

„Nur ein Narr  
macht keine Experimente“

Charles Darwin, 1809 – 1882



## Bauwerke analysieren Tragwerke prüfen

Bauteile optimieren

### IGES

Ingenieurgesellschaft Experimentelle Statik mbH

Neustadtwall 30

28199 Bremen

Tel: 0421.59 05-23 45

Fax: 0421.59 05-23 16

[www.belastungsversuch.com](http://www.belastungsversuch.com)

## Sicherer, schneller und wirtschaftlicher



Die Ingenieurgesellschaft Experimentelle Statik mbH (IGES) wurde 2008 als Spin-Off des Instituts für Experimentelle Statik (IFES) der Hochschule Bremen gegründet. Wenn es ums Planen im Bestand geht, beraten und unterstützen wir unsere Auftraggeber bei allen statisch-konstruktiven Fragestellungen.

**Unsere Leistungen:** Wir beurteilen kurzfristig und wirklichkeitsnah den Zustand von Bauwerken aller Art, insbesondere durch experimentelle bzw. experimentell gestützte Tragsicherheitsbewertungen. Wir wenden zerstörungsfreie Prüfungen an und beraten bei der Bauteilentwicklung sowie bei der Ertüchtigung von Tragstrukturen.

**Methodik:** Bei der Abbildung der physikalischen Wirklichkeit in abstrakten Modellen verwendet man seit jeher Experimente. Wir kehren die Vorgehensweise um und führen statische Nachweise direkt am Bauwerk durch. So können Tragreserven von (historischen) Konstruktionen aufgedeckt und z.B. in Form von Nutzlasterhöhungen genutzt werden.

**Referenzen:** Von Abwasserkanal bis Zuckersilo – IGES führt Untersuchungen und Belastungsversuche an vielfältigen Objekten durch.

Auftraggeber sind die öffentliche Hand und Unternehmen wie zum Beispiel BMW, Bunting, Credit Suisse, DB AG und ÖBB.

Weitere Informationen zu uns, der Methodik und den Projekten finden Sie auf den folgenden Seiten und im Internet unter [www.belastungsversuch.com](http://www.belastungsversuch.com).

**Unsere Motivation?** Bausubstanz erhalten statt Abriss und Neubau. **Was testen wir?** Balkone, Binder, Brücken, Decken, Dächer, Fassaden, Fundamente, Koppelfugen, Säulen, Stützen, Treppen, Tunnel, Unterzüge, Windenergieanlagen, ... **Darf man das?** Belastungsversuche sind legalisiert – der statische Nachweis darf auch auf Versuchen beruhen. **Was können wir noch?** Zerstörungsfreie Prüfungen, Bauwerksdiagnose, Hybride Statik (versuchsgestützte FE-Berechnungen), Langzeitmessungen, Beratung in technischen und wissenschaftlichen Fragen des konstruktiven Ingenieurbaus. **Wie lange dauert das?** Je nach Aufwand dauern Belastungstests zwei bis zehn Tage. **Unsere Ausstattung?** Online-Messtechnik für Kräfte, Dehnungen, Verformungen, Beschleunigungen, ... , mobile variable Belastungssysteme, Belastungsfahrzeuge (BELFA, BELFA-DB), klimatisiertes Labor.

## Bauwerke analysieren



Für die rechnerische Bewertung der Tragsicherheit müssen neben der Geometrie, Lagerung und Belastung alle wesentlichen Werkstoffeigenschaften und Zustandsmerkmale bekannt sein. Das gewählte mathematische Modell muss das Tragverhalten zudem wirklichkeitsnah beschreiben.

Unsere Bauwerksanalyse beginnt mit der Sichtung der vorhandenen Unterlagen. Sofern wenig oder gar keine Information über Geometrie und Baumaterialien vorliegen, erkunden wir alle wesentlichen Daten selbst (z.B. Baustoffe, Bewehrung, Betondeckung, Karbonatisierung, Rissbreiten und -verläufe). Dazu setzen wir klassische zerstörungsarme Methoden ein, bedienen uns aber auch moderner Technik, wie z.B. Bewehrungsscanner, die uns Durchmesser, Lage und Überdeckung der Bewehrung zerstörungsfrei angeben.

Auf der Grundlage der Ergebnisse empfehlen wir weitere Maßnahmen, die von rechnerischen Nachweisen über Sanierungsvorschläge bis zu Belastungsversuchen reichen können.

