

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 96 (1978)  
**Heft:** 17

**Artikel:** Bemessung für wirklichkeitsnahe Grenzzustände  
**Autor:** Herzog, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73686>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 20.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Bemessung für wirklichkeitsnahe Grenzzustände

Von Max Herzog, Aarau

## Einleitung

Es ist bereits verschiedene Male gezeigt worden, dass die wirklichen Beanspruchungen unserer Tragwerke stets kleiner [1–3] und die wirklichen Festigkeiten stets grösser sind als nach einer normengemässen Berechnung vermutet wird. Im folgenden sollen jene Grenzzustände der Beanspruchung definiert werden, die für die Bemessung von Tragwerken wirklich massgebend sind.

## Grenzzustände

### Normaler Betriebszustand

Der normale Betriebszustand entsteht durch die Überlagerung folgender Lastfälle

- Eigengewicht
- ständige Lasten
- Vorspannung
- wahrscheinliche Nutz- oder Verkehrslasten nach [1–3] (diese sind stets erheblich kleiner als die normengemässen)
- Schneelast
- Windlast.

### Aussergewöhnlicher Betriebszustand

Der aussergewöhnliche Betriebszustand entsteht aus dem normalen durch die zusätzliche Überlagerung der Lastfälle

- Temperaturänderungen
- Setzungen
- Anfahr- und Bremskräfte
- Lagerreibung
- Fahrzeuganprall (Schiffsstoss)
- Erdbeben
- Eisstoss

in wahrscheinlicher Kombination. Wegen der sehr geringen Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Eintretens brauchen die Lastfälle k, l und m nicht miteinander überlagert zu werden.

## Bruchzustand

Wegen der grossen Verformungen eines Tragwerks im Bruchzustand brauchen beim Nachweis der Bruchsicherheit Schnittgrössen aus Zwängungen nicht berücksichtigt zu werden [8]. Es genügt die Überlagerung der Lastfälle des normalen Betriebszustandes.

## Nachweise

### Normaler Betriebszustand

Für den normalen Betriebszustand des betrachteten Tragwerks sind sowohl die Beanspruchungen (z. B. Spannungen) als auch die Formänderungen (z. B. Durchbiegungen) nachzuweisen. Im normalen Betriebszustand dürfen keine bleibenden Verformungen des Tragwerks (z. B. Fliessgelenke) auftreten. Elastische Formänderungen sind in dem Mass zulässig, als sie die beabsichtigte Nutzung des Tragwerks nicht beeinträchtigen (z. B. durch Schiefstellen von Geräten).

### Aussergewöhnlicher Betriebszustand

Für den aussergewöhnlichen Betriebszustand sind gleich wie für den normalen sowohl die Beanspruchungen als auch die Formänderungen nachzuweisen. Wegen der nur kleinen Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Eintretens aller überlagerten Lastfälle sind für diesen Grenzzustand kleinere bleibende Verformungen des betrachteten Tragwerks zulässig, sofern seine Nutzung dadurch nicht in Frage gestellt wird.

## Bruchzustand

Für den gedachten Bruchzustand des betrachteten Tragwerks ist nur die vorhandene Bruchsicherheit nachzuweisen. Diese muss für die Überlagerung der Lastfälle des normalen Betriebszustandes in ungünstigster Kombination grösser sein als die erforderliche (z. B. nach [22]).

## Zahlenbeispiel

Die Überbauten von Brücken sind normalerweise jene Tragwerke, deren statisches System am eindeutigsten erfasst werden kann. Am Beispiel der in Bau befindlichen, sechsfeldrigen Eisenbahnbrücke der SBB über die Aare in Ruppoldingen (neue Linie Olten–Rothrist) sollen daher die Unterschiede zwischen der normengemässen Bemessung und jener für die wirklichkeitsnahen Grenzzustände aufgezeigt werden. Dabei wollen wir uns auf die Betrachtung des Querschnitts in der Mitte der Hauptöffnung beschränken.

Die Betonspannungen und Durchbiegungen des einzelligen Kastenträgers veränderlicher Höhe (vgl. Bild 4 in [13]) können für die verschiedenen Grenzzustände der Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1

Nr.	Grenzzustand	$\sigma_b$ in kN/cm <sup>2</sup>		$\delta$ cm
		OK-Kasten	UK-Kasten	
1	normengemässe Hauptlasten	—1,06	—0,06	6,59
2	normengemässe Haupt- und Zusatzlasten	—1,23	0,03	7,10
3	normaler Betriebszustand	—0,70	—0,70	2,73
4	aussergewöhnlicher Betriebszustand	—0,87	—0,61	3,24

Die statischen und die Ermüdungs-Biegebruchsicherheiten [21, 23] sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2

Nr.	Grenzzustand	Biegebruchsicherheit statisch	Ermüdung*	
			alt	neu
1	normengemässe Hauptlasten	1,85	1,09	2,24
2	normengemässe Haupt- und Zusatzlasten	1,76	1,08	2,08
3	normaler Betriebszustand	2,72	1,18	7,20

\* Definition nach [23]

Die Unterschiede zwischen den normengemässen und den wirklichkeitsnahen Grenzzuständen sind so gross (für ein Beispiel aus dem Hochbau vgl. [21]), dass sie in Zukunft nicht einfach mit Stillschweigen übergangen werden dürfen.

