

Wie sind zukünftig moderne numerische Berechnungsverfahren in das Sicherheitskonzept der neuen Normengeneration eingebettet?

Priv. Doz. Dr.-Ing. Peter-Andreas von Wolffersdorff
BAUGRUND DRESDEN Ingenieurgesellschaft

1 Einführung

Durch die immer nutzerfreundlichere Software hat sich in der Geotechnik der Anwenderkreis moderner numerischer Berechnungsverfahren, insbesondere der Finite-Elemente-Methode (FEM), der in der Vergangenheit vorrangig durch die spezialisierten Modellingenieure geprägt war, auch zunehmend auf die vielfältig tätigen Geotechniker erweitert. Es ist daher notwendig geworden, dass die verstärkte Anwendung numerischer Berechnungen angemessen in den maßgebenden Vorschriften, die die Sicherheitsbelange und Regeln zur Bemessung enthalten, berücksichtigt wird.

Es ist geplant, ab 2010 den Eurocode 7 (DIN EN 1997-1) [2] als alleinige Leitnorm für die Sicherheit in der Geotechnik in Verbindung mit einem Nationalen Anhang, in dem die zugelassenen nationale Festlegungen, wie z.B. die Art der Nachweisverfahren oder Teilsicherheitsbeiwerte, sowie Verweise auf ergänzende Regelungen enthalten sind, verbindlich einzuführen und die bisher geltende neue DIN 1054:2005-01 [1] abzulösen. Im Eurocode 7 werden numerische Berechnungen für die Bemessung von Bauwerken bzw. Bauteilen nach Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sowie für Standsicherheitsuntersuchungen grundsätzlich zugelassen. Konkrete Anwenderregeln für numerische Berechnungsverfahren sind weder im Eurocode 7 noch in der als Entwurf vorliegenden deutschen Ergänzungsnorm DIN 1054-101:2009-02 [3] enthalten¹. Weiterführende Hinweise sind hilfreich und wünschenswert. Die vorliegende Veröffentlichung soll hierzu einen Beitrag leisten.

Das Grundprinzip für die Bemessung von Bauwerken und Bauteilen nach dem Teilsicherheitskonzept besteht gemäß der zur Zeit geltenden DIN 1054:2005-01 darin, dass charakteristische Beanspruchungen in oder an einem geotechnischen Bauwerk

¹ Spezifische Regelungen zur Anwendung der FEM finden sich in einigen Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT), z.B. [3, 4]

mit charakteristischen Werten der auf das Bauwerk einwirkenden Größen berechnet werden und anschließend die Bemessungsbeanspruchungen, die sich aus den maßgebenden charakteristischen Beanspruchungen durch Multiplikation mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten ergeben, den Bemessungswerten der Widerstände zum Nachweis ausreichender Abmessungen gegenübergestellt werden, unabhängig davon, ob der Grenzzustand der Tragfähigkeit im Bauwerk oder im Baugrund auftritt. Diese Vorgehensweise ist im Eurocode 7 als „Nachweisverfahren 2“ verankert. Sie ermöglicht es prinzipiell, Bemessungen und Standsicherheitsnachweise von Bauwerken im Erd- und Grundbau unter Verwendung nichtlinearer Finite-Elemente-Berechnungen durchzuführen.

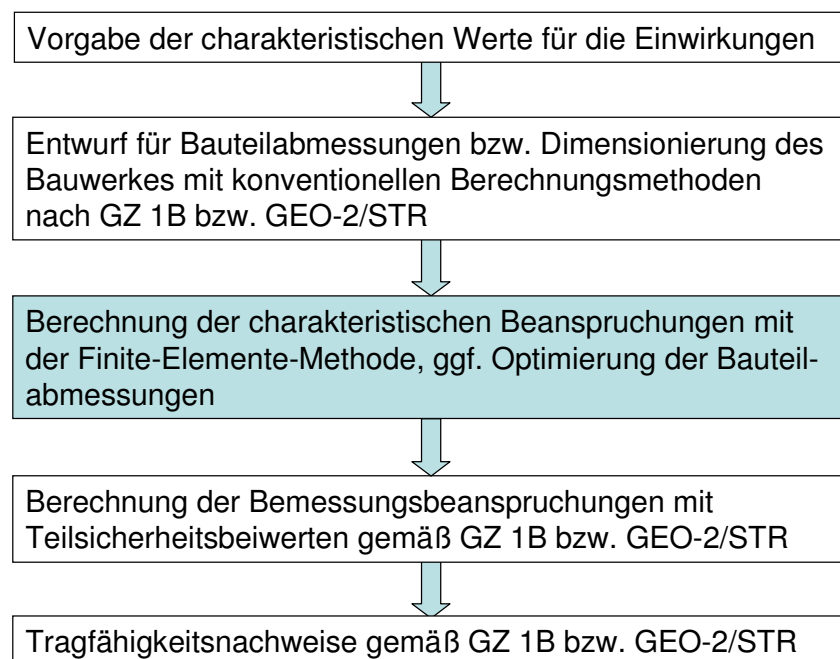


Abb. 1: Anwendung der FEM für Nachweise der Tragfähigkeit GZ 1B bzw. GEO-2/STR

2 Nachweisverfahren zur Bemessung mit der Finite-Elemente-Methode

Die in der Einführung beschriebene Vorgehensweise zur Bemessung nach dem Teilsicherheitskonzept beschreibt gemäß DIN 1054:2005-01 das Nachweisverfahren für den „Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen“, der auch als Grenzzustand 1B bezeichnet wird. Gemäß Eurocode 7 gibt es diese Bezeichnung

nicht, stattdessen werden der Grenzzustand, der im Bauwerk eintritt, als „STR“ und der Grenzzustand, der im Baugrund eintritt, als „GEO“² bezeichnet.

Abb. 1 zeigt, wie eine Berechnung der charakteristischen Beanspruchungen mit der FEM in den Ablauf des Nachweisverfahrens für den Grenzzustand GZ 1B bzw. GEO-2/STR eingebunden ist.

Da Finite-Elemente-Programme in der Regel keine Bemessungsoptionen bzw. Bemessungsstrategien enthalten, empfiehlt es sich, eine Vordimensionierung anhand konventioneller Berechnungsmethoden vorzunehmen oder Bauwerks- bzw. Bauteilabmessungen empirisch anzunehmen.