## Tragwerke prüfen

Wenn sich die ausreichende Tragsicherheit rechnerisch nicht nachweisen lässt, wägen wir die Chancen eines Belastungsversuches ab – jedoch ohne Garantie: Sie stellen das Bauwerk, wir decken die Tragreserven auf. Letztere können konstruktionsbedingt in unterschiedlicher Weise vorhanden sein. Basierend auf Voruntersuchungen und unseren Erfahrungen können wir dem Bauherrn die Erfolgsaussichten meist anlässlich eines Ortstermins mitteilen.

Bei der Besichtigung wird auch der Umfang der Versuche abgestimmt. Die Stichprobe beträgt in der Regel ca. 5% der betroffenen Bauteile. Decken in mehrgeschossigen Gebäuden lassen sich besonders wirtschaftlich untersuchen, indem übereinanderliegende Versuchsorte gewählt werden.



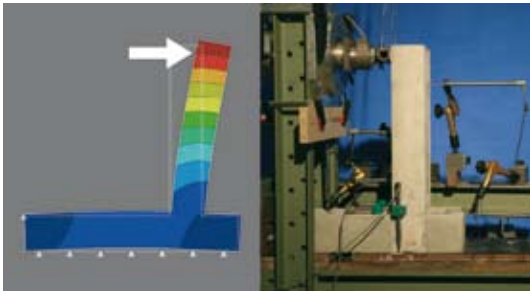
Das Ergebnis liegt sofort nach Beendigung der Versuche vor. Im Durchschnitt vergehen 4 – 6 Wochen nach der ersten Kontaktaufnahme bis der Auftraggeber Planungssicherheit für den Baufortschritt hat. Im Vergleich zu einer konventionellen Verstärkung oder eines Abrisses und Neubaus ist dies ein unschlagbar kurzer Zeitraum.

## Bauteile optimieren

Die Bautechnik und -konstruktion haben sich im letzten Jahrhundert rasant verändert. Neue Baustoffe ermöglichten neue Bauweisen und warfen neue Fragestellungen auf. Mit unseren Bauwerksanalysen und Belastungsversuchen begleiten wir diese historische Entwicklung permanent – und lernen aus den Fehlern vergangener Generationen.

Unsere Erfahrungen sind Ihre Chance für die Zukunft. Wir analysieren Ihr Vorhaben und begleiten Sie auf dem Weg zur Einführung neuer Produkte. Dabei setzen wir sowohl FE-Berechnungen als auch unser Spektrum der experimentellen Methoden ein.

Wir kommen zu Ihnen. Unsere mobilen Versuchsstände ermöglichen es, Ihr Bauteil bei Ihnen im eingebauten Zustand oder in der Fertigung zu testen. Spezielle Untersuchungen wie z.B. Dauerschwingversuche oder klimaabhängige Tests führen wir in unseren Laborräumen durch.



## Legalisierung



Auch rechtlich ist gesichert: Die Bemessung von Bauwerken und Bauwerksteilen darf auf Versuchen beruhen!

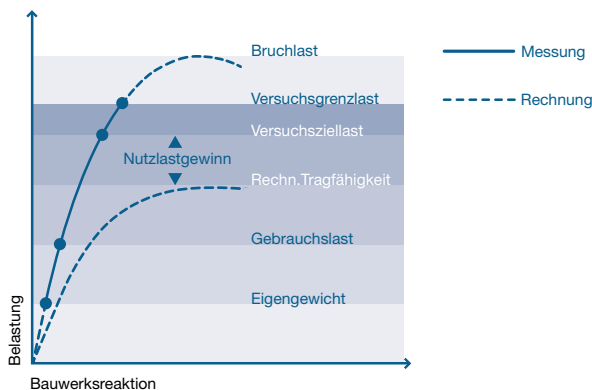
Zahlreiche Vorschriften enthalten entsprechende Hinweise (z.B. DIN 1045-1, EC 2, etc.). Der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) hat 2000 eine Richtlinie für Belastungsversuche an Betonbauwerken herausgegeben, die sich speziell mit experimentellen Tragsicherheitsbewertungen befasst. Sie darf sinngemäß aber auch für andere Materialien angewendet werden. Diese Richtlinie beschreibt zudem, wer Belastungsversuche durchführen darf. Wir erfüllen aufgrund unserer Kenntnisse und Erfahrungen zusammen mit unseren Kooperationspartnern alle Anforderungen an Prüfstellen gemäß dieser Richtlinie.

Unser Versuchskonzept stimmen wir im Voraus mit dem Prüfer ab.

