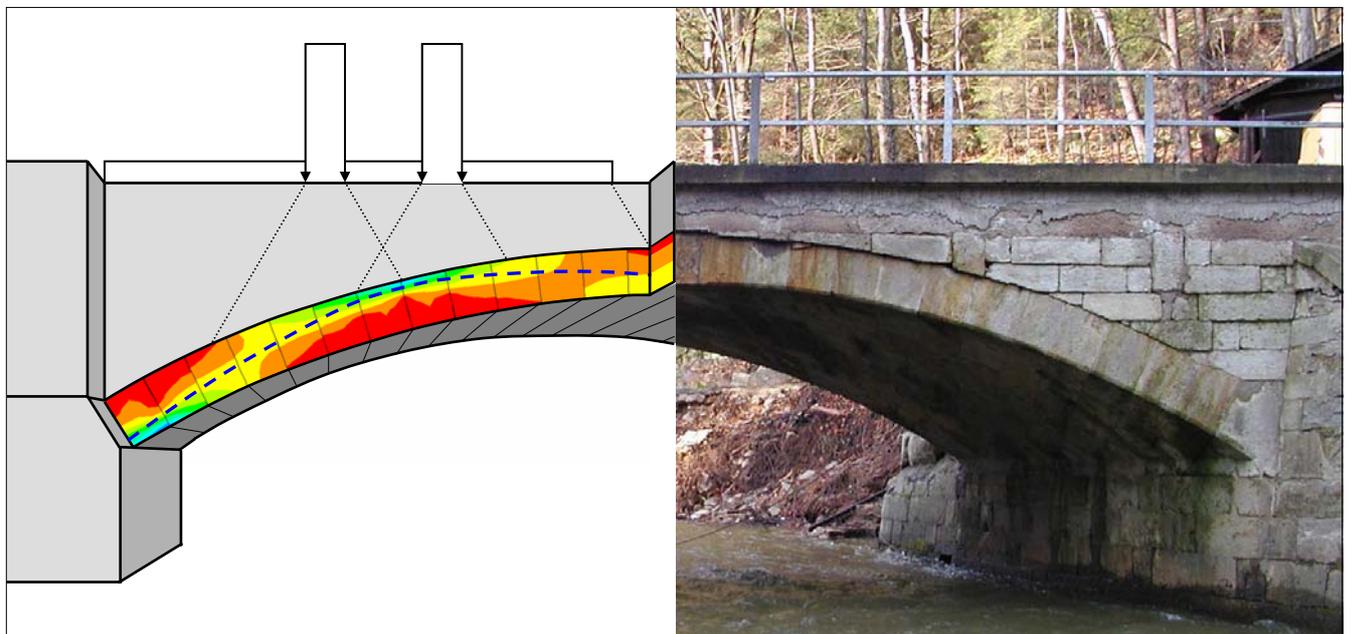


# Gewölbebrücken aus Natursteinmauerwerk

*Entwicklung eines Berechnungsverfahrens zum  
statischen Nachweis von Gewölbebrücken  
unter Ausnutzung der räumlichen Tragwirkung*

## Forschungsvorhaben Nr. IW061178 Schlussbericht 05/2010

*Fördermittelgeber  
EuroNorm GmbH  
Projektträger des Bundesministeriums  
für Wirtschaft und Technologie  
Stralauer Platz 34  
10243 Berlin*



Trag Werk Ingenieure  
Döking+Purtak Partnerschaft  
Prellerstraße 9  
01309 Dresden  
Tel.: 0351/ 43308-50  
Fax: 0351/ 43308-55