Die Anwendung der FEM ist vor allem bei Bemessungsaufgaben mit ausgeprägter Interaktion zwischen Bauwerk und Baugrund zweckmäßig [6]. Eine möglichst realitätsnahe Finite-Elemente-Berechnung ist die zwingende Voraussetzung für eine optimierte Bemessung. Zu stark vereinfachte Annahmen bei der Erstellung des Finite-Elemente-Modells (Modellfehler) können dazu führen, dass bei der Optimierung das auf Erfahrung im Umgang mit konventionellen Bemessungsmethoden beruhende Sicherheitsniveau nicht erreicht wird. Zudem bedingt die Komplexität des Materialverhaltens des Baugrundes, dass bei geotechnischen Aufgaben immer nichtlineare Finite-Elemente-Berechnungen zur Ermittlung der charakteristischen Beanspruchungen im bzw. an dem Bauwerk/Bauteil durchgeführt werden müssen. Der die Finite-Elemente-Berechnungen durchführende Planungsingenieur oder Geotechnikingenieur muss über überdurchschnittliche Kenntnisse auf folgenden Fachgebieten verfügen: Finite-Elemente-Methode, Tragwerksstatik, Kontinuumsmechanik, Bodenmechanik, Felsmechanik, Geohydrologie.

Der große Vorteil der Anwendung der FEM bei Bemessungsaufgaben besteht gegenüber konventionellen Berechnungsverfahren, die meistens auf Grenzzustandsbetrachtungen beruhen, darin, dass gleichzeitig auch der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit, der in der Regel sich auf einzuhaltende Verformungen bzw. Verschiebungen stützt, erbracht werden kann (siehe Abb. 2).

Die in Abb. 1 und Abb. 2 dargestellten Abläufe für den Nachweis der Tragfähigkeit im Grenzzustand GZ 1B bzw. GEO-2/STR und für den Nachweis der Gebrauchstaug-

² In der neuen deutschen Vorschriftengeneration (nationale Ergänzungsnorm DIN 1054-101:2009-02) wird der im Zusammenhang mit dem „Nachweisverfahren 2“ auftretende Grenzzustand im Baugrund „GEO-2“ genannt.

lichkeit zeigen, dass bei gleicher Bemessungssituation nur ein und dieselbe Finite-Elemente-Berechnung notwendig ist.

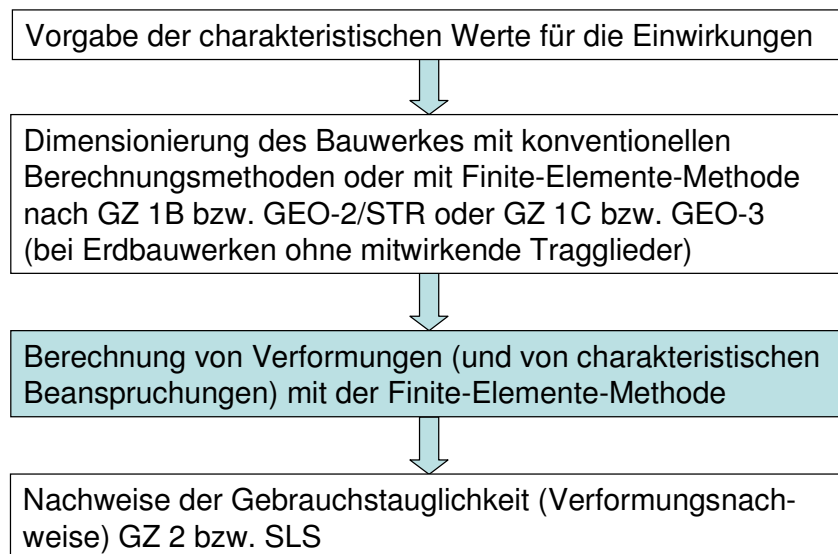


Abb. 2: Anwendung der FEM für Nachweise der Gebrauchstauglichkeit GZ 2

Bei Erdbauwerken, z.B. Dämmen, Deichen oder Deponien, kann zur Dimensionierung der Böschungen die FEM alternativ oder in Ergänzung zu den konventionellen Verfahren zur Berechnung der Gesamtstandsicherheit, z.B. dem Lamellenverfahren (kreisförmige oder polygonale Gleitflächen), dem Blockgleiten oder dem Verfahren mit Mehrkörpermechanismen, angewendet werden. Der dabei zugrunde liegende Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit unterscheidet sich hinsichtlich der Einbindung der Berechnungsverfahren jedoch von dem Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen darin, dass die Standsicherheitsberechnungen mit Bemessungswerten der Einwirkungen und Bemessungswerten für die Scherfestigkeit des Bodens durchgeführt werden. Dieser Grenzzustand heißt nach DIN 1054:2005-02 „GZ 1C“ und nach Eurocode 7 „GEO“³.

Die Anwendung der FEM für Berechnungen der Gesamtstandsicherheit unterscheidet sich grundsätzlich von den nichtlinearen Finite-Elemente-Berechnungen für Bemessungsaufgaben oder Verformungsprognosen, da nur eine Grenzzustandsanalyse, bei der Verformungen eine vernachlässigbare Rolle spielen, durchzuführen ist [9].

³ Das dem GZ 1C zugrunde liegende Prinzip wird im Eurocode 7 als „Nachweisverfahren 3“ bezeichnet. In der neuen deutschen Vorschriftengeneration wird der im Zusammenhang mit dem „Nachweisverfahren 3“ auftretende Grenzzustand „GEO-3“ genannt.

Während der Finite-Elemente-Berechnung, bei der das einfache linear-elastische ideal-plastische Mohr-Coulomb-Modell zur Erfassung des Materialverhaltens des Bodens ausreicht, werden die Scherparameter $\tan \varphi$ und c schrittweise so lange verkleinert (Phi-c-Reduktion) bis das Grenzgleichgewicht eintritt [9].