## Methodik



Das Diagramm zeigt vereinfacht das Potenzial von Belastungsversuchen: die gemessenen Reaktionen sind kleiner als die rechnerisch prognostizierten. Wenn die Versuchsziellast ohne Überschreiten eines Grenzkriteriums erreicht wird, ist die Tragsicherheit nachgewiesen. Wir können dann empfehlen, mit dem Zuwachs z.B. die **Nutzlasten zu erhöhen**. Aus unserer langjährigen Erfahrung betragen die **Zuwächse meist 30–50% und können in Ausnahmefällen auch über 100%** erreichen.



Belastungsversuche analysieren den aktuellen Zustand eines Bauwerks oder Bauteils. Sie

- decken vorhandene Tragreserven auf
- offenbaren auch verborgene Mängel
- können kurzfristig, flexibel und mit nur minimalen Betriebseinschränkungen angewendet werden
- liefern das Ergebnis unmittelbar und ermöglichen eine objektive, schnelle Zustandsbeurteilung
- dienen als Entscheidungsgrundlage über Baumaßnahmen und mögliche Alternativen

Wir engagieren uns in kooperativen Projekten und Forschungsverbänden, wirken in internationalen Gremien und beraten Fachleute in ganz Europa zum Thema Tragsicherheit bestehender Tragstrukturen:

- Verein Deutscher Ingenieure VDI (Fachausschuss 2.12 „Strukturanalyse und -überwachung in der Bautechnik“)
- Ingenieurkammer Bremen
- Architekten- und Ingenieurverein e.V., Oldenburg
- RILEM (The International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, System and Structures)

Wir arbeiten interdisziplinär mit Wissenschaftlern aus angrenzenden Disziplinen und mit Fachleuten aus der Wirtschaft sowie der Verwaltung zusammen. Mit unserer zerstörungsfreien und sensiblen Arbeitsweise sind wir gern gesehener Partner der Denkmalpflege. Eine enge Kooperation besteht mit dem Institut für Experimentelle Statik (IFES) der Hochschule Bremen.

## Belastungstechnik

## Messtechnik



Das Prinzip ist einfach und bewährt: Belastungsversuche werden grundsätzlich mit einer kontrollierten, geregelten Lasterzeugung durchgeführt, wobei die Bauwerksreaktionen zeitgleich ausgewertet und analysiert werden. Dabei stehen die Sicherheit und Dauerhaftigkeit des getesteten Bauteils im Vordergrund.

Im Hochbau benutzen wir mobile Belastungsvorrichtungen, die wir individuell an jede Aufgabe anpassen können. Für Brücken kommen besondere Fahrzeuge zum Einsatz:

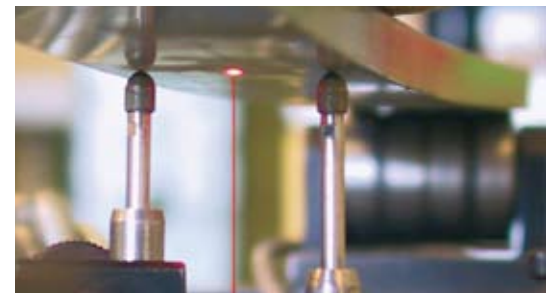
- Straßenbrücken: *Belastungsfahrzeug BELFA*
- Eisenbahnbrücken: *Belastungszug BELFA-DB*

Alle der vorgenannten Lösungen ermöglichen hohe regelbare Versuchslasten, sind flexibel einsetzbar und selbstsichernd: durch den Einsatz von Hydraulikpressen zur Testlasterzeugung werden absturzgefährdete Massenkräfte vermieden.

Die charakteristischen Daten eines Belastungsversuchs, im Normalfall Bauteilreaktionen in Abhängigkeit der Last, lassen wir uns auf einem Monitor als Grafik anzeigen.

Typische Bauteilreaktionen, die häufig im Hochbau gemessen werden, sind: Durchbiegungen, Neigungen, Stahldehnungen, Betonstauchung, Schubdehnungen, Rissweitenveränderungen und (Auflager-)Setzungen. In Sonderfällen kann auch die Schallemissionsanalyse eingesetzt werden, die zusätzliche Informationen über besondere Ereignisse während der Belastungsversuche, wie Rissbildung, Reibung oder Verbundstörungen liefern kann.

Ziel des individuell ausgearbeiteten Messkonzepts ist, den aktuellen Bauteilzustand während des Versuchs zutreffend zu bewerten. Denn der Belastungsversuch darf sich weder auf die Gebrauchstauglichkeit noch auf die Dauerhaftigkeit des Bauteils negativ auswirken. Die Messtechnik erlaubt uns, die Schädigungsgrenze frühzeitig zu erkennen und die Belastung gegebenenfalls rechtzeitig zu beenden.



