

## Bodenmodelle in FEM-Anwendungen – Grundlagen, Berechnungsbeispiele und Eignungseinschätzungen

von C.Barth und M.Otto

Die Berechnung von Fundamentplatten nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) gehört heute zu den Standardanwendungen im Ingenieurbau. Die richtige Erfassung der untrennbaren Einheit von Boden und Bauwerk ist dabei auch beim heutigen Stand der Technik keine eindeutig lösbare Aufgabe. Moderne FEM-Programme verfügen über integrierte Bodenmodelle, die allerdings Unterschiede in der Modellierung aufweisen. Trotz identischer Aufgabenstellung weichen die jeweils erzielten Ergebnisse teils erheblich voneinander ab.

Auf der Grundlage von praktischen Berechnungen werden fünf in der Praxis verwendete Bodenmodelle untersucht, darunter auch eine Variante mit 3D-Volumenelementen. Die erzielten Ergebnisse werden interpretiert und Empfehlungen für die jeweils geeigneten Anwendungsgebiete gegeben. Außerdem werden Anwendungsgrenzen für die einzelnen Bodenmodelle definiert.

### 1. Einleitung

Die statische Berechnung von Plattenfundamenten und die Erfassung der Wechselwirkungen zwischen Gründung, Bauwerk und Baugrund in einem wirklichkeitsnahen Modell stellt auch jetzt noch eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Die Berechnung der Verformungen und Schnittgrößen erfolgt fast ausschließlich mit Finite-Elemente-Programmen.

Für die Abbildung des Baugrunds existiert allerdings kein einheitliches Verfahren, sondern es stehen selbst innerhalb eines Softwaresystems unterschiedliche Varianten zur Verfügung. Diese verschiedenen Varianten werden als Bodenmodelle bezeichnet und unterscheiden sich teils grundlegend voneinander. Unterschiede in den Berechnungsergebnissen und damit auch in der Bemessung der Fundamentplatten sind die Folge.

Das Anliegen dieses Artikels ist es, die Merkmale und Besonderheiten der einzelnen Verfahren aufzuzeigen und damit dem Anwender das Hinterfragen und das Verstehen der erhaltenen Ergebnisse zu erleichtern.

Folgende Verfahren sollen analysiert und in Zusammenhang mit den theoretischen Grundlagen interpretiert werden:

- Bettungsmodulverfahren (BMV)
- Modifiziertes Bettungsmodulverfahren (MBMV)
- Modifiziertes Steifezifferverfahren (MSZV)
- Steifemodulverfahren (SMV)
- 3D-Halbraumverfahren (3D-HRV)

Die ersten beiden Modelle weisen keine Software spezifischen Besonderheiten auf und können in der Regel mit der üblichen Standardsoftware berechnet werden. Für das modifizierte Steifezifferverfahren wurde das Programm „MicroFe“ von mb-AEC, für das Steifemodulverfahren „Finite Elemente“ von InfoGraph und für das 3D-Halbraumverfahren „TRIMAS“ von RIB gewählt.

### 2. Beschreibung der verwendeten Bodenmodelle

Die Verteilung der Spannung in der Kontaktfuge zwischen Baugrund und Bauwerk (Sohldruck) ist die entscheidende Größe für die Ermittlung der Plattenschnittgrößen. Es stehen verschiedene Verfahren zur Berechnung der Sohl-druckverteilung zur Verfügung.

#### BETTUNGSMODULVERFAHREN (BMV)

Beim klassischen Bettungsmodulverfahren wird die Fundamentplatte flächig elastisch gelagert. Der Baugrund wird durch von einander unabhängige Vertikalfedern mit konstanter Federsteifigkeit ersetzt, was auch als Winkler'scher Halbraum bekannt ist. Der Bettungsmodul  $k_s$  ergibt sich aus der Proportionalität zwischen Sohlspannung  $\sigma_0$  und Setzung  $s$  zu:

$$k_s = \frac{\sigma_0}{s} \quad (1)$$

Der Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante, da  $k_s$  von der Geometrie oder Last des Systems abhängig ist. Um  $k_s$  im Voraus genau zu bestimmen, müsste man theoretisch die Sohl-druckverteilung und auch die Setzungen kennen, die sich jedoch erst aus den Berechnungsergebnissen ergeben ([1] Fiedler 2001, Seite 118).

Einer der kritischsten Punkte des Bettungsmodulverfahrens liegt deshalb in der quantitativen Festlegung des Bettungsmoduls ([2] Hettler 2000, S.155).

