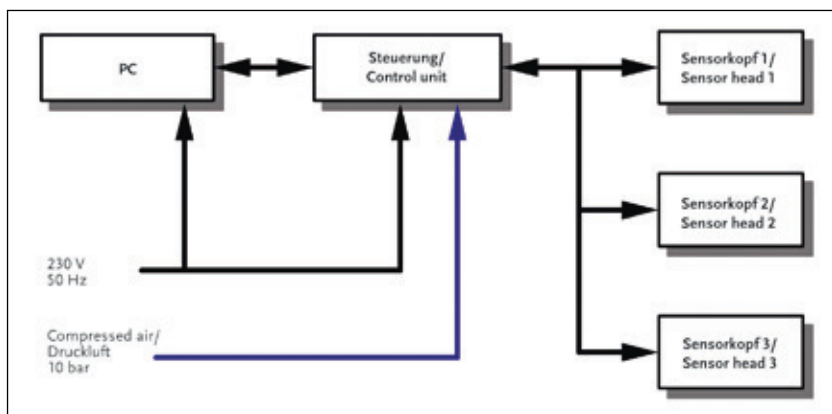


Fig. 13 Block diagram of the measuring system.

Abb. 13 Blockschaltbild des Maßsystems.

» prozessnaher Einsatz,
 » Herstellungskosten
 bewertet. Im Ergebnis wurde eine Entscheidung für das Messprinzip „Fallhammer“ getroffen.

Entwicklung/Konstruktion

Das Werkprüfgerät zur Bestimmung von Kennwerten von Unterlagsplatten besteht aus den Hauptkomponenten

- » Sensorkopf mit Formadapter,
- » Steuerung und
- » Auswerteeinheit (PC).

Abb. 13 zeigt das Blockschaltbild der Messeinrichtung.

Es wurden drei Messköpfe vorgesehen, um an mehreren Stellen der Unterlagsplatte die Messung durchführen zu können und den Einfluss lokaler Unterschiede durch

Development of a testing device for factory operation

The two tested measuring principles referred to above were available as design options for the development of a factory-scale testing device. These two options were compared and evaluated on the basis of the following criteria:

- » fulfillment of the function,
- » in-process use,
- » manufacturing cost.

A decision was made in favor of using the “drop hammer” principle.

Design/construction

The factory testing device for the measurement of production board parameters comprises the following main components:

- » sensor head with mold adapter,
- » control unit and
- » unit for evaluation and analysis (computer).

The system includes three sensor heads to carry out measurements in various positions on the production board and to reduce the influence of local differences caused by the material or by uneven wearing. Fig. 14 shows the CAD model of the sensor head.

Testing of the measuring system at a precast plant

The fully assembled and calibrated measuring system was placed on a block mold using a mold adapter and prepared for a series of measurements to be carried out inside a concrete block machine (Fig. 15). The device was to measure the parameters of a complete set of production boards used in a circulation system (approx. 5,000 boards).

The block mold was inserted into the block machine together with the measuring system (Fig. 16). Production board parameters were measured in a normal manufacturing cycle but without concrete feed and vibration. At a cycle time of 12 seconds, all production boards were measured within a period of approx. 17 hours. The boards were made of softwood (pine).

Measurement results

To determine the relevant parameters, two measurements were carried out at a five-month interval for a statistically representative number of production boards used in a circulation system. At the time of the first measurement, the boards had already been in service for 2.6 years.

The diagram in Fig. 17 shows the mean values $\bar{S}_{Kn}$ and the variance σ_n in the impact rigidity S_{Kn} , where the parameter n represents the number of the measurement.