## Koppelfugen Spannbetonbrücke, Bremen

**Projektinformationen**

**Objekttyp:** Straßenbrücke  
**Bauteil:** Koppelfuge  
**Motivation:** Überwachung  
**Leistung:** Belastungsversuch

Bei einer turnusmäßigen Überprüfung sind Risse im Bereich der Koppelfugen bemerkt worden. Um festzustellen, ob diese Risse aktiv sind und welche Auswirkungen auf die Ermüdungsfestigkeit der Spannstähle zu erwarten sind, haben wir Langzeitmessungen und Belastungsversuche durchgeführt.

## Mauerwerks-Gewölbebrücken, Österreich

**Projektinformationen**

**Objekttyp:** Eisenbahnbrücke  
**Bauteil:** Überbau  
**Motivation:** Bauschäden  
**Leistung:** Hybride Statik

Nachdem Schäden am Tragsystem in Form von Rissen erkannt worden waren, konnte nur ein experimentell gestütztes Verfahren Gewissheit über die aktuelle Tragsicherheit liefern. Wir maßen die relevanten Bauwerkreaktionen unter Betrieb für eine anschließende Einstufungsberechnung.

## Möllerbrücke, Bergen bei Dumme

**Projektinformationen**

**Objekttyp:** Straßenbrücke  
**Bauteil:** Überbau, Widerlager, Gründung  
**Motivation:** Denkmalschutz  
**Leistung:** Belastungsversuch

Die Stahlbetonbrücke nach der „Bauweise Möller“ stand Jahrzehnte ungenutzt in direkter Nachbarschaft zur innerdeutschen Grenze. Belastungsversuche mit dem Belastungsfahrzeug BELFA zeigten, dass das Bauwerk trotz seines Alters und der historischen Baukonstruktion eine noch ausreichende Tragsicherheit aufweist.

## Stahlbeton-Trogbrücke, Österreich

**Projektinformationen**

**Objekttyp:** Eisenbahnbrücke  
**Bauteil:** Überbau  
**Motivation:** Bauwerksschäden  
**Leistung:** Hybride Statik

Für die über 50 Jahre alte Brücke wurde eine ausreichende Tragsicherheit für die gewünschten Lastklassen angezweifelt. Risse deuteten auf eine hohe Ausnutzung hin. Mit einer experimentell gestützten 3D-FE-Berechnung konnten wir den Nachweis unter Ausnutzung der messtechnisch aufgedeckten Systemreserven erbringen.

## Kaserne, Barnstorf

40.000 m<sup>2</sup> Stahlbetondecken, Hamburg**Projektinformationen**

**Objekttyp:** Kaserne  
**Bauteil:** Decke  
**Motivation:** Konversion, Umbau  
**Leistung:** Diagnose, Hybride Statik

**Projektinformationen**

**Objekttyp:** Großmarkt  
**Bauteil:** Decken und Unterzüge  
**Motivation:** Nutzlasterhöhung  
**Leistung:** Belastungsversuch



Das Gebäude sollte zukünftig zur Herstellung von Lebensmittelkonserven genutzt werden. Der Einbau schwerer Küchengeräte stellte die Tragsicherheit der Kellerdecke in Frage. Wir überprüften den aktuellen Zustand der Decke und erbrachten den Nachweis der Tragsicherheit und Ermüdungsfestigkeit auch für die Gabelstaplernutzung.

Die Stahlbetondecken waren für kleine LKW und Handwagen dimensioniert. Der heutige Warenumschlag macht den Einsatz von Gegengewichtstaplern unumgänglich. Wir überprüften welche Stapler zukünftig fahren dürfen und welche Fahrzeuge draußen bleiben müssen.

## Stahlbeton-Fluchttunnel, Oldenburg

## Wrissenberg-Decke, Bremen

**Projektinformationen**

**Objekttyp:** Einkaufszentrum  
**Bauteil:** Tunnel  
**Motivation:** Nutzlasterhöhung  
**Leistung:** Belastungsversuch

**Projektinformationen**

**Objekttyp:** Schule  
**Bauteil:** Decke  
**Motivation:** Bauschäden, Umbau  
**Leistung:** Belastungsversuch



Bei der Revitalisierung des Verbrauchermarktes sollten vorhandene Bauwerke in das Konzept einbezogen werden. Als Ergebnis einer Nachrechnung und stichprobenartiger Erkundungen konnte die Tragsicherheit der Fluchttunnel nicht nachgewiesen werden. Mit Belastungsversuchen während der Baumaßnahme gelang der Nachweis.