## Folgerungen

Durch Berücksichtigung der wahrscheinlichen an Stelle der normengemässen Nutz- bzw. Verkehrslasten können wirklichkeitsnahe Grenzzustände für die Bemessung unserer Tragwerke definiert werden.

Für ein bestimmtes Tragwerk mit gegebenen Abmessungen fallen die Sicherheitsabstände gegenüber den wirklichkeitsnahen Grenzzuständen erheblich grösser aus als gegenüber den normengemässen.

Die bisher übliche Grösse der Sicherheitsabstände genügt aber auch bei der Bemessung für die wirklichkeitsnahen Grenzzustände, wenn die zu erwartenden Formänderungen die beabsichtigte Nutzung des Tragwerks nicht beeinträchtigen.

### Zusammenfassung

Zwischen der wirklichen und der normengemässen Beanspruchung eines Tragwerks bestehen grosse Unterschiede. Es werden daher jene Grenzzustände der Beanspruchung aufgezeigt, die für eine wirklichkeitsnahe Bemessung massgebend sind. Auf die einzuhaltenden Sicherheitsabstände wird hingewiesen.

### Literaturverzeichnis

- [1] Herzog M.: Die wahrscheinliche Verkehrslast von Strassenbrücken. Bauingenieur 51, Heft 12, 1976.
- [2] Herzog M.: Die wahrscheinliche Verkehrslast von Eisenbahnbrücken. Bauingenieur, im Druck.
- [3] Herzog M.: Die wahrscheinliche Nutzlast von Hochbauten. Bauingenieur, im Druck.
- [4] Herzog M.: Torsionsfestigkeit und -steifigkeit von unbewehrten, schlaff bewehrten und vorgespannten Betonstäben nach Versuchen. Beton- und Stahlbetonbau 66, Heft 10, 1971.
- [5] Herzog M.: Die Schubbruchlast von Stahlbetonbalken nach Versuchen. Beton- und Stahlbetonbau 67, Heft 11, 1972.

- [6] Herzog M.: Die Schubbruchlast von Spannbetonbalken nach Versuchen. Beton- und Stahlbetonbau 69, Heft 12, 1974.
- [7] Herzog M.: Das Querschnittsbiegebruchmoment von Stahlbeton, teilweise vorgespanntem Beton und Spannbeton nach Versuchen. Beton- und Stahlbetonbau 70, Heft 3, 1975.
- [8] Herzog M.: Die Biegebruchlast von Durchlaufträgern aus Stahlbeton und Spannbeton nach Versuchen. Beton- und Stahlbetonbau 71, Heft 1, 1976.
- [9] Herzog M.: Die Bruchlast ein- und mehrfeldriger Rechteckplatten aus Stahlbeton nach Versuchen. Beton- und Stahlbetonbau 71, Heft 3, 1976.
- [10] Herzog M.: Die Membranwirkung in Stahlbetonplatten nach Versuchen. Beton- und Stahlbetonbau 71, Heft 11, 1976.
- [11] Herzog M.: Der Flansch-Scherbruch von Plattenbalken und Hohlkästen aus Stahlbeton und Spannbeton. Beton- und Stahlbetonbau 72, Heft 3, 1977.
- [12] Herzog M.: Betriebsfestigkeit von Stahlbeton, Spannbeton und teilweise vorgespanntem Beton. Die Bautechnik 54, Heft 3 und 5, 1977.
- [13] Herzog M.: Realistischer Betriebsfestigkeitsnachweis für massive Eisenbahnbrücken. Die Bautechnik 54, Heft 4, 1977.
- [14] Herzog M.: Die Ermüdung von Stahlbeton- und Spannbetonbalken unter Schub. Beton- und Stahlbetonbau 72, Heft 12, 1977.
- [21] Herzog M.: Versteckte Sicherheiten durch stillschweigende Kumulation ungünstiger Berechnungsannahmen im Stahlbetonbau. Schweiz. Techn. Zeitschrift, im Druck.
- [22] Herzog M.: Die erforderliche Grösse des Sicherheitskoeffizienten. Die Bautechnik 47, Heft 4, 1970.
- [23] Herzog M.: Zur Definition der Ermüdungssicherheit. Die Bautechnik, im Druck.

Adresse des Verfassers: Dr. Max Herzog, dipl. Bauing., Rohrerstrasse 3, 5000 Aarau.