Measured values show the parameter development and variance for the tested production boards over a de-

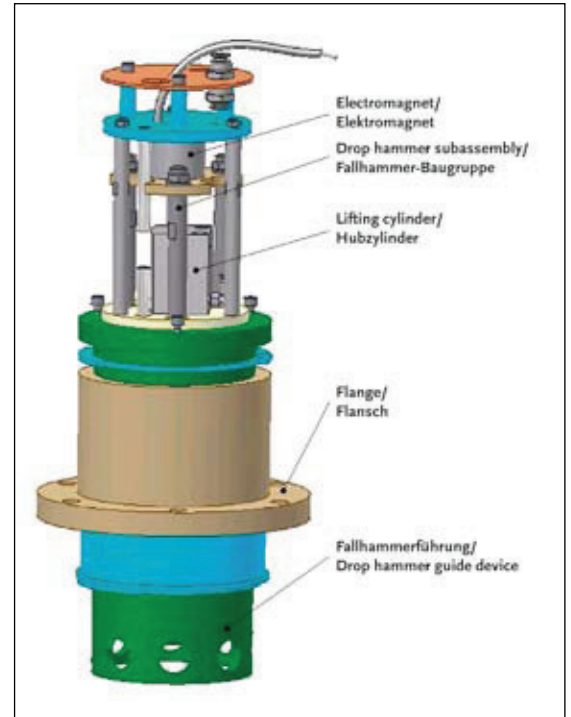


Fig. 14 CAD model of the sensor head.

Abb. 14 CAD-Modell des Sensorkopfes.

den Werkstoff bzw. durch ungleiche Abnutzung zu reduzieren. In Abb. 14 ist das CAD-Modell des Sensorkopfes dargestellt.

Erprobung des Messsystems in einem Betonwerk

Das fertig montierte und kalibrierte Messsystem wurde mittels Formadapter auf eine Steinform gesetzt und für einen Messeinsatz innerhalb eines Betonsteinfertigers vorbereitet (Abb. 15). Es bestand die Aufgabe, einen kompletten Fertigungssatz von Unterlagsplatten einer Umlaufanlage (Menge ca. 5.000 Unterlagsplatten) hinsichtlich der Kenngrößen zu vermessen.

Die Steinform wurde zusammen mit dem Messsystem in den Betonsteinfertiger eingebaut (Abb. 16). Die Messung der Unterlagsplatten erfolgte im normalen Fertigungsumlauf, jedoch ohne Betongemengezuführung und ohne Vibration. Bei einer Taktzeit von ca. 12 s waren alle 5.000 Unterlagsplatten innerhalb von ca. 17 Stunden vermessen. Das Material der Unterlagsplatten war Weichholz (Kiefer).

Ergebnisse der Messungen

Es wurden zwei Messungen im zeitlichen Abstand von 5 Monaten mit statistisch repräsentativen Stückzahlen der in einer im Umlauf einer Umlaufanlage befindlichen Unterlagsplatten zur Kennwertermittlung durchgeführt. Zum Zeitpunkt der ersten Messung waren die Unterlagsplatten bereits 2,6 Jahre in Nutzung.

Das Diagramm in Abb. 17 zeigt die Mittelwerte $\bar{S}_{Kn}$ und die Streuung σ_n der Stoßsteifigkeit S_{Kn} , wobei der Parameter n für die Nummer der Messung steht.

Die Messwerte zeigen einen zeitlichen Ausschnitt der Kennwertentwicklung und der Streuung der untersuchten Unterlagsplatten. Bemerkenswert an den Messergebnissen ist, dass in der zweiten Messung eine leicht höhere Stoßsteifigkeit $\bar{S}_k$ im Vergleich zur ersten Messung ermittelt wurde.

Fig. 15 View of the measuring system positioned on a block mold.

Abb. 15 Ansicht des Messsystems auf einer Steinform.



