

## Inhaltsverzeichnis

|          |   |             |
|----------|---|-------------|
|          | <b>Vorwort</b>  | <i>V</i>    |
|          | <b>Kurzfassung/Abstract</b>   | <i>VII</i>  |
|          | <b>Formelzeichen und Variablen</b>  | <i>XIII</i> |
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>   | <i>1</i>    |
| 1.1      | Problemstellung und Motivation  | <i>1</i>    |
| 1.2      | Zielsetzung   | <i>2</i>    |
| 1.3      | Vorgehensweise  | <i>3</i>    |
| <b>2</b> | <b>Werkstoff Mauerwerk</b>  | <i>5</i>    |
| 2.1      | Einführung  | <i>5</i>    |
| 2.2      | Ausgangsstoffe  | <i>6</i>    |
| 2.2.1    | Mauersteine   | <i>6</i>    |
| 2.2.2    | Mauermörtel   | <i>7</i>    |
| 2.3      | Tragverhalten   | <i>8</i>    |
| 2.3.1    | Druckbeanspruchung  | <i>8</i>    |
| 2.3.2    | Zug- und Biegezugbeanspruchung senkrecht zur Lagerfuge                    | <i>12</i>   |
| 2.4      | Modellierung der einachsialen Spannungs-Dehnungs-Beziehung                | <i>14</i>   |
| 2.4.1    | Grundlagen  | <i>14</i>   |
| 2.4.2    | Normierte einachsiale Spannungs-Dehnungs-Beziehung                        | <i>14</i>   |
| 2.4.3    | Werkstoffkennwerte  | <i>16</i>   |
| 2.5      | Zusammenfassung   | <i>18</i>   |
| <b>3</b> | <b>Analyse ausgewählter Berechnungs- und Bemessungsverfahren</b>          | <i>19</i>   |
| 3.1      | Einführung  | <i>19</i>   |
| 3.2      | Historische Entwicklung   | <i>21</i>   |
| 3.2.1    | Querschnittstragfähigkeit   | <i>21</i>   |
| 3.2.2    | Systemtragfähigkeit   | <i>24</i>   |
| 3.3      | Analyse ausgewählter Berechnungsverfahren                                 | <i>26</i>   |
| 3.3.1    | Grundlagen  | <i>26</i>   |
| 3.3.2    | Berechnungsverfahren für Druckglieder bei einachsiger Biegebeanspruchung  | <i>26</i>   |
| 3.3.2.1  | Haller und Kirtschig  | <i>26</i>   |
| 3.3.2.2  | Kordina & Quast und Bastgen   | <i>28</i>   |
| 3.3.2.3  | Glock   | <i>30</i>   |
| 3.3.3    | Berechnungsverfahren für Druckglieder bei zweiachsiger Biegebeanspruchung | <i>33</i>   |
| 3.3.3.1  | Habel   | <i>33</i>   |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.3.3.2  | Lau und Yang sowie Phipps, Swailes und Bell   | 34        |
| 3.3.3.3  | Shi und Liu   | 35        |
| 3.3.3.4  | Morton  | 37        |
| 3.3.3.5  | Yu, Shi und Song  | 38        |
| 3.3.4    | Vergleich der Berechnungsverfahren für Druckglieder bei zweiachsiger Biegebeanspruchung       | 40        |
| 3.4      | Normative Bemessungsverfahren   | 41        |
| 3.4.1    | Grundlagen  | 41        |
| 3.4.2    | Europäische Norm EN 1996  | 42        |
| 3.4.3    | Amerikanische Norm TMS 402/602  | 45        |
| 3.4.4    | Kanadische Norm CSA S304.1  | 46        |
| 3.4.5    | Australische Norm AS 3700   | 47        |
| 3.4.6    | Vergleich normativer Bemessungsverfahren für Druckglieder bei zweiachsiger Biegebeanspruchung | 48        |
| 3.5      | Zusammenfassung   | 48        |
| <b>4</b> | <b>Nichtlineares Berechnungsmodell</b>  | <b>51</b> |
| 4.1      | Einführung  | 51        |
| 4.2      | Querschnittstragfähigkeit   | 52        |
| 4.2.1    | Grundlagen  | 52        |
| 4.2.2    | Linear-elastisches Werkstoffverhalten   | 54        |
| 4.2.2.1  | Allgemeines   | 54        |
| 4.2.2.2  | Modellierung mit Begrenzung der Druckdehnung  | 54        |
| 4.2.2.3  | Modellierung ohne Begrenzung der Druckdehnung   | 62        |
| 4.2.2.4  | Analyse der Querschnittstragfähigkeit   | 64        |
| 4.2.3    | Starr-plastisches Werkstoffverhalten  | 65        |
| 4.2.3.1  | Allgemeines   | 65        |