Dresden, Mai 2010  
Dr.-Ing. Frank Purtak

<b>1.</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Geometrie der Gewölbebrücken</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>Beanspruchungen</b>	<b>3</b>
3.1.	Eigengewicht	3
3.2.	Straßenverkehrslasten	4
3.3.	Eisenbahnverkehrslasten	6
3.4.	Temperaturlasten	10
3.5.	Windbeanspruchung	12
3.6.	Schneelasten	13
3.7.	Setzungen	13
<b>4.</b>	<b>Stand der Forschung</b>	<b>14</b>
4.1.	Ebene Diskontinuums-Modelle	14
4.1.1.	Verwendete Software	16
4.1.2.	Allgemeines Diskontinuumsmodell	16
4.1.3.	Entkoppeltes Diskontinuumsmodell	16
4.1.4.	Bogentragwerk	19
4.1.5.	Ermittlung der Stützlinie als Grundlage der Nachweisführung	20
4.1.6.	Modelleinstellungen	21
4.1.7.	Newton-Raphson-Verfahren	22
4.1.8.	Finite-Elemente-Modell zur Traglastermittlung	23
4.1.9.	Lasteinleitung und Auswertung des Bruchkriteriums	23
4.1.10.	Bruchmodelle für die numerische Berechnung	24
4.1.11.	Untersuchungen von Hirsch	26
4.2.	Räumliche Kontinuumsmodelle	58
4.2.1.	Untersuchungen von ZIMMERMANN	59
4.2.2.	Untersuchungen von FRENZEL	62
<b>5.</b>	<b>Aufbau von Natursteinbrücken</b>	<b>69</b>
5.1.	Gewölbetragwerk	70
5.2.	Fahrbahn	73
5.3.	Auffüllung	74
5.4.	Aufmauerung	74
5.5.	Widerlager und Pfeiler	75
<b>6.</b>	<b>Räumliches Diskontinuumsmodell</b>	<b>76</b>
6.1.	Tragwerk	76
6.1.1.	Gewölbeformen	76
6.1.2.	Auffüllung	78
6.1.3.	Randbedingungen, Pfeiler und Widerlager	78
6.2.	Einwirkungen	80
6.2.1.	Aufprägung von Verkehrslasten	80
6.2.2.	Temperaturlasten	83
6.3.	Ergebnissauswertung	84
<b>7.</b>	<b>Räumliche Tragwirkung</b>	<b>85</b>
7.1.	Mauerwerk ohne Übergreifung, $\ddot{u} = 0$ , Steinlänge $l_{St} = 1$ m	85
7.2.	Mauerwerk mit Übergreifung, $\ddot{u} = 0,5 \cdot l_{St}$ , Steinlänge $l_{St} = 1$ m	90
7.3.	Mauerwerk mit Übergreifung, $\ddot{u} = 0,5 \cdot l_{St}$ , Steinlänge $l_{St} = 0,60$ m	95
7.4.	Vergleich mit Brückenversuch	100
<b>8.</b>	<b>Parameteruntersuchung</b>	<b>102</b>
8.1.	Standardbrücke	102
8.1.1.	Geometrische Verhältnisse	102
8.1.2.	Materialparameter und Traglastkurven	103
8.1.3.	Ermittlung des Ausnutzungsgrades	103
8.2.	Ergebnisse der Parameteruntersuchung	103

---

8.2.1.	Untersuchung zum Einfluss der Spannweite	105
8.2.2.	Untersuchung zum Einfluss des Stichhöhenverhältnisses	107
8.2.3.	Untersuchung zum Einfluss der Brückenbreite	109
8.2.4.	Untersuchung zum Einfluss der Gewölbedicke	111
8.2.5.	Untersuchung zum Einfluss der Steinlänge	113
8.2.6.	Untersuchung zum Einfluss vom Überbindemaß	115
8.2.7.	Untersuchung zum Einfluss der Auffüllungshöhe	117
8.3.	Abminderungsfaktoren	119
8.3.1.	Beispiel 1: Gewölbebrücke $L = 15$ m	121
8.3.2.	Beispiel 2: Gewölbebrücke $L = 20$ m	123
8.3.3.	Beispiel 3: Gewölbebrücke $L = 25$ m	125
<b>9.</b>	<b>Probabilistik</b>	<b>127</b>
9.1.	Zielstellung	127
9.1.1.	Einwirkungen	127
9.1.2.	Widerstand	127
9.1.3.	Ziel- Versagenswahrscheinlichkeit (Ziel- Sicherheitsindex)	127
9.2.	Vorgehensweise zur Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit	128
9.2.1.	Einwirkungen	128
9.2.2.	Widerstand und Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit	130
9.3.	Ergebnisse	132
9.4.	Sicherheitskonzept	137
<b>10.</b>	<b>Berechnungsbeispiel zum Nachweisverfahren</b>	<b>145</b>
10.1.	Berechnungsbeispiel $L = 10$ m	145
10.1.1.	Nachweise mit dem Teilsicherheitskonzept	145
10.1.2.	Nachweise mit dem globalen Sicherheitskonzept	147
10.2.	Berechnungsbeispiel $L = 15$ m	149
10.2.1.	Nachweise mit dem Teilsicherheitskonzept	149
10.2.2.	Nachweise mit dem globalen Sicherheitskonzept	151
10.3.	Berechnungsbeispiel $L = 20$ m	153
10.3.1.	Nachweise mit dem Teilsicherheitskonzept	153
10.3.2.	Nachweise mit dem globalen Sicherheitskonzept	155
<b>11.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>157</b>
<b>12.</b>	<b>Literatur</b>	<b>158</b>