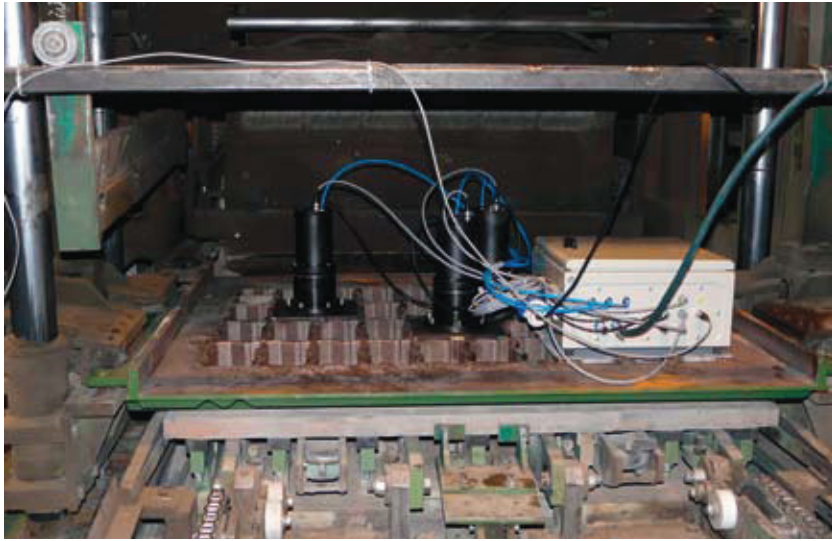


Fig. 16 Measuring system in the concrete block machine.

Abb. 16 Messsystem im Betonsteinfertiger.

finied period of time. With regard to the measurement results, it should be noted that a slightly higher impact rigidity $\bar{S}_k$ was determined in the second measurement.

The slight upward trend of the parameter development is presumably due to a consolidation of the softwood structure prior to the gradual disintegration (wear) of the wood structures during further use that occurs in the upper layers of the production boards and reduces impact rigidity. This trend is not expected for other materials such as homogeneous plastics.

As anticipated, the variance σ_n of the parameters is relatively high, which clearly reflects the fluctuating properties of wood as a natural material in the measured values.

Measured impact rigidities S_k lie in the following ranges (approximate values):

- » Softwood: approx. 400 to 600 m/s²
- » Hardwood: approx. 500 to 800 m/s²
- » Plastic: approx. 600 to 900 m/s²

These initial analyses are subject to certain caveats due to the very limited amount of information gathered to date. Further comprehensive measurements are necessary during the process of board aging in order to derive reliable conclusions with regard to parameter development.

Fields of application of the method and measuring device

This research resulted in the establishment of impact rigidity S_k as a parameter that creates a quantitative correlation with the compaction effect.

The developed measuring method that uses the drop-hammer principle permits the simple measurement of the parameter for production boards made of various commercially available materials.

This method and the new measuring equipment offer substantial benefits in a range of applications in the manufacture of concrete blocks or for suppliers of production boards.

Quality control of new production boards

The measuring method can be used to determine the vibrational characteristics of new production boards. Thus, quantitative criteria were developed for the assessment of boards with respect to their primary function, i.e. the transfer of vibration and its introduction into the concrete mix and their influence on molding and compaction. These criteria can be applied both at the manufacturing

Die leicht steigende Tendenz der Kennwertentwicklung wird in einer Verdichtung der Weichholzstruktur vermutet, bevor mit der weiteren Nutzung ein allmähliches Zerrütten (Verschleiß) der Holzstrukturen in den oberen Schichten der Unterlagsplatten einsetzt und zu einer Verringerung der Stoßsteifigkeit führt. Bei anderen Materialien, z. B. homogenen Kunststoffen wird dieser Trend nicht erwartet.

Die Streuung σ_n der Kennwerte ist erwartungsgemäß relativ groß und spiegelt die schwankenden Eigenschaften des Naturwerkstoffes Holz deutlich in den Messwerten wider.

Die gemessenen Werte für die Stoßsteifigkeit S_k liegen in folgenden Bereichen (Richtwerte):

- » Weichholz: ca. 400 bis 600 m/s²
- » Hartholz: ca. 500 bis 800 m/s²
- » Kunststoff: ca. 600 bis 900 m/s²

Aufgrund der noch sehr dünnen Datenbasis können diese ersten Auswertungen nur unter Vorbehalt geführt werden. Für verlässliche Aussagen zur Kennwertentwicklung sind weitere umfangreiche Messungen während der Alterung der Unterlagsplatten erforderlich.

Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens und der Messeinrichtung

Im Ergebnis der Forschungsarbeiten wurde mit der Stoßsteifigkeit S_k eine Kenngröße erarbeitet, die einen quantitativen Zusammenhang zur Verdichtungswirkung herstellt.

Das entwickelte Messverfahren nach dem Fallhammerprinzip gestattet die einfache Messung des Kennwertes an Unterlagsplatten aus unterschiedlichen auf dem Markt befindlichen Materialien.

Mit dem Messverfahren und der neuen Messtechnik erschließen sich vorteilhafte Anwendungsgebiete bei der Betonsteinproduktion bzw. auch bereits bei Herstellern von Unterlagsplatten.

Qualitätsprüfung der Unterlagsplatten im Neuzustand

Mit dem Messverfahren können Unterlagsplatten im Neuzustand in ihren schwingungstechnischen Eigenschaften vermessen werden. Damit wurden quantitative Kriterien für die Bewertung von Unterlagsplatten hinsichtlich ihrer Hauptfunktion, der Schwingungsübertragung und -einleitung in das Betongemenge und ihres Einfluss auf die Formgebung und Verdichtung geschaffen, die sowohl beim Hersteller als Qualitätsmerkmal wie auch beim Anwender als Wareneingangskontrolle Anwendung finden.

Qualitätsprüfung der Unterlagsplatten bei Ersatzbedarf

Bei partiellem Ersatz von verschlissenen Unterlagsplatten in einer bestehenden Umlaufanlage der Steinfertigung ist es erforderlich, Ersatz-Unterlagsplatten mit annähernd gleichschwingungstechnischen Eigenschaften wie die im Umlauf verbleibenden „alten“ Unterlagsplatten bereitzustellen, um gleiche Fertigungsbedingungen zu sichern. Die Kenngröße Stoßsteifigkeit S_k gestattet die gezielte Bereitstellung von schwingungstechnisch gleichwertigen Unterlagsplatten.

Qualitätsüberwachung der Unterlagsplatten;

Kennwertentwicklung

Ein wichtiges Kriterium ist für Betreiber von Umlaufanlagen mit Betonsteinfertigern die Bestimmung des günstigsten Zeitpunktes für den Ersatz des kompletten Plattenbestandes der Anlage.

stage as a quality control feature and by the users of concrete products for the inspection of received items.

Quality control of production boards for replacement

When worn-out production boards need to be partially replaced in an existing circulation system set up for block production, it is necessary to provide the replacement boards with vibrational characteristics that are almost the same as those of the "old" boards remaining in circulation in order to ensure identical production conditions. The use of impact rigidity S_k as a parameter permits the provision of production boards with identical vibrational characteristics as and when required.

Quality monitoring of production boards; parameter development

For operators of circulation systems for concrete block machines, a key criteria in this regard is the identification of the point in time that is most appropriate for the replacement of the complete set of boards used in the production line.

Due to the high degree of wear and aging caused by the production process, it should be assumed that the vibrational characteristics of the boards are subject to changes during their service life. In many cases, product quality deteriorates despite the fact that all other machine settings and the concrete mix composition remain identical, which is due to a changed pattern of vibration transfer via the production board and, consequently, a less effective compaction because of the altered board characteristics. A replacement of the production boards would again improve the manufacturing situation.

On the other hand, the number of production boards held in stock for a circulation system may easily amount to 3,000 or 5,000 with a correspondingly high capital expenditure, which is why the boards should be used as long as possible.

It would thus be beneficial to determine the parameter development over time (see assumption in [Fig. 18](#)) in order to forecast the point in time best suited for the replacement of the entire set of boards in order to generate the highest possible return on investment and to prevent any unwanted deterioration in quality.

Wegen des prozessbedingten starken Verschleißes und der Alterung ist davon auszugehen, dass sich die schwingungstechnischen Eigenschaften während der Nutzungszeit verändern. Häufig verschlechtert sich die Qualität der Produkte bei sonst gleichen Maschineneinstellungen und unverändertem Betongemenge aufgrund veränderter Schwingungsübertragung und Verdichtungswirkung der Unterlagsplatte. Ein Ersatz der Unterlagsplatten würde die Fertigungssituation wieder verbessern.