#### MODIFIZIERTES BETTUNGSMODULVERFAHREN (MBMV)

Neben diesem klassischen Bettungsmodulverfahren wird auch das Verfahren mit feldweise unterschiedlichen Bettungsmoduln angewendet. In den hier durchgeführten Berechnungen wird es als Modifiziertes Bettungsmodulverfahren bezeichnet. Durch die veränderlichen Bettungseigenschaften kann eine verbesserte Modellbildung simuliert werden. Es werden zum Plattenrand hin anwachsende Werte angesetzt, womit das Mittragen des Baugrunds außerhalb der Gründung simuliert werden soll. Für das hier verwendete Beispiel werden linear ansteigende Bettungsmoduln nach der Verteilungsvorschrift von *Dörken* und *Dehne* angewendet. *El Gendy* und *Kany* beschreiben

in [3] Kany 1995 eine Methode (*subareas method*), mit der variable Bettungsmoduln aus vorhandenen Bodenproben ermittelt werden können.

## MODIFIZIERTES STEIFEZIFFERVERFAHREN (MSZV)

Dieses Bodenmodell legt die Theorie des elastischen Halbraums als Kontinuum zugrunde. Bodenmodelle, die auf diesem allgemeinen Ansatz aufbauen (wie auch die Bodenmodelle 4 und 5), ermitteln eine Sohl-druckverteilung, die folgende Bedingungen erfüllen soll:

- Gleichgewichtsbedingungen für alle eingetragenen Lasten
- Erzeugen einer Setzungsmulde auf dem Halbraum
- Erzeugen einer zur Setzungsmulde passenden Biegeform im Gründungskörper

Diese Bedingungen führen zu vergleichsweise realitätsnahen Ergebnissen.

Die Druck-Setzungs-Beziehung wird durch den Steifemodul  $E_s$  charakterisiert. Der Steifemodul wird normalerweise aus der linearisierten Drucksetzungslinie des Kompressionsversuches mit behinderter Seitendehnung abgeleitet. Der Aushub muss hier berücksichtigt werden, da der Baugrund dann mit dem Wiederbelastungsmodul reagiert.

Das Modifizierte Steifezifferverfahren (auch Zweiparametrisches Bodenmodell nach *Pasternak* genannt) ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass die Generierung eines Bettungskragens um die eigentliche Fundamentfläche nötig ist. Eine Bodenschichtung kann nicht abgebildet werden. Für eine nähere Beschreibung dieses Modells sei auf [4] Barth 2004, Seite 337 verwiesen.

## STEIFEMODULVERFAHREN (SMV)

Im Gegensatz zum vorhergehenden Modell erfolgt die Lösung hier iterativ. In Anlehnung an das klassische Steifemodulverfahren wird dabei eine Lösung erbracht, die auch eine Schichtung des Baugrundes nachbilden kann. Eine genaue Beschreibung des Modells findet man in [5] Ahrens 1984.

## 3D-HALBRAUMVERFAHREN (3D-HRV)

Bei diesem Verfahren wird der Halbraum direkt durch eine geometrische Abbildung der Bodenschichten modelliert. Baugrund und Bauwerk werden vollständig mit finiten Elementen abgebildet.

Bei der Beschreibung des Bodens werden lineare 8-knotige Hexaederelemente und lineare 6-knotige Pentaederelemente verwendet (siehe Bild 1).

Ausgehend vom Gründungsbereich über den Abklingbereich bis hin in den Übergangsbereich in den unendlichen Halbraum (*Radius R in Bild 2*) ist eine Modellierung als Halbkugel oder Zylinder möglich.

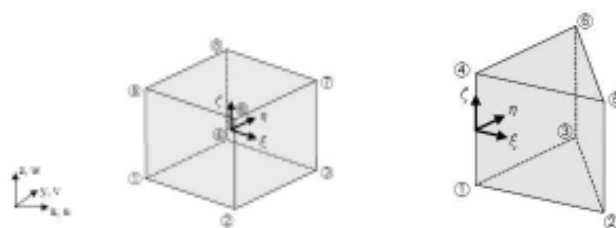


Bild 1: Hexaederelement (links) und Pentaederelement (rechts), aus [6] RIB 2003, S. 92

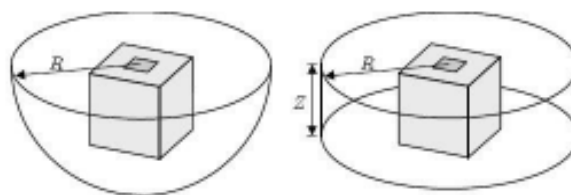


Bild 2 : 3D-Halbraummodell als Halbkugel oder Zylinder (aus [6] RIB 2003, S. 137)

Neben dieser geometrischen Beschreibung des Baugrunds wird jeder Schicht ein Material zugeordnet.

