

# Plastische Formänderungsenergie duktiler Biegeträger unter stossartiger Belastung: Replik auf die Stellungnahme von E. Kessler

Autor(en): **Schuler, Daniel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 22

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85738>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

«Plastische Formänderungsenergie duktiler Biegeträger unter stossartiger Belastung» publiziert. Darin wird eine «Energimethode» zur Bemessung von schockbeanspruchten Schutzraum-Einbauteilen vorgeschlagen. Danach wird (Gleichungen 7 und 8) das plastische Energieaufnahme-Vermögen von Einbauteilen der «kinetischen Energie»  $E_k = \frac{1}{2} m v_{\max}^2$  gegenübergestellt, wobei  $v_{\max}$  wie oben die Supportgeschwindigkeit(!) und  $m$  die Schwingermasse bedeutet.

Dieses Vorgehen entbehrt jeder physikalischen Grundlage: Um die kinetische Energie des Schwingers zu berechnen, müsste selbstverständlich die Geschwindigkeit der Schwingermasse, nicht des Supports, eingesetzt werden; diese ist aber unbekannt. Die so berechnete Energie  $E_k$  hat keine physikalische Bedeutung. Die Bemessung nach dieser Methode führt zu willkürlichen Ergebnissen, welche – wie Beispiele rasch zeigen – um Grössenordnungen neben dem korrekten Resultat liegen können

## Plastische Formänderungsenergie duktiler Biegeträger unter stossartiger Belastung

### Replik auf die Stellungnahme von E. Kessler

In meinem Beitrag im SI+A Heft 37/1987 wird ein Bemessungsverfahren für stossartig belastete plastisch deformierende Biegeträger erläutert. Das Verfahren ist ein Element der Festigkeitslehre, welches am praktischen Beispiel von Schockprüfungen für Schutzraumeinbauten verifiziert wurde. Die Mechanik von Schockbelastungen ist nicht Gegenstand des Aufsatzes. Dies um so mehr, als dass diese Belastungen für die rechnerische Dimensionierung und die experimentellen Prüfungen von Schutzraumeinbauten gegeben sind. Da Dr. E. Kessler speziell das Gebiet der Schutzbautechnik anspricht, sind auch die folgenden Anmerkungen und Richtstellungen auf dieses Gebiet beschränkt:

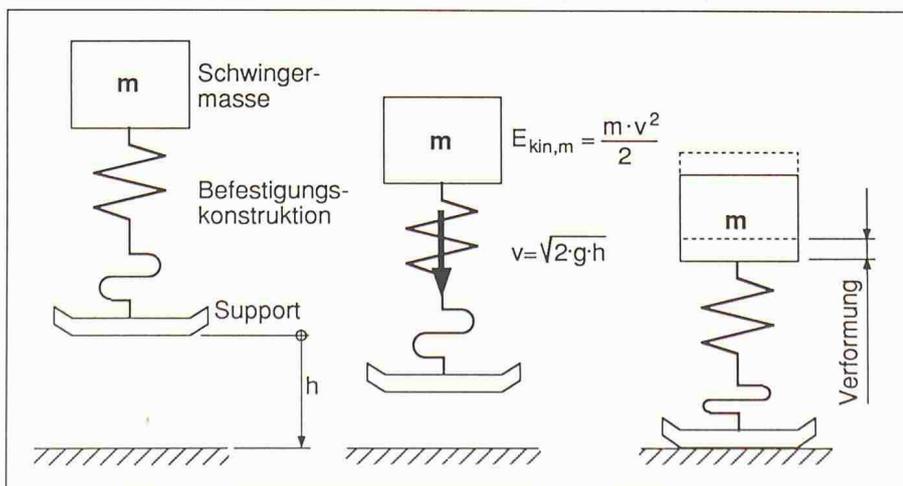
□ Zur Bestimmung der an einem Einbauteil angreifenden Trägheitskraft greift Dr. E. Kessler die Beschleunigung als Belastungswert heraus. Zur vollständigen Beschreibung von Schockbelastungen müssen aber auch die entsprechenden Geschwindigkeits- und Verschiebungsamplituden berücksichtigt werden. Der Zusammenhang  $a = v \cdot \omega = d \cdot \omega^2$  mit der Eigenkreisfrequenz  $\omega$  des einfachen Schwingers lässt die Frequenzabhängigkeit dieser Bewegungsgrössen erkennen. Bei Schockbelastung weicher Systeme mit einer Eigenfrequenz  $< 16$  Hz sind solche Bemessungen unnötig konservativ. Massgebend

wird in solchen Fällen die Geschwindigkeit und damit die Energieaufnahme des Einbauteils.