## Umschau

### Ganzjährig Wärme aus dem Dach

Ein neues Absorberdach soll ganzjährig Wärmeenergie für den häuslichen Verbrauch erzeugen. Es verbindet die Vorteile des bislang bekannten Sonnenkollektors mit denen einer Wärmepumpe: Der Kollektor, der durch Umwandlung von Sonnenstrahlung in Wärme die Sonnenenergie direkt nutzt, arbeitet nur, wenn die Sonne hell scheint. Die Wärmepumpe hingegen nutzt die Sonnenenergie indirekt durch Aufnahme der in der Umwelt gespeicherten Energie. Sie holt sich nachts und sogar bei Regen und Schnee noch Energie aus Luft, Wasser und Erde. Wenn die Wärmepumpe die Sonnenstrahlung direkt umwandeln soll, versagt sie. Sie arbeitet mit einem Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel (Sole). Vom Kollektor ist nach Aussagen des Vorsitzenden der Arbeitsgemeinschaft Solarenergie und dem Direktor für Anwendungstechnik der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke in Essen, Dr. Bernhard Stoy, nur noch die schwarze Absorberplatte geblieben, durch deren Hohlräume vornehmlich an den Südseiten des Daches das Solegemisch gepumpt wird.

Die Wärmepumpe des Absorberdaches arbeitet sowohl auf energieaufnehmenden als auch auf der energieabgebenden Seite mit Wasser, so dass der bei normalen Umgebungsluft-Wärmepumpen erforderliche Verdampfer entfallen kann. Die Sole-Pumpe für ein Einfamilienhaus dürfte, so meint Stoy, nicht grösser als ein Gefrierschrank sein. Bei diesem Absorberdach aus schwarzem Metall handelt es sich seiner Meinung nach zum ersten Mal um einen sowohl aus technischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht langfristig gangbaren Weg für die ganzjährige Wärmeversorgung mit Hilfe der Dachflächen von Gebäuden.

### Sonnenkraftwerke im Vergleichstest

Wichtige Erkenntnisse über die Weiterentwicklungsmöglichkeiten von Sonnenkraftwerken sollen zwei für Ende 1980 geplante Objekte der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR), Projektleiter der Internationalen Energie Agentur (IEA), bringen. Die beiden Anlagen sollen im Rahmen eines Grossversuchs in Almeria (Spanien)

einem Vergleichstest unterzogen werden; je 500 Kilowatt elektrische Energie sollen die beiden Sonnenkraftwerke in das örtliche Versorgungsnetz einspeisen.

Der Auftrag für eines der beiden Projekte nach dem Turmprinzip wurde im vergangenen Jahr an ein Konsortium unter der Führung der Firma Interatom (Bundesrepublik) vergeben. Bei dem Sonnenkraftwerk nach diesem Prinzip wird die einfallende Sonnenenergie mit Hilfe von Spiegelgruppen, die auf der Bodenfläche um einen Turm angeordnet sind und die Sonnenstrahlung auf einen Absorber an der Turmspitze lenken, konzentriert. Als Wärmetransportmedium wird bei der IEA-Anlage flüssiges Natrium eingesetzt. Damit wird die Wärmeenergie zum Fuss des Turms geleitet, wo über einen Dampferzeuger ein Turbinengenerator die Umwandlung in elektrischen Strom vornimmt. Der deutsche Beitrag an dem Demonstrationsobjekt wird vom Bundesministerium für Forschung und Technologie finanziert. Die Gesamtkosten für beide Anlagen werden sich nach ersten Schätzungen auf 50 bis 60 Mio Mark belaufen.

### Sowjetische Erdbebenvorhersage erfolgreich

90 Prozent aller Erdbebenprognosen, die das Wissenschaftliche Forschungsinstitut auf der Insel Sachalin (im Osten Sibiriens) 1977 herausgegeben hat, haben sich nach Angaben der sowjetischen Zeitung «Trud» bestätigt. Auch das Jahr 1978 begann für die Wissenschaftler erfolgreich: Ein Erdbeben, das sich am 2. Februar 200 Kilometer östlich der Kurileninsel Iturup ereignete, hatten sie drei Tage vorher angekündigt.

Die Wissenschaftler haben diese Ergebnisse der von ihnen entwickelten «hydroaerodynamischen» Methode zur Erdbebenprognostik zu verdanken. Als Erdbeben-«Barometer» dienen ihnen spezielle Bohrlöcher auf der Kurileninsel Kunaschir, die bis in die wasserführenden Erdschichten reichen. Vor einem Beben verschiebt sich die Erdkruste und verursacht damit ein Absinken des Wasserspiegels in den Bohrlöchern. Danach beginnt der Wasserspiegel wieder zu steigen. Beobachtungen haben gezeigt, dass sich genau in der Zwischenzeit ein Erdbeben ereignet. Mit dieser Methode wurden laut «Komsomolskaja Prawda» in weniger als einem Jahr 13 Erdbeben mit einer Präzision von ein bis zwei Tagen vorausgesagt.