## 3. Berechnungsbeispiel Bodenplatte eines Einfamilienhauses

Interessant ist der Vergleich der Ergebnisse aus den verschiedenen Bodenmodellen z. B. für eine Rechteckplatte für die Sonderfälle

- Gleichlast auf die gesamte Platte,
- Linienlast auf den äußeren Rand und
- Einzellast in der Mitte der Platte.

Die Ergebnisse für diese Fälle sind in [7] Otto 2004 dargestellt und werden auch in bezug auf die verwendete Theorie interpretiert.

Als Berechnungsbeispiel wird hier die Bodenplatte eines Einfamilienhauses gewählt, in denen die oben erwähnten Lasttypen gemischt in üblicher Weise auftreten. Dieses Modell wurde auch in [8] Margraf 2003 untersucht (Bild 3).

Das Berechnungsbeispiel wird für alle Bodenmodelle als 0,25 m dicke Betonplatte (B25) mit einer gleichen Elementnetzmaschenweite von 0,25 x 0,25 m generiert. Die Ergebnisauswertung erfolgt für eine Lastkombination bestehend aus den folgenden Einzellastfällen:

- Lastfall 1: Eigenlast der Fundamentplatte
- Lastfall 2: Ausbaulast aus Fußbodenaufbau
- Lastfall 3: Verkehrslast Kellerfußboden
- Lastfall 4: Wandlasten, ständig
- Lastfall 5: Wandlasten, veränderlich

Alle Berechnungen werden ohne eine Berücksichtigung des Zugausfalls in der Sohlfuge geführt.

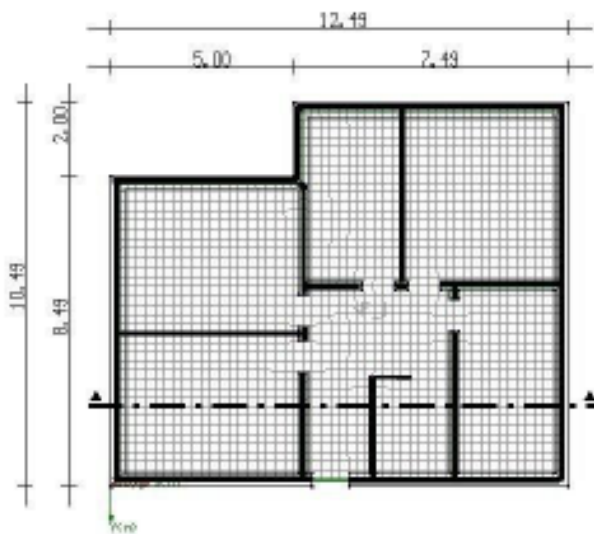


Bild 3: Berechnungsbeispiel – Bodenplatte eines Einfamilienhauses

## EINGANGSPARAMETER

Da die notwendigen Eingangsparameter, wie Bettungsmodul und Steifemodul bzw. E-Modul, große Bedeutung für die Berechnung haben, wird deren Ermittlung im Folgenden kurz erläutert.

### Bestimmung des Steifemoduls

Eingangswert in das MSZV und SMV ist der Steifemodul. Er wird aus dem baugrundspezifischen Druck-Setzungs-Diagramm ermittelt und ist für den erwarteten Belastungsspielraum in Tabelle 1 dargestellt.

Steifemodul $E_s$ [KN/m <sup>2</sup> ]
2090,48

Tab. 1: Steifemodul des Berechnungsbeispiels

Da der Steifemodul eine Funktion des Druckniveaus ist und die Druckspannungen durch die mit der Tiefe zunehmende Eigengewichtsbelastung anwachsen, wird der Steifemodul  $E_s$  mit der Tiefe zunehmend generiert. Das lineare Anwachsen des Steifemoduls bzw. E-Modul wurde mit  $E_s(z) = E_s \cdot (1 + 0,2 \cdot z)$  berechnet.

Der E-Modul liegt den Berechnungen mit dem 3D-HRV zugrunde und kann durch Berücksichtigung der Querdehnzahl des Bodens ( $\mu = 0,2$ ) aus dem Steifemodul abgeleitet werden.