| 4.2.3.2  | Realitätsnähere Modellierung der Druckzone  | 66        |
| 4.2.3.3  | Rechteckige Modellierung der Druckzone  | 70        |
| 4.2.3.4  | Analyse der Querschnittstragfähigkeit   | 71        |
| 4.2.4    | Nichtlineares Werkstoffverhalten  | 72        |
| 4.3      | Querschnittskrümmung  | 75        |
| 4.3.1    | Grundlagen  | 75        |
| 4.3.2    | Linear-elastisches Werkstoffverhalten   | 76        |
| 4.3.2.1  | Allgemeines   | 76        |
| 4.3.2.2  | Fall I  | 77        |
| 4.3.2.3  | Fall II   | 78        |
| 4.3.2.4  | Fall III  | 79        |
| 4.3.2.5  | Fall IV   | 80        |
| 4.3.2.6  | Fall V  | 81        |
| 4.3.2.7  | Analyse der Krümmung  | 82        |
| 4.3.3    | Nichtlineares Werkstoffverhalten  | 84        |
| 4.4      | Systemtragfähigkeit   | 85        |
| 4.4.1    | Grundlagen  | 85        |
| 4.4.2    | Linear-elastisches Werkstoffverhalten   | 89        |
| 4.4.2.1  | Allgemeines   | 89        |
| 4.4.2.2  | Fall I  | 92        |
| 4.4.2.3  | Fall II   | 96        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 4.4.2.4  | Fall III   | 97         |
| 4.4.2.5  | Fall IV  | 99         |
| 4.4.2.6  | Fall V   | 101        |
| 4.4.2.7  | Iterative Ermittlung der Systemtragfähigkeit   | 103        |
| 4.4.2.8  | Analyse der Systemtragfähigkeit  | 104        |
| 4.4.2.9  | Sonderfall des linear-elastischen Werkstoffverhaltens mit betragsmäßig gleicher Druck- und Biegezugfestigkeit am Beispiel Stahl und Holz | 109        |
| 4.4.3    | Nichtlineares Werkstoffverhalten   | 111        |
| 4.4.4    | Weitere mögliche Versagensmodi   | 115        |
| 4.4.4.1  | Allgemeines  | 115        |
| 4.4.4.2  | Versagen infolge von Biegedrillknicken   | 115        |
| 4.4.4.3  | Querkraftversagen  | 117        |
| 4.4.4.4  | Versagen infolge von horizontaler Last bei minimaler Normalkraft   | 118        |
| 4.5      | Experimentelle Verifizierung   | 118        |
| 4.5.1    | Grundlagen   | 118        |
| 4.5.2    | Querschnittstragfähigkeit  | 119        |
| 4.5.3    | Systemtragfähigkeit  | 124        |
| 4.6      | Zusammenfassung  | 128        |
| <b>5</b> | <b>Nichtlineares Bemessungsverfahren</b>   | <b>131</b> |
| 5.1      | Einführung   | 131        |
| 5.2      | Vorschlag eines nichtlinearen Bemessungsverfahrens   | 132        |
| 5.2.1    | Grundlagen   | 132        |
| 5.2.2    | Approximation der Systemtragfähigkeit  | 135        |
| 5.2.3    | Verifizierung der Approximation der Systemtragfähigkeit  | 137        |
| 5.2.4    | Modellbildung bei unterschiedlichen Exzentrizitäten an Kopf und Fuß  | 142        |
| 5.3      | Berücksichtigung des semiprobabilistischen Teilsicherheitskonzepts   | 143        |
| 5.3.1    | Grundlagen   | 143        |
| 5.3.2    | Bemessungswert der Druckfestigkeit   | 144        |
| 5.3.3    | Modifizierung des $\gamma_R$ -Verfahrens   | 145        |
| 5.3.4    | Überprüfung der normenkonformen Bemessung mit dem modifizierten $\gamma_R$ -Verfahren  | 148        |
| 5.4      | Nichtlineare Bemessung auf Basis normativer Verfahren  | 151        |
| 5.4.1    | Grundlagen   | 151        |
| 5.4.2    | Bemessung auf Basis von EN 1996-1-1  | 151        |
| 5.4.3    | Bemessung auf Basis von EN 1996-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1996-1-1/NA   | 153        |
| 5.4.4    | Bemessung auf Basis von prEN 1996-1-1  | 155        |
| 5.5      | Vorschlag zur direkten Ermittlung der Systemtragfähigkeit  | 155        |
| 5.6      | Zusammenfassung  | 157        |
| <b>6</b> | <b>Resümee und Ausblick</b>  | <b>159</b> |
| <b>7</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>  | <b>163</b> |