□ Wird bei der Dimensionierung die am Einbauteil angreifende Trägheitskraft in der von Dr. E. Kessler angeführten Weise bestimmt, ist zu berücksichtigen, dass es sich dabei um eine zeitlich veränderliche Kraft handelt. Da bei der weiteren Festigkeitsrechnung mit einer statisch wirkenden Ersatzlast gerechnet wird, ist sie noch zusätzlich mit einem Stosszuschlag – dem sogenannten Dynamischen Lastfaktor (DLF) zu multiplizieren [1]. Die Grösse des DLF ist dabei massgeblich von der Stossform und -dauer sowie von der Eigenschwingdauer des angestossenen Systems abhängig. Der Einfluss dieser Grössen auf Ersatzlastberechnungen wurde in [2] ausführlich beschrieben.

□ Mit Hilfe der erwähnten, in [1] enthaltenen Diagramme werden keine bleibenden Deformationen, sondern maximale Auslenkungen bestimmt. Die so bestimmten Deformationen basieren zudem auf einem ideal elasto-plastischen Verformungsverhalten. Im Gegensatz dazu wird in dem von mir beschriebenen Näherungsverfahren die Materialverfestigung nach Überschreitung der Fließgrenze mitberücksichtigt.

Bild 1. Prüfanordnung für vertikale Schockbelastung (Fallversuch)



#### Literatur

- [1] John M. Biggs: Introduction to Structural Dynamics, McGraw-Hill 1964.

(besonders bei starker plastischer Verformung). Die von Schuler erwähnte gute Übereinstimmung zwischen berechnetem und gemessenem Wert müsste ein Zufall sein.

Adresse des Verfassers: Erwin Kessler, Dr. Bauing, SIA, 9546 Tuttwil.

□ Von Dr. E. Kessler wird die Ansicht vertreten, dass die im Bemessungsbeispiel eingesetzte Geschwindigkeit zur Berechnung der kinetischen Energie der Schwingermasse unbekannt sei und nicht mit der Supportgeschwindigkeit gleichgesetzt werden könne. Für die beschriebenen und zur Bestätigung des Bemessungsverfahrens allein massgebenden Schockprüfungen trifft das nicht zu. Der Prüftisch (Support) wird zusammen mit dem Prüfling und der bekannten, dem Prüfparameter entsprechenden, Geschwindigkeit gegen Dämpfungselemente gefahren, wobei der Härte dieser Elemente entsprechend die gewünschten Beschleunigungs- bzw. Verzögerungswerte erreicht werden. Am Beispiel der Fallversuche, wie sie häufig zur einfachen Simulation vertikaler Schockbelastungen durchgeführt werden, sind diese Verhältnisse gut ersichtlich: Support und Schwingermasse haben während dem freien Fall und beim Aufprall die identische, nur von der Fallhöhe  $h$  abhängige, Geschwindigkeit  $v$  (Bild 1).

□ Dr. E. Kessler erwähnt, dass Bemessungen aufgrund der Energieaufnahme des Bauteils besonders bei starker plastischer Verformung falsche Resultate liefern. Wie in meinem Beitrag darauf hingewiesen wird, kann das der Fall sein, falls die Gültigkeitsbereiche solcher Verfahren nicht beachtet werden. Solche Abgrenzungen, wie sie beispielsweise in [3] ausführlich beschrieben werden, sind aber nicht von der Methodik selbst, sondern von den in der Festigkeitsrechnung gemachten Grundvoraussetzungen (z.B. Ebenbleiben der Querschnitte, Begrenzung der maximalen Randdehnung) abhängig.

#### Literatur:

- [1] Biggs, J.M.: Introduction to Structural Dynamics, McGraw-Hill, New York, 1964  
 [2] Schuler, D.: Dynamische Beanspruchung von Befestigungen bei Stossbelastung, Schweizer Ingenieur und Architekt 104 (1986), H. 17, S. 401  
 [3] Wierzbicki, T.: Berechnung dynamisch beanspruchter Konstruktionen, Werner-Verlag, Düsseldorf, 1983

Adresse des Verfassers: Daniel Schuler, Masch.-Ing. HTL, Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Neuwiesenstrasse 2, 8400 Winterthur.