Schicht [m]	$E_s$ [KN/m <sup>2</sup> ]	E [KN/m <sup>2</sup> ]
0,00 - 0,50	2090,48	1880
0,50 - 1,00	2299,53	2070
1,00 - 1,50	2508,58	2260
1,50 - 2,00	2717,62	2450
2,00 - 2,50	2926,67	2630
Grenztiefe bei	$z = 2,25$ m	$z = 2,25$ m

Tab. 2: Bodenschichtung mit jeweiligem Elastizitätsmodul

### Bestimmung des Bettungsmoduls

Der Bettungsmodul für das BMV bzw. MBMV wird mit Formel (1) aus dem Verhältnis der vereinfachten Sohlspannung zu der Setzung unter dem kennzeichnenden Punkt errechnet. Die mittleren Sohlspannungen ergeben sich nach [9] DIN 4018-1981 aus der Summe der Belastung, bezogen auf die Gründungsfläche (Tabelle 3).

Lastfall	Summe der Belastung [KN]
1 - Eigenlast Bodenplatte	704,79
2 - Ausbaulast Kellerfußboden	225,53
3 - Verkehrslast Kellerfußboden	253,72
4 - Wandlasten, ständig	4075,70
5 - Wandlasten, veränderlich	1027,32
Gesamtsumme F [KN]	6287,06
Grundrissfläche A [m <sup>2</sup> ]	121,02
Sohlspannung $\sigma_{0,m} = F/A$ [KN/m <sup>2</sup> ]	51,95

Tab. 3: Berechnung der mittleren Sohlspannung

Um den Bettungsmodul nach Formel (1) berechnen zu können, ist neben den mittleren Sohlspannungen auch die Bestimmung der mittleren Setzungen nötig. Eingangswert in diese Berechnung ist u.a. der Steifemodul (Tabelle 1). Nach der Bestimmung der mittleren Setzungen wird der mittlere Bettungsmodul nach Formel (1) berechnet. Bei diesem Rechenschritt wird die Aushubentlastung (Aushub  $t = 1,00$  m) nicht in Rechnung gestellt, da dies schon bei der Setzungsberechnung berücksichtigt wurde.

Lastfall	$\sigma_{0,m}$ in [KN/m <sup>2</sup> ]	s in [m]	$k_s$ in [KN/m <sup>3</sup> ]
LK	51,95	0,018	2886

Tab. 4: Berechnung des Bettungsmoduls

Für das Berechnungsbeispiel wird der Bettungsmodul aus Tabelle 4 auf 2890 KN/m<sup>2</sup> gerundet.

## Verteilung des Bettungsmoduls beim Modifizierten Bettungsmodulverfahren (MBMV)

Bei den hier verwendeten FE-Programmen ist eine manuelle Eingabe der veränderlichen Bettungsbereiche notwendig. Die zum Plattenrand hin ansteigenden Bettungswerte nach der Verteilungsvorschrift von Dörken und Dehne sind in Bild 4 dargestellt. Die vorgenommene Vereinfachung in der Verteilung des Bettungsmoduls dient der Reduzierung des Eingabeaufwandes und brachte nachweislich nur sehr geringe Ergebnisveränderungen mit sich.

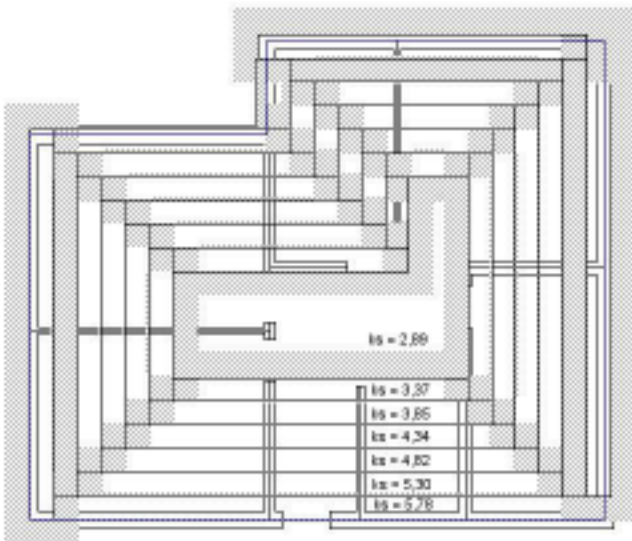


Bild 4: Aufteilung der Flächenlagerung in Bettungsbereiche

Die in Tabelle 2 angegebenen Werte für die Grenzschicht markieren die Oberkante der untersten Schicht, die als unnachgiebige Schicht mit sehr hoher Steifigkeit generiert wird.