Andererseits ist der Plattenbestand einer Umlaufanlage mit Mengen von ca. 3.000 bis 5.000 Stück eine kostenintensive Investitionsposition, die möglichst lange genutzt werden sollte.

Vorteilhaft wäre die Kenntnis der zeitlichen Kennwertentwicklung (siehe Annahme in [Abb. 18](#)) zur Prognose des optimalen Ersatzzeitpunktes des Plattenbestandes für die bestmögliche Nutzung des Investitionsgutes und die Vermeidung einer unerwünschten Qualitätsverschlechterung.

Mit der Überwachung der Kennwertentwicklung durch zyklische Vermessung einer statistisch ausreichenden Menge im Umlauf befindlicher Unterlagsplatten und der Kenntnis des Zusammenhanges zwischen Kenngröße und Verdichtungswirkung ist es möglich, eine objektive Entscheidungshilfe für die Prognose des optimalen Ersatzzeitpunktes des Unterlagsplattenbestandes einer Umlaufanlage zu erhalten.

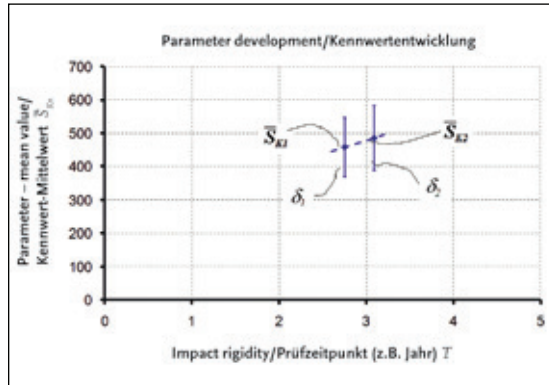
Zusammenfassung

Mit der Einführung der dynamischen Eigenschaft der Stoßsteifigkeit S_k wurde eine Kenngröße erarbeitet, die die Unterlagsplatte hinsichtlich Verdichtungswirkung quantitativ beschreibt. Es wurde beispielhaft für eine Fertigungseinrichtung der quantitative Zusammenhang zwischen Kenngröße und Verdichtungswirkung ermittelt. Für unterschiedliche im Einsatz befindliche Plattenkonstruktionen wurden die Kennwerte bestimmt.

Zur Bestimmung dieser Kennwerte wurden ein Messverfahren und eine Messeinrichtung entwickelt und in einem Funktionsmuster unter industriellen Bedingungen erprobt. Herstellern und Anwendern von Unterlagsplatten

Fig. 17 Measuring system in the concrete block machine.

Abb. 17 Messsystem im Betonsteinfertiger.



The monitoring of the parameter development by cyclical measurements performed for a statistically representative number of boards in circulation and the knowledge of the correlation between parameter and compaction effect provide an objective aid to decision making with respect to the forecast of the best point in time for the replacement of the production boards held in stock in a circulation system.

Summary

The dynamic characteristic of impact rigidity S_k was introduced to develop a parameter that describes the production board quantitatively with regard to its compaction effect. The quantitative correlation between the parameter and the compaction effect was determined for a production line. The parameters were determined for various board designs in use.

A measuring method and device were developed to capture these parameters, and tested in a prototype solution under industrial conditions. Suppliers and users of production boards are thus provided with an objective method for the measurement of the characteristics of production boards relevant to compaction.

Together with the properties of the concrete mix and the machine settings, the option to measure the parameters of production boards opens up the opportunity to control the quality of products on concrete block machines in a targeted fashion. In-process measurement of board parameters permits the quick identification and separation of individual production boards with strongly deviating dynamic characteristics and thus the stabilization of the manufacturing process in order to ensure a uniformly high product quality.

A patent application has been filed for the measuring method [5].