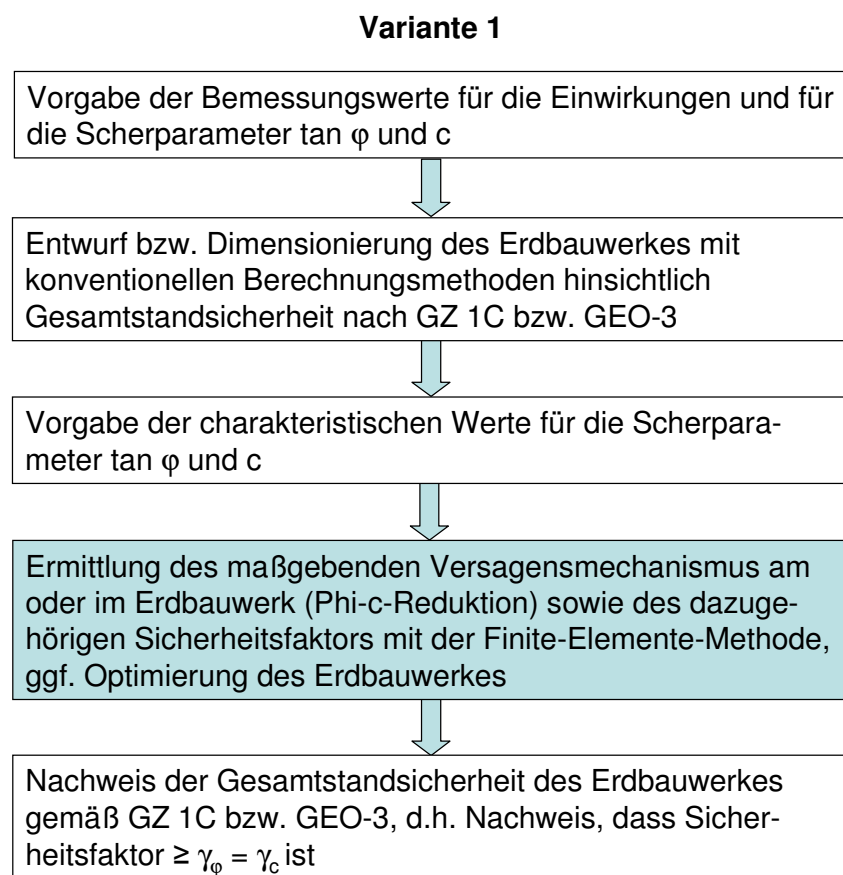


Abb. 3: Anwendung der FEM für Nachweise der Gesamtstandsicherheit GZ 1C bzw. GEO-3 (Variante 1)

Die Grenzzustandsanalyse mit FEM kann nach 2 verschiedenen Varianten durchgeführt werden (siehe Abb. 3 und Abb. 4). In Abb. 3 ist der Ablauf für einen Standisicherheitsnachweis nach Variante 1 dargestellt. Dabei wird die Finite-Elemente-Berechnung mit Bemessungseinwirkungen und mit charakteristischen Werten für die Scherfestigkeit durchgeführt. Im Ergebnis ist nachzuweisen, dass die sich aus der Phi-c-Reduktion ergebende Sicherheitsreserve größer als der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_\varphi = \gamma_c$ für die Scherparameter $\tan \varphi$ und c ist.

Bei einer Grenzzustandsanalyse nach der Variante 2, die in Abb. 4 dargestellt ist, wird die Finite-Elemente-Berechnung mit Bemessungseinwirkungen und mit Bemessungswerten für die Scherparameter $\tan \varphi$ und c durchgeführt.

sungswerten für die Scherfestigkeit durchgeführt. Im Ergebnis ist nachzuweisen, dass die sich aus der Phi-c-Reduktion ergebende Sicherheitsreserve ≥ 1 ist.

Variante 2

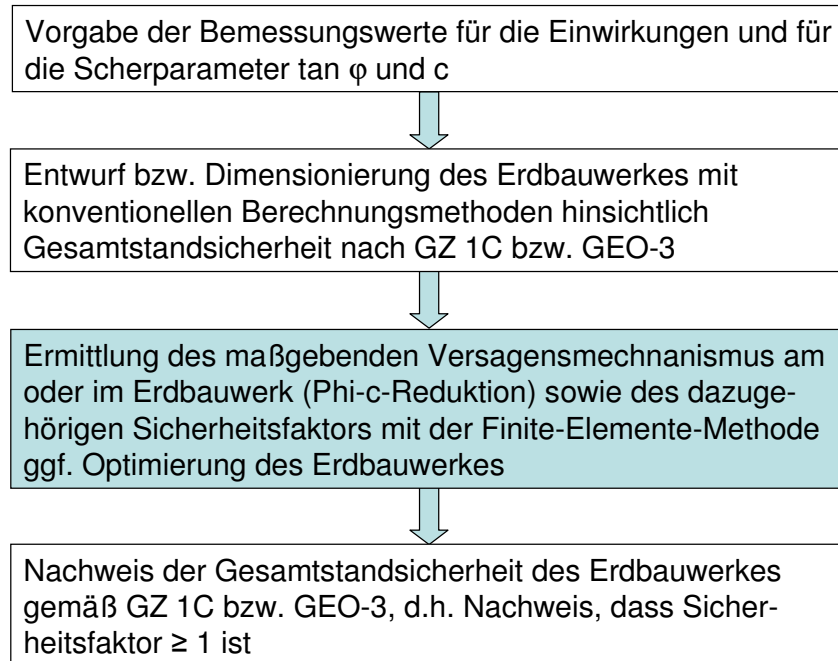


Abb. 4: Anwendung der FEM für Nachweise der Gesamtstandsicherheit GZ 1C bzw. GEO-3 (Variante 2)

Zu errichtende Erdbauwerke sollten vor einer Grenzzustandsanalyse nach den o. g. beiden Varianten anhand konventioneller Verfahren in Hinblick auf eine ausreichende Gesamtstandsicherheit dimensioniert werden.

Die Anwendung der FEM für Bemessungsaufgaben nach den übrigen Grenzzuständen der Tragfähigkeit gemäß DIN 1054:2005-01 (GZ 1A) bzw. Eurocode 7 (EQU, UPL, HYD) ist nicht zielführend, da in der Regel nur einfache Grenzzustandsbedingungen für die Nachweisführung erforderlich sind.

In den Abschnitten 4.1 bis 4.3 werden Beispiele zur Anwendung der FEM für die Bemessung von geotechnischen Bauwerken bzw. Bauteilen sowie für den Nachweis der Gesamtstandsicherheit vorgestellt.

3 Berechnungskennwerte für die Bemessung mit FEM

Die FEM sollte sowohl für die Bemessung als auch für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit immer mit dem Anspruch größerer Realitätsnähe im Vergleich zu konventionellen Berechnungsverfahren angewendet werden. Demzufolge gelten hohe Anforderungen an die Materialparameter für Bauwerk und Baugrund. Insbesondere die Materialparameter, die die Stoffmodelle für den Baugrund erfordern, sollten im Sinne wahrscheinlicher, charakteristischer Werte ohne Sicherheitszuschläge oder Sicherheitsabschläge bestimmt oder anhand von Erfahrungen angesetzt werden.