## DARSTELLUNG DER BERECHNUNGSERGEBNISSE

Aus einer Vielzahl von möglichen Ergebnisdarstellungen erfolgt hier die Auswertung der Ergebnisse entlang des in Bild 3 dargestellten Schnittes. Bereits bei Betrachtung dieser Teilergebnisse kann man sich ein erstes Bild über das zum Teil unterschiedliche Tragverhalten machen.

Bild 5 und Bild 6 zeigt die Diagramme für alle Bodenmodell komprimiert in einem Bild. Dabei stellt Bild 5 die vertikale Verformung  $w$  (Setzung der Platte) und Bild 6 die Biegemoment  $m_x$  (erzeugt Spannung in Richtung der Schnittlinie) dar.

Die in Bild 6 zusammengefassten Biegemomentverteilungen  $m_x$  der einzelnen Modelle werden (in der Reihenfolge der voran gehenden Modellbeschreibung) in den Bildern 7 bis 11 in anderer Form noch einmal separat gezeigt. Zusätzlich verdeutlicht die Beschriftung der Extremwerte in welchen Größenordnungen die Verfahren voneinander abweichen.

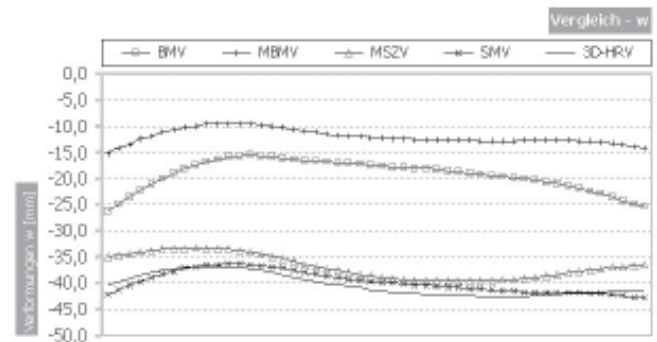


Bild 5: Vertikale Verformungen  $w$  im Längsschnitt durch die Bodenplatte

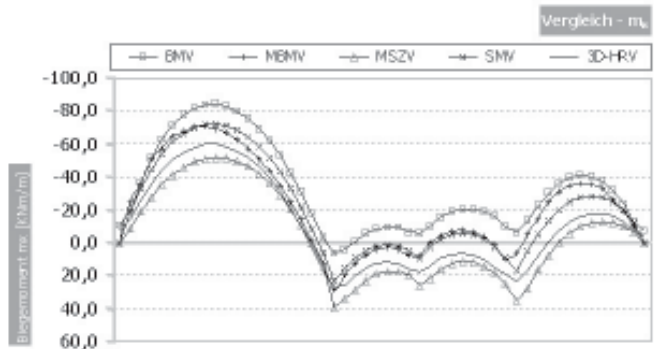


Bild 6: Biegemoment  $m_x$  im Längsschnitt durch die Bodenplatte

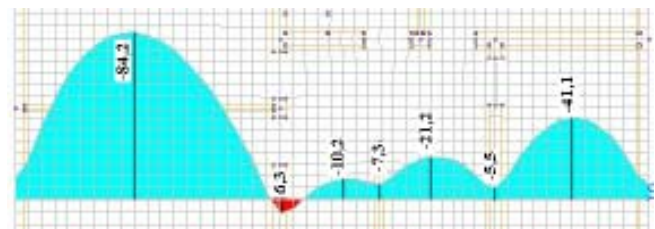


Bild 7: Biegemoment  $m_x$  im Längsschnitt mit Bettungsmodulverfahren

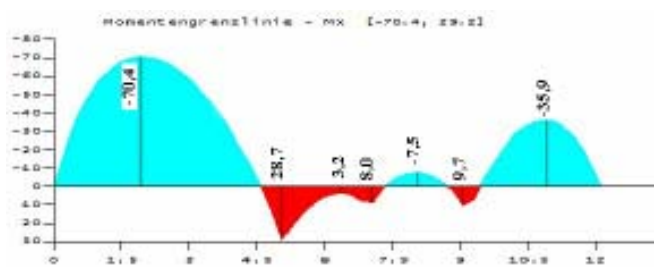


Bild 8: Biegemoment  $m_x$  im Längsschnitt mit Modifiziertem Bettungsmodulverfahren

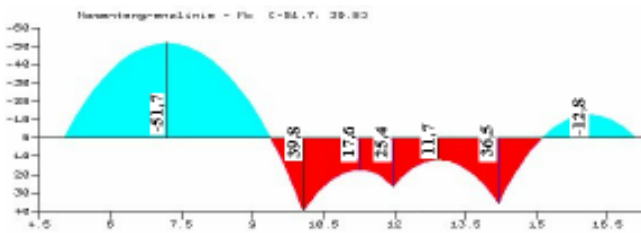


Bild 9: Biegemoment  $m_x$  im Längsschnitt mit Modifiziertem Steifzifferverfahren