Risse im Deckenfeld und Abrisse am Deckenrand sowie ein relativ unbekanntes historisches Konstruktionsystem führten zur Sperrung der Räume für den Schulbetrieb. Mit Belastungsversuchen analysierten wir die derzeit noch zulässigen Nutz- und Verkehrslasten. Mit Erfolg: die Schule kann weiterhin genutzt werden.



## Berrahohlsteindecke, Lübeck



## Projektinformationen

**Objekttyp:** Hotel  
**Bauteil:** Decke und Unterzug  
**Motivation:** Umbau, Aufstockung  
**Leistung:** Belastungsversuch

Während des Umbaus vom Handelshof zum Hotel konnte die Tragsicherheit der historischen Rippendecke aus Berrahohlsteinen rechnerisch nicht nachgewiesen werden. Wir untersuchten Deckenfelder und Unterzüge erfolgreich und unterstützten die fristgerechte Fertigstellung der Baumaßnahme.

## Waschbetonfassade, Oldenburg



## Projektinformationen

**Objekttyp:** Schule  
**Bauteil:** Fassade  
**Motivation:** Umbau, Aufstockung  
**Leistung:** Belastungsversuch

Die Vorhängefassade des Stahlbetonskelettbau sollte energetisch verbessert werden. Die Befestigungspunkte waren teilweise geschädigt. Wir haben den Lastabtrag sowohl für zusätzliche vertikale Lasten als auch für horizontale Lasten aus Winddruck und Windsog nachgewiesen.

## Pohlmann-Rippendecken, Flensburg



## Projektinformationen

**Objekttyp:** Kaserne  
**Bauteil:** Decke  
**Motivation:** Umbau, Aufstockung  
**Leistung:** Belastungsversuch

Umfangreiche Umbauten ließen Zweifel an der Tragsicherheit und am Brandschutz der Kasernen entstehen. Unsere Versuche brachten den Nachweis. Wir unterstützten den genauen Brandschnitznachweis, indem wir den Ausnutzungsgrad der Bewehrung bestimmten.

## Dachschalung (Leichtbetondielen), Bremen



## Projektinformationen

**Objekttyp:** Museum  
**Bauteil:** Dachtragwerk  
**Motivation:** Überwachung  
**Leistung:** Belastungsversuch

Das Dach des Neuen Museum Weserburg ist mit Leichtbetondielen eingedeckt. Sie wiesen sichtbare Durchbiegungen sowie deutliche Risse quer zur Spannrichtung auf ( $w \leq 0,5 \text{ mm}$ ). Wir erbrachten den Tragsicherheitsnachweis und unterstützten die Planung, um die Dauerhaftigkeit wieder herzustellen.

## Fundamente von Windenergieanlagen



### Projektinformationen

**Objekttyp:** Windenergieanlage  
**Bauteil:** Fundament  
**Motivation:** Bauschäden  
**Leistung:** Diagnose

Risse, Abplatzungen und große Verformungen zwischen Stahleinbauteil und Stahlbetonfundament warfen die Frage nach der Ursache und einer geeigneten Sanierungsmaßnahme auf. Wir analysieren die Schäden, entwickeln geeignete Konzepte und kontrollieren den Erfolg mit Messungen.

## Gusseiserne Treppen, Saarbrücken



### Projektinformationen

**Objekttyp:** Einkaufszentrum  
**Bauteil:** Treppe  
**Motivation:** Denkmalschutz  
**Leistung:** Belastungsversuch

Das Gebäude der Bergwerksdirektion wurde zum Einkaufszentrum umgebaut. Damit die denkmalgeschützten gusseisernen Treppen nicht nur erhalten sondern weiterhin genutzt werden können, wiesen wir die Tragfähigkeit von Treppenläufen, Podesten und Stützen durch Belastungsversuche nach.

## Flächentragwerk (Stoff, Aluminium), Hannover



### Projektinformationen

**Objekttyp:** Kirche  
**Bauteil:** Kokon  
**Motivation:** Überwachung  
**Leistung:** Belastungsversuch

Belastungsversuche waren vom Tragwerksplaner als ergänzender Bestandteil des statischen Entwurfs vorgeschlagen, um die Standsicherheit der temporären und extrem leichten Installation "Garten Eden" in der Christuskirche nachzuweisen.

## Schwalbennestorgel, Lemgo



### Projektinformationen

**Objekttyp:** Kirche  
**Bauteil:** Kragträger  
**Motivation:** Denkmalschutz  
**Leistung:** Belastungsversuch

Die Renaissance-Orgel stammt aus der Zeit um 1600 und soll in der evangelischen Kirche St. Marien nach historischem Vorbild rekonstruiert werden. Wir testeten, ob die auskragende Holzkonstruktion auch für die schwerere neue Orgel gebrauchstauglich ist.