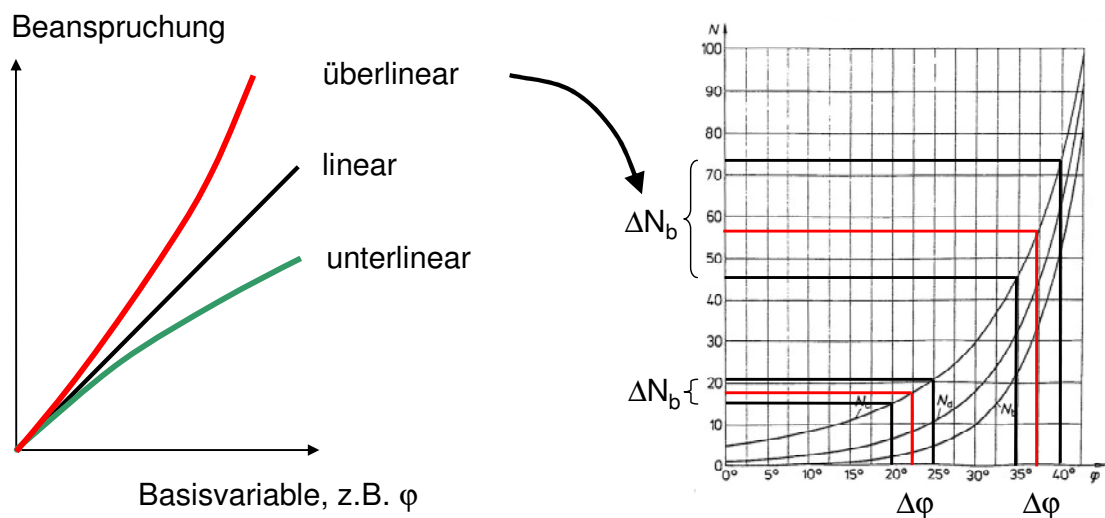


Abb. 5: Auswirkung der Nichtlinearität auf das Berechnungsergebnis in Sinne einer nichtproportionalen Fehlerfortpflanzung am Beispiel des Grundbruchwiderstandes

Abb. 5 links zeigt, dass sich die aus einer Finite-Elemente-Berechnung ergebenden Beanspruchungen überlinear oder/und unterlinear bezüglich der Materialdaten verhalten können. Das bedeutet im Falle überlinearen Verhaltens, dass bei einem fehlerhaften oder streuenden Materialparameter der Fehler oder die Streuung der berechneten Beanspruchung größer wird. Der Grundbruchwiderstand nach DIN 4017 [4] – hier vereinfacht an dem Tragkraftbeiwert N_b dargestellt – ist ein einfaches, übersichtliches Beispiel für überlineares Verhalten (siehe Abb. 5 rechts).

In [5] wird empfohlen, wirklichkeitsnahe untere und obere charakteristische Werte der Bodenkenngrößen anzugeben und ggf. die Bemessungsbeanspruchungen zum Nachweis der Tragfähigkeit mit den auf der sicheren Seite liegenden Werten durchzuführen.

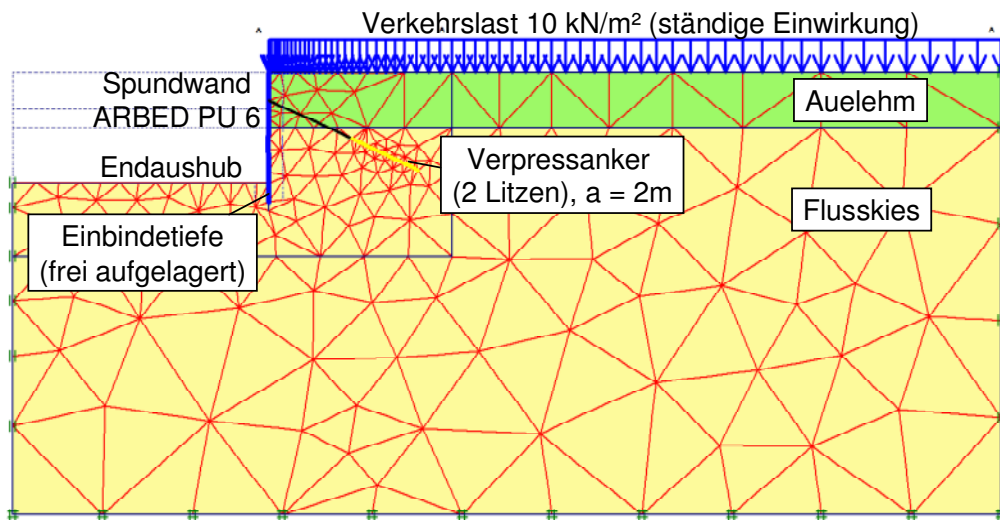


Abb. 6: Berechnungsbeispiel – einfach verankerte Spundwand

Da vor Beginn einer Finite-Elemente-Berechnung nicht immer absehbar ist, welche Parameter auf der sicheren Seite liegen, wird hier stattdessen vorgeschlagen, sowohl für die Bemessung als auch für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit die Parameter mit der höchsten Erwartungswahrscheinlichkeit zu verwenden (siehe auch Abb. 5).

In Fällen, in denen die Parameter nicht ausreichend im Sinne wahrscheinlicher, charakteristischer Parameter bestimmt werden können, sollten Parametervariationen mit vorgegebener Streubreite vorgenommen werden. Mit diesen Parametersätzen sind dementsprechend mehrere Finite-Elemente-Berechnungen im Sinne von Empfindlichkeitsstudien durchzuführen.

Abb. 6 zeigt das Berechnungsbeispiel einer einfach verankerten Spundwand, für die eine Empfindlichkeitsstudie durchgeführt worden ist [7]. Es ist dabei unbedingt zu beachten, dass die Streuung der Steifigkeitsparameter auch die Größe der Bemessungsbeanspruchungen beeinflusst (siehe Abb. 7). Bei Empfindlichkeitsstudien sollten daher nicht nur die Variationen der Scherfestigkeitsparameter sondern auch die Variationen der Steifigkeitsparameter berücksichtigt werden.