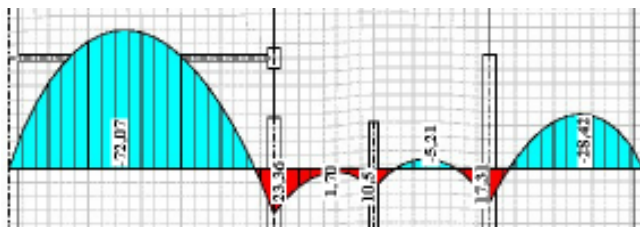


Bild 10: Biegemoment  $m_x$  im Längsschnitt mit Steifemodulverfahren

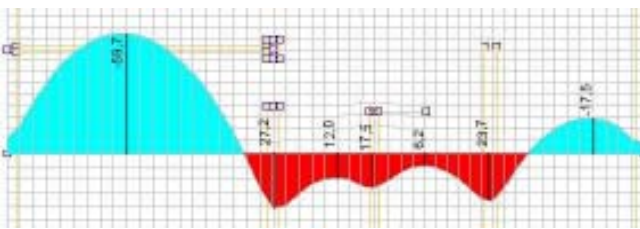


Bild 11: Biegemoment  $m_x$  im Längsschnitt mit 3D-Halbraumverfahren

## 4. Ergebnisauswertung

Ziel dieses Abschnitts ist es, die vorangegangenen Berechnungen auszuwerten, sowie Empfehlungen für die Anwendung zu geben.

### BETTUNGSMODULVERFAHREN (BMV)

Die größte Schwäche des Bettungsmodulverfahrens kann man verdeutlichen, indem eine Platte mit einer Gleichflächenlast belastet wird. Auflast und Sohldruck heben sich gegenseitig auf und führen damit zu keiner Momentenbeanspruchung. Damit liefert der in der Gesamtbelastung enthaltene Anteil der gleichverteilten Flächenlasten aus den oben beschriebenen Gründen keinen Beitrag zur Plattendurchbiegung. Außerdem wird der an den Plattenrand angrenzende Baugrund nicht über die Scherbeanspruchung in die Lastabtragung einbezogen.

Dadurch verschiebt sich die Momentenlinie erheblich in Richtung des negativen Bereiches (vgl. Bild 6). Zum andern erkennt man bei der Setzungsmulde (vgl. Bild 5) eine vergleichsweise starke Krümmung. Diese wird durch eine zu hohe Randsetzung durch die fehlende Mittragwirkung des plattennahen Bodens hervorgerufen. Obwohl dieses Modell sehr häufig verwendet wird, kann es zusammenfassend als nicht empfehlenswert eingeschätzt werden.

Die in den Tabellen 5 bis 9 gegebenen Vorschläge für mögliche Anwendungskriterien und Anwendungsgrenzen für die fünf Bodenmodelle leiten sich aus den gewonnenen Erkenntnissen der untersuchten Standardbeispiele ab. Um allerdings wirklich verbindliche Aussagen zu treffen, müsste wesentlich umfangreichere Untersuchungen durchgeführt werden.

Anwendungsmöglichkeiten	Anwendungsgrenzen
schlanke Gründungsplatten (geringe Plattendicke, große Plattenlänge), steifer Boden und geringe Grenztiefe, vorwiegend Einzellasten	gedrungene Gründungsplatten (relativ große Plattendicke, geringe Plattenlänge), weicher Boden und große Grenztiefe, Linienlasten oder Flächenlasten, Baugrundschiebung innerhalb des setzungsempfindlichen Bereichs, Auftreten von Überscheidungen mit benachbarten Setzungsmulden

Tab. 5: Anwendungskriterien und Anwendungsgrenzen des Bettungsmodulverfahrens mit konstantem Bettungsmodul

### MODIFIZIERTES BETTUNGSMODULVERFAHREN (MBMV)

Der zum Rand hin ansteigende Bettungsmodul versucht die oben beschriebene Schwäche des klassischen Bettungsmodulverfahrens auszugleichen. Für die bei diesem Beispiel vorliegenden geometrischen Verhältnisse und der Belastungskonstellation zeigt sich eine mit dem Steifemodulverfahren fast deckungsgleiche Momentenverteilung  $m_x$  (vgl. Bild 6). Aus dieser eventuell zufälligen Übereinstimmung kann jedoch kein Rückschluss auf die Genauigkeit beider Verfahren gezogen werden.