The findings were established in a research project jointly undertaken by the following entities:

- » Fritz Herrmann GmbH & Co., Betonsteinwerke KG, Eisenberg
- » Wasa Pallets GmbH & Co. KG, Neubrunn
- » Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e.V. (Weimar Institute for Precast Technology and Construction)

This research was funded within the "PROgramm INNOvationskompetenz mittelständischer Unternehmen" (program for the promotion of the innovation capability of medium-sized companies; PRO INNO) by the German Federal Ministry of Economics and Technology (Project No. KF 0031713UK7).

Ulrich Palzer; Jürgen Martin

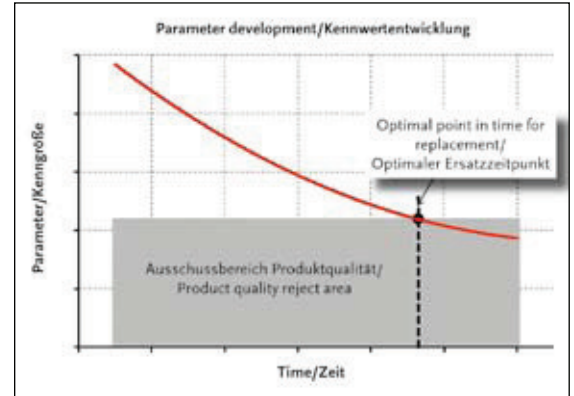


Fig. 18 Parameter development (assuming a qualitative time line).

Abb. 18 Kennwertentwicklung (Annahme eines qualitativen Verlaufes).

steht damit ein objektives Messverfahren zur Bestimmung verdichtungsrelevanter Eigenschaften von Unterlagsplatten zur Verfügung.

Mit der Möglichkeit der Messung der Kennwerte von Unterlagsplatten besteht im Zusammenwirken mit den Betongemengeeigenschaften und den Maschineneinstellungen die Möglichkeit, gezielten Einfluss auf die Sicherung der Produktqualität im Betonsteinfertiger zu nehmen. Eine prozessintegrierte Messung der Plattenkennwerte erlaubt die schnelle Identifizierung und Aussonderung von einzelnen Unterlagsplatten mit stark abweichenden dynamischen Eigenschaften und damit die Stabilisierung des Fertigungsprozesses im Interesse einer gleichbleibenden Produktqualität.

Für das Messverfahren wurde ein Schutzrecht [5] angemeldet.

Die Forschungsergebnisse wurden im Rahmen eines Kooperationsforschungsprojektes von den Unternehmen

- » Fritz Herrmann GmbH & Co., Betonsteinwerke KG, Eisenberg;
- » Wasa Pallets GmbH & Co. KG, Neubrunn und dem
- » Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e. V. erarbeitet.

Das Forschungsvorhaben wurde im Rahmen des Programmes „PROgramm INNOvationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (PRO INNO) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Förderkennzeichen KF 0031713UK7) gefördert.

Ulrich Palzer; Jürgen Martin

References/Literatur

- [1] Wilms, K. Exakte Steinhöhe bei der Produktion – Holzbretter oder Stahlbleche. Vortrag auf der 8. Fachtagung des IFF Weimar e. V. : s.n., 2001.
- [2] Franz, S. Langzeit-Bewertung von Kunststoff-Unterlagplatten. Betonwerk und Fertigteiltechnik, Bauverlag Wiesbaden. Heft 4 1999, S. 114 - 121.
- [3] Fachvereinigung Betonprodukte für den Straßen-, Landschafts- und Gartenbau e. V. Merkblatt Unterlagplatten für die Betonsteinindustrie. Bonn : s.n., 2002.
- [4] Unterlagplatten aus Kunststoff: Maßgeschneidert für die Kunden. BetonWerk International. 2002, 6 (Dezember).
- [5] DE102009053297.8. Verfahren zur Bestimmung der vibrations-technischen Eigenschaften von Unterlagplatten in einer Umlaufanlage zur Herstellung von Betonwaren mittels Vibrationsverdichtung und Vorrichtung zur zerstörungsfreien Messung dynamischer Eigenschaften; 16.11.2009.