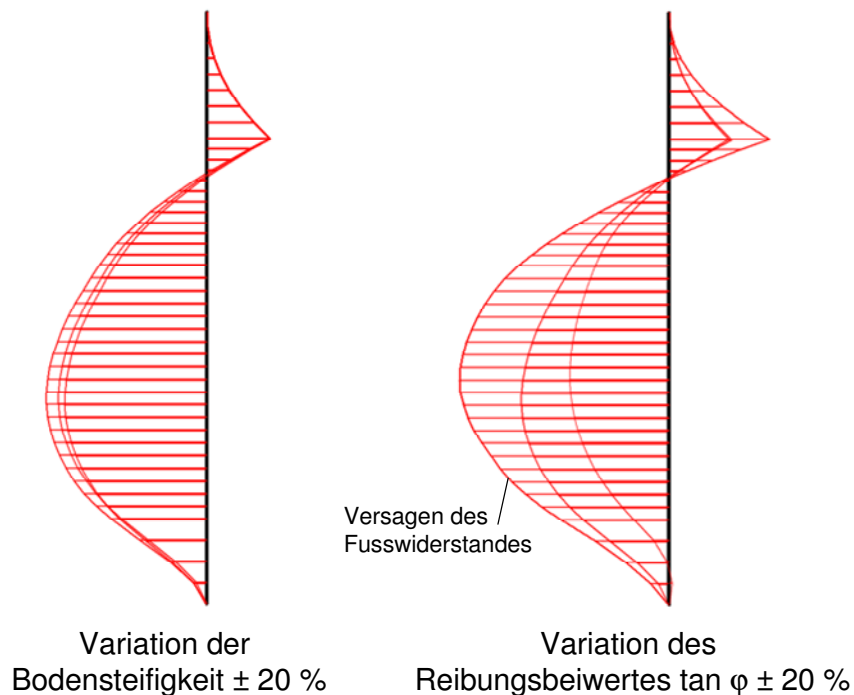


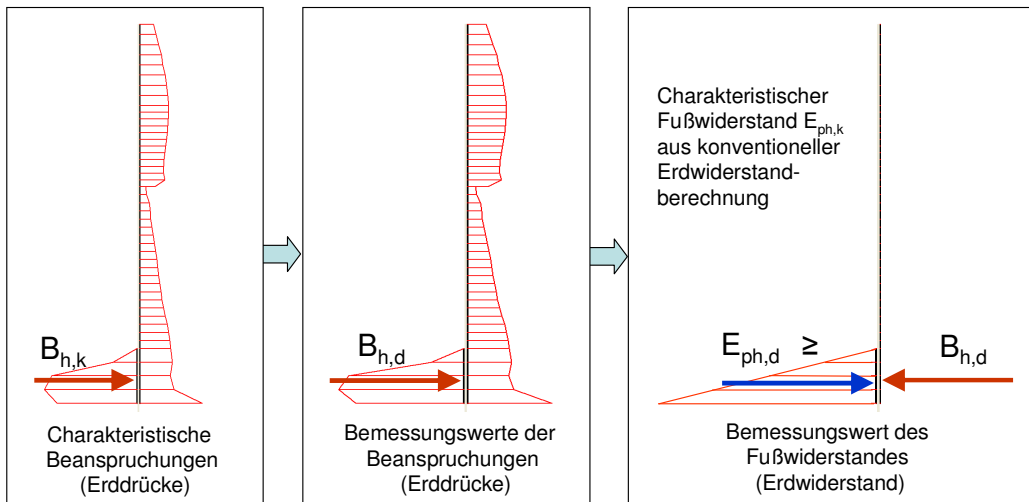
Abb. 7: Auswirkung von Parametervariationen auf die Größe der Biegemomente

4 Beispiele für die Anwendung der FEM für Bemessungsaufgaben

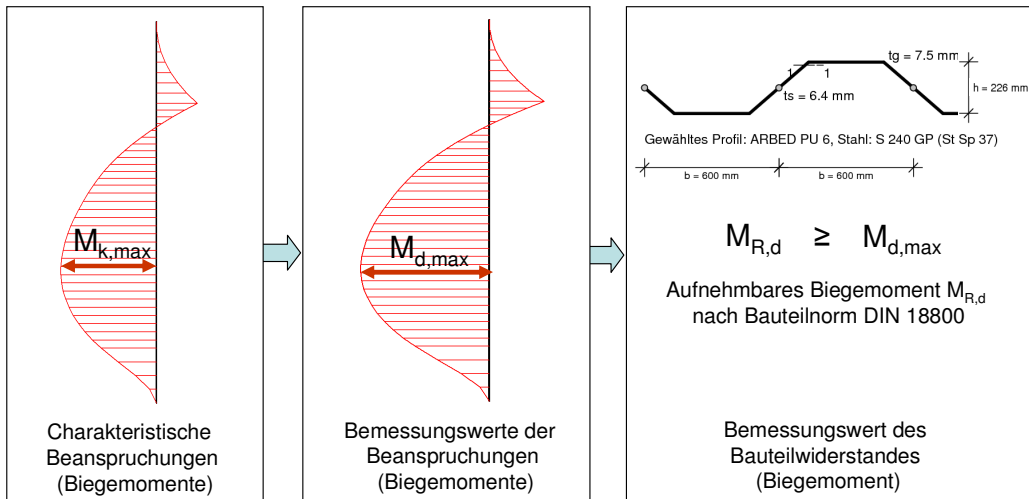
4.1 Baugrubenverbau – Spundwand

In [5] werden vielfältige Hinweise zur Anwendung FEM für Verbaukonstruktion gegeben. Der Geltungsbereich einiger dieser Empfehlungen beschränkt sich nur auf Verbaukonstruktionen. Es sei daraufhin gewiesen, dass es nicht nur für Gebrauchstauglichkeitsberechnungen sondern auch für die Bemessung von Stützkonstruktionen zwingend notwendig ist, Stoffmodelle, die unterschiedliche spannungsabhängige Steifigkeiten bei ödometrischer Be-, Ent- und Wiederbelastung berücksichtigen, für den Baugrund zu verwenden [8, 9].

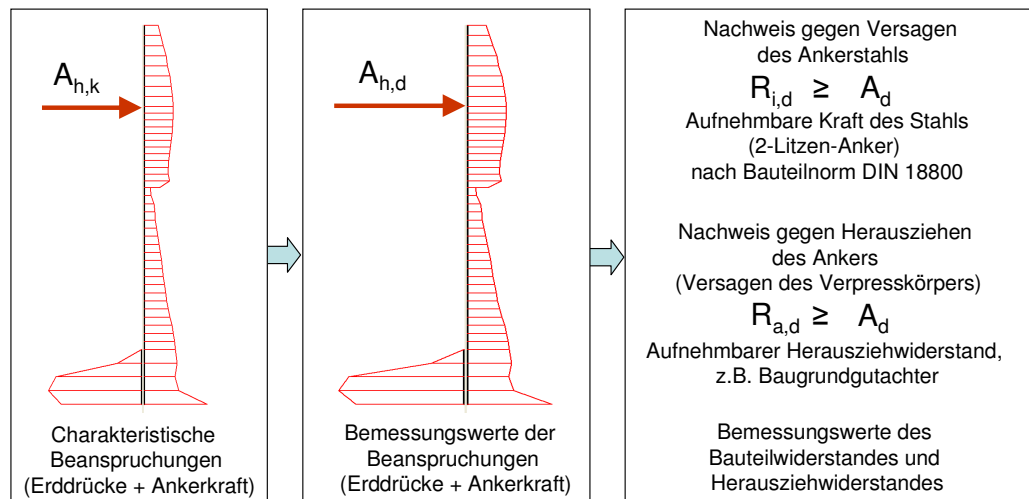
Anhand des in Abb. 6 dargestellten Berechnungsbeispiels einer einfach verankerten Spundwand lässt sich repräsentativ zeigen, wie die Nachweise der Tragfähigkeit gemäß GZ 1B bzw. GEO-2/STR zu führen sind, wenn die charakteristischen Beanspruchungen mit Hilfe der FEM ermittelt worden sind. In Abb. 8 sind die Berechnungsschritte für den Nachweis gegen Versagen des seitlichen Fußwiderstandes, Nachweis gegen Versagen der Spundwand und die Nachweise gegen Versagen des Verpressankers dargestellt.



a) Nachweis gegen Versagen des seitlichen Fußwiderstandes



b) Nachweis gegen Versagen der Spundwand



c) Nachweise gegen Versagen des Verpressankers

Abb. 8: Nachweise der Tragfähigkeit GZ 1B bzw. GEO-2/STR anhand von numerisch ermittelten Beanspruchungen

Die für die Nachweise maßgeblichen charakteristischen Beanspruchungen sind die Auflagerkraft $B_{h,k}$, das maximale Biegemoment $M_{k,max}$ und die horizontale Komponente der Ankerkraft $A_{h,k}$, aus der unter Berücksichtigung der Ankerneigung die resultierende Ankerkraft A_K ermittelt wird. In Abb. 8 ist weiterhin die Ermittlung der Bemessungswerte der maßgeblichen Beanspruchungen aus den charakteristischen Beanspruchungen dargestellt. Da in diesem Beispiel nur ständige Einwirkungen vorhanden sind, werden die charakteristischen Beanspruchungen mit dem Teilsicherheitsbeiwert für den Lastfall 2 $\gamma_G = 1,2$, der für temporäre Verbaukonstruktionen zutrifft, beaufschlagt.

Abb. 8a zeigt auf der rechten Seite den Nachweis gegen Versagen des seitlichen Fußwiderstandes (Versagen im Boden). Es empfiehlt sich generell die Bodenwiderstände anhand konventioneller Berechnungsmethoden, wie z. B. klassischer Ansätze für Grundbruch und Erdwiderstand, zu ermitteln. Die Anwendung der FEM ist zwar prinzipiell möglich, jedoch erhält man bei erhöhtem Rechenaufwand nur unwesentlich abweichende Ergebnisse von den klassischen Berechnungsansätzen. Darüber hinaus treten für diese Aufgabenstellungen oft numerische Schwierigkeiten und damit verbundene Ungenauigkeiten auf.

Für die in Abb. 8b und Abb. 8c auf der rechten Seite dargestellten Nachweise werden die entsprechenden Bauteilwiderstände für die Spundwand und für den Ankerstahl gemäß der hierfür geltenden Normen nach den Regeln der klassischen Festigkeitslehre ermittelt. Für den ebenfalls in Abb. 8c auf der rechten Seite dargestellten Nachweis gegen Herausziehen des Ankers muss ein aufnehmbarer Herausziehwiderstand vorgegeben werden. Da entsprechende Ankersversuche vorab nur in Ausnahmefällen durchgeführt werden, sollten die Herausziehwiderstände in den geotechnischen Berichten der Sachverständigen für Geotechnik angegeben werden.

Nach [1] und [5] wird gefordert, dass zu überprüfen ist, ob die aufwärts gerichteten Vertikalkomponenten der charakteristischen Erddruckbeanspruchungen auf der Wand-Fußseite nicht größer als die abwärts gerichteten Vertikalkomponenten der charakteristischen Erddruckbeanspruchung auf der Erdseite sind. Falls diese Bedingung nicht erfüllt ist, müssen die charakteristischen Erddruckbeanspruchungen auf der Wandfußseite mit einem geringeren Wandreibungswinkel $\delta_{p,k}$ ermittelt werden. Solche Untersuchungen sind bei der Anwendung der FEM nicht notwendig, da ein

Kräfte- bzw. Spannungsgleichgewicht an der Verbaukonstruktion in vertikaler Richtung immer vorhanden ist.

Der in DIN 1054:2005-01 bzw. DIN 1054-101:2009-02 außerdem geforderte Nachweis gegen Versinken von Bauteilen ist hier nicht dargestellt. Dieser Nachweis wird prinzipiell in gleicher Abfolge gemäß Abb. 8a geführt, wobei anstatt der horizontalen Beanspruchungen die vertikal wirkenden Beanspruchungen an der Wand zugrunde zu legen sind.

Gemäß [5] ist der Nachweis in der tiefen Gleitfuge, der der Dimensionierung der Ankerlänge dient, für den Grenzzustand GZ 1B bzw. GEO-2/STR zu führen. Es sollte aber nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, diesen Nachweis auch auf der Basis von FE-Berechnungen mit einer Φ -c-Reduktion im Sinne des Grenzzustandes GZ 1C bzw. GEO-3 zuzulassen. Es liegen aber noch nicht genügend Erfahrungen anhand vorliegender Vergleichsberechnungen [10] vor, um einschätzen zu können, ob mit FEM und Φ -c-Reduktion ein mit dem herkömmlichen Nachweis der tiefen Gleitfuge vergleichbares Sicherheitsniveau erreicht werden kann.