Im Vergleich zum BMV sind hier in der Regel bessere, mitunter auch wesentlich bessere Ergebnisse zu erwarten – es ist jedoch nicht für alle Situationen geeignet.

Anwendungsmöglichkeiten	Anwendungsgrenzen
biegeweiche Gründungsplatten (keine große Plattendicke), einfache Baugrundverhältnisse, relativ geringe Grenztiefe, beliebige Lastverteilung	relativ starre Gründungsplatten, Baugrundschiebung innerhalb des setzungsempfindlichen Bereichs, große Grenztiefe, Auftreten von Überscheidungen mit benachbarten Setzungsmulden

Tab. 6: Anwendungskriterien und Anwendungsgrenzen des Modifizierten Bettungsmodulverfahrens (mit variablem Bettungsmodul)

### MODIFIZIERTES STEIFEZIFFERVERFAHREN (MSZV)

Interessant ist hier, dass durch die Generierung des Bettungskragens die Bettungsmulde außerhalb der Platte sichtbar gemacht werden kann. Damit ist ein zusätzliches Beurteilungskriterium vor allem zur Einschätzung der Interaktionen benachbarter Gebäude gegeben. Leider kann hier nur ein einschichtiger Baugrund eingegeben werden.

Im Randbereich wird die Lagerung offensichtlich steifer abgebildet, so dass vergleichsweise niedrige Randsetzungen berechnet werden (vgl. Bild 5). Die Biegemomente werden im Vergleich zu den anderen Verfahren in die positive Richtung verschoben (vgl. Bild 6), so dass im Be-

reich der negativen Momente die Gefahr einer Unterbemessung gegeben ist.

Anwendungsmöglichkeiten	Anwendungsgrenzen
biegeweiche und steife Gründungsplatten, relativ konstante Baugrundverhältnisse, beliebige Lastverteilung	Baugrundsichtung innerhalb des setzungsempfindlichen Bereichs

Tab. 7: Anwendungskriterien und Anwendungsgrenzen des Modifizierten Steifezifferverfahrens

## STEIFEMODULVERFAHREN (SMV)

Bei diesem Verfahren kann ein geschichteter Baugrund generiert werden. Allerdings ist es nicht möglich einen Bettungskragen zu setzen und damit die Interaktion des die Platte umgebenden Bodens wirklichkeitsnah abzubilden.

Die Biegemomente im Berechnungsbeispiel zeigen im Vergleich zum Modifizierten Steifeziffer- und 3D-Halbraumverfahren eine Verschiebung in Richtung des negativen Bereiches (vgl. Bild 6). Auch diese Tendenz kann mit den größeren vertikalen Verformungen im Randbereich erklärt werden. Die Gefahr einer Unterbemessung ist damit im Bereich der positiven Momente gegeben.

Anwendungsmöglichkeiten	Anwendungsgrenzen
biegeweiche und steife Gründungsplatten, geschichteter Baugrund, beliebige Lastverteilung	komplizierte Baugrundverhältnisse (Verwerfungen, etc.), Auftreten von Überscheidungen mit benachbarten Setzungsmulden

Tab. 8: Anwendungskriterien und Anwendungsgrenzen des Steifemodulverfahrens

## 3D-HALBRAUMVERFAHREN (3D-HRV)

Dieses Bodenmodell ermöglicht im Vergleich zu den zuvor betrachteten Modellen, eine komplexere Modellierung des Baugrund-Gründung Systems. Die Modellierung des Baugrunds mit finiten Volumenelementen sollte die Wechselbeziehungen im Boden am direktesten und damit am genauesten wiedergegeben können.

Bei der Verteilung der Biegemomente in Bild 6 ist erkennbar, dass das 3D-Halbraumverfahren zwischen der Momentenlinie des Steifemodulverfahrens und der des Modifizierten Steifezifferverfahrens liegt. Damit wird keines der drei zuletzt diskutierten höherwertigen Bodenmodelle durch ein anderes bestätigt.

Anwendungsmöglichkeiten	Anwendungsgrenzen
biegeweiche und steife Gründungsplatten, beliebiger Baugrund, beliebige Lastverteilung	im linearem Bereich keine Einschränkungen

Tab. 9: Anwendungskriterien und Anwendungsgrenzen des 3D-Halbraumverfahrens (Volumenelemente)

Erwähnenswert wäre noch, dass die hier quasi stellvertretend an einem Berechnungsbeispiel dargestellten Tendenzen auch an anderen untersuchten Beispielen nachvollzogen werden konnten.