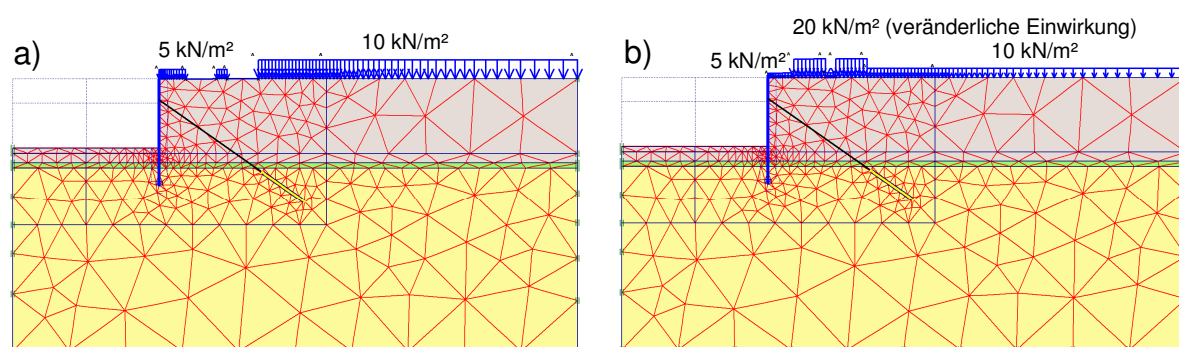


Abb. 9: Berechnungsbeispiel – einfach verankerte Trägerbohlwand

a) ständige Einwirkungen, b) ständige und veränderliche Einwirkungen

4.2 Baugrubenverbau – Trägerbohlwand

Anhand des in Abb. 9 dargestellten Berechnungsbeispiels einer einfach verankerten Trägerbohlwand wird verdeutlicht, dass die in [5] (EB 102) beschriebene Vorgehensweise zur Bestimmung der Bemessungsbeanspruchungen infolge veränderlicher Lasten realisierbar ist. Hierzu sind eine FE-Berechnung, in der nur die charakteristischen, ständigen Einwirkungen angesetzt werden, und eine FE-Berechnung, in

der außer den charakteristischen, ständigen Einwirkungen auch die charakteristischen, veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt werden, durchzuführen.

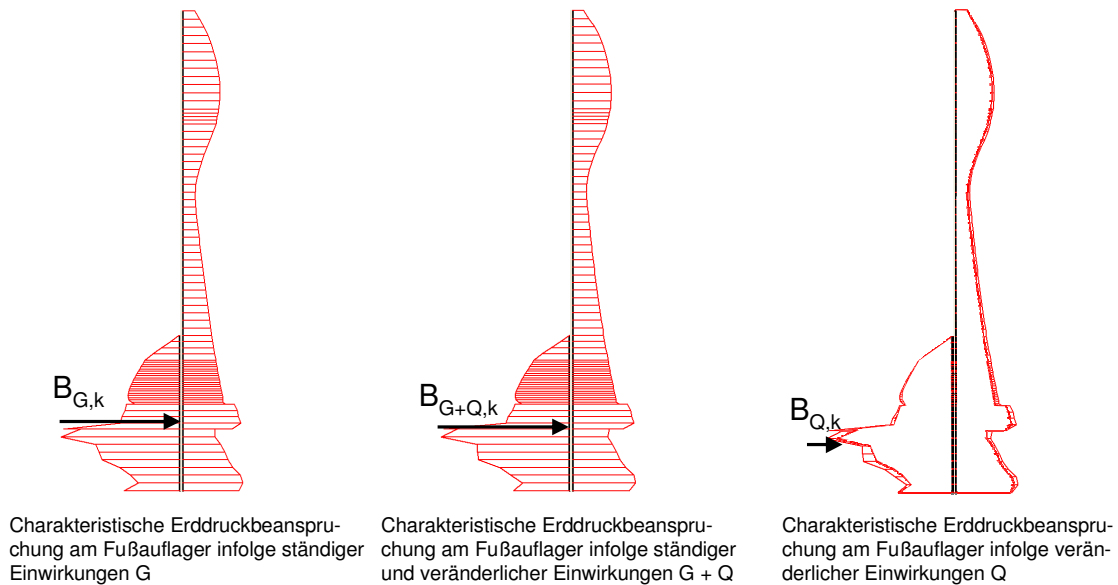


Abb. 10: Charakteristische Auflagerkräfte infolge ständiger Einwirkungen, infolge ständiger und veränderlicher Einwirkungen und infolge veränderlicher Einwirkungen

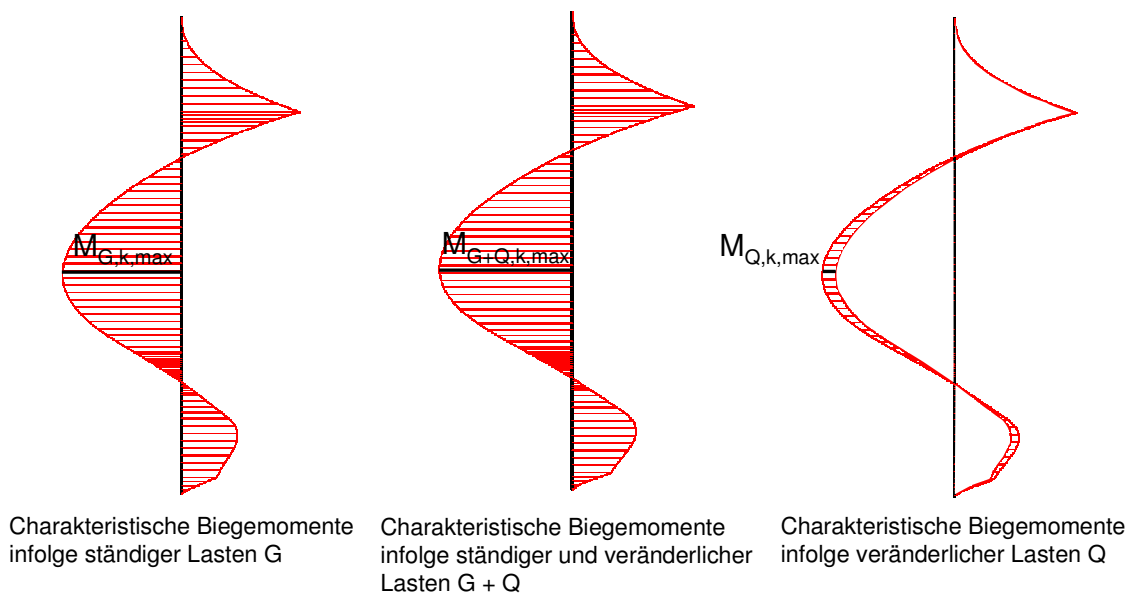


Abb. 11: Maximale charakteristische Biegemomente infolge ständiger Einwirkungen, infolge ständiger und veränderlicher Einwirkungen und infolge veränderlicher Einwirkungen

Wie in Abb. 10 am Beispiel der seitlichen Auflagerkräfte am Wandfuß zeigt, ist die charakteristische Kraft infolge veränderlicher Einwirkungen $B_{hQ,k}$ das Ergebnis der

Differenz aus der charakteristischen Kraft infolge ständiger und veränderlicher Lasten $B_{hG+Q,k}$ und der charakteristischen Kraft infolge ständiger Lasten $B_{hG,k}$. Der Bemessungswert der seitlichen Auflagekraft $B_{h,d}$ ergibt sich schließlich aus der Summe von $\gamma_G \cdot B_{hG,k}$ und $\gamma_Q \cdot B_{hQ,k}$.