## 5. Zusammenfassung

Es wurden 5 Bodenmodelle von teilweise unterschiedlichen Softwareherstellern untersucht. Anhand eines Berechnungsbeispiels wurde der Einfluss des Bodenmodells auf die Verformungen und die Biegemomente gezeigt. Die Zielstellung für die Entwicklung der Modelle war, das komplizierte Verhalten des Baugrunds und die komplexe Interaktion von Bauwerk und Boden wirklichkeitsnah abzubilden. Wie gut das mit der jeweiligen Software gelingt, hängt von vielen Faktoren ab. Die teilweise nicht unerheblichen Abweichungen führen zunächst eher zur Verunsicherung, als zu einem Vertrauensgewinn für das eine oder andere Bodenmodell. Welches Bodenmodell man schließlich wählt, hängt einmal von der Verfügbarkeit und vom Generierungsaufwand, den man bereit ist zu investieren und zum anderen von der eigenen persönlichen Entscheidung ab. Der Anwender sollte sich die getroffenen Vereinfachungen und den daraus folgenden Anwendungsgrenzen der Berechnungsverfahren bewusst machen und die Ergebnisse unbedingt kritisch hinterfragen. Dieser Artikel soll einen kleinen Beitrag dafür leisten.

Eine willkürliche Verwendung eines Bodenmodells kann zu erheblichen Fehlern führen. Die Einflussfaktoren auf die Genauigkeit des Bodenmodells sollten daher jedem Anwender bekannt sein. Neben der Wahl des Verfahrens sollte vor allem die Berechnung der Eingangsparameter mit großer Sorgfalt durchgeführt werden.

Die Berücksichtigung der Wechselwirkung mit der aufgehenden Konstruktion und die Wirklichkeitsnähe des verwendeten Stoffgesetzes für den Boden, die nicht Gegenstand dieses Artikel waren, sind ebenfalls als wichtige Einflussfaktoren anzusehen.

## LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Fiedler, Michael: Nichtlineare Berechnungen von Plattenfundamenten. Berlin : Logos, 2001
- [2] Hettler, Achim: Gründung von Hochbauten. Berlin: Ernst & Sohn, 2000
- [3] Kany, M. El Gendy, M.: Computing of beam and slab foundation on 3-D layered model. In: proceeding of the sixth international conference on computing in civil and building engineering, Berlin 1995
- [4] Barth, Ch.; Margraf, E.: Untersuchung verschiedener Bodenmodelle zur Berechnung von Fundamentplatten im Rahmen von FEM-Lösungen. In: Bautechnik, 81 (2004), Heft 5, Seite 337-343
- [5] Ahrens, H. / Winselmann, D.: Eine iterative Berechnung von Flächengründungen nach dem Steifemodulverfahren. In: Finite Elemente - Anwendungen in der Baupraxis, FEM '84, Berlin : Ernst & Sohn, 1984

[6] RIB Software AG: Benutzerhandbuch TRIMAS®  
2003/ Ponti® 2003 : Grundlagen. Stuttgart 2003

[7] Otto, Michael: Untersuchung verschiedener  
Bodenmodelle für die Berechnung von  
Fundamentplatten im Rahmen von FEM-Lösungen.  
Dresden, HTW Dresden (FH), Fachbereich  
Bauingenieurwesen, Diplomarbeit, 2004

[8] Margraf, Erik: Untersuchung verschiedener  
Bodenmodelle für die Berechnung von  
Fundamentplatten im Rahmen von FEM-Lösungen.  
Dresden, HTW Dresden (FH), Fachbereich  
Bauingenieurwesen, Diplomarbeit, 2003

[9] Norm DIN 4018 – Beiblatt 1, Mai 1981. Berechnung  
der Sohldruckverteilung unter Flächengründungen :  
Erläuterungen und Berechnungsbeispiele

Verfasser:

Prof. Dr.-Ing. Christian Barth

Dipl.-Ing. (FH) Michael Otto

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)

### Studienabschlussfeier des Fachbereiches Bauingenieurwesen / Architektur am 15. Juli 2004

In diesem Jahr fand die Studienabschlussfeier des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Architektur zum ersten Mal im neuen Congress Centrum Dresden statt. Die zahlreichen Gäste – neben den frisch gebackenen Diplomanden und den Hochschullehrern auch viele Alumnis beider Studiengänge – genossen nach dem offiziellen Teil noch lange den schönen Rahmen und den einmaligen Blick über die Stadt. Es ist geplant, die Feier zukünftig immer Mitte Juli an diesem Ort auszurichten.

Prof. Dipl.-Ing. Angela Mensing-de Jong