Abb. 11 zeigt das erläuterte Überlagerungsprinzip für die Biegemomente der Verbauwand. Da die maximalen charakteristischen Biegemomente in etwa gleicher Tiefe liegen, kann näherungsweise das Überlagerungsprinzip auch auf die maximalen Biegemomente angewendet werden. Bemessungswert des maximalen Biegemomentes $M_{d,max}$ ergibt sich analog zu $B_{h,d}$ aus der Summe von $\gamma_G \cdot M_{G,k,max}$ und $\gamma_Q \cdot M_{Q,k,max}$.

4.3 Deponieböschung

Abb. 12 zeigt den Bruchmechanismus in der Böschung einer Hausmülldeponie als Ergebnis einer FE-Berechnung mit Phi-c-Reduktion.

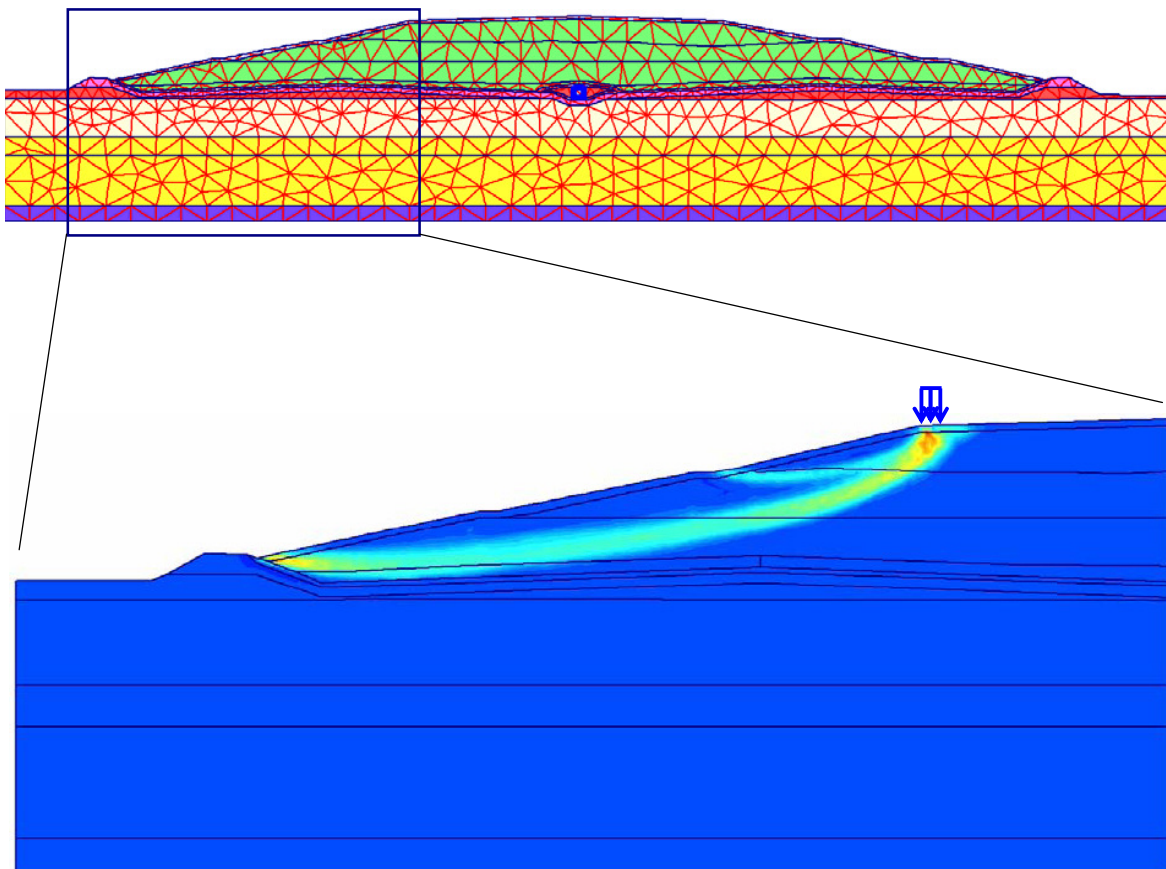


Abb. 12: Ergebnis einer Standsicherheitsberechnung für eine Böschung mit FEM

Umfangreiche Vergleichsberechnungen haben gezeigt, dass die Form des Versagensmechanismus bzw. der Gleitfläche nicht davon beeinflusst wird, ob die Standsicherheitsberechnung nach Variante 1 oder nach Variante 2 durchgeführt worden ist. Es wird aber die Variante 1 als Vorzugsvariante empfohlen, da der Berechnungszustand vor Beginn der Φ -c-Reduktion noch ausreichend weit vom Grenzgleichgewicht entfernt ist und somit numerische Probleme während der Φ -c-Reduktion wenig wahrscheinlich sind.

Abschließend sei erwähnt, dass mit der Φ -c-Reduktion immer nur die kleinste Standsicherheit bei maßgebendem Bruchmechanismus ermittelt wird. In einigen Fällen kann sich der maßgebende Bruchmechanismus nicht im Sinne der Gesamtstandsicherheit über die gesamte Böschung erstrecken, sondern sich nur lokal ausbilden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die neue deutsche Vorschriftengeneration auf der Basis der zukünftigen Leitnorm Eurocode 7 ist geeignete Plattformen, um geotechnische Bauwerke mit der Finite-Elemente-Methode bemessen und deren Gesamtstandsicherheit nachweisen zu können. Es sind jedoch solche wie hier im Beitrag vorgestellte, handhabbare Anwendungsregeln und -hinweise nicht enthalten.

Zurzeit befinden sich die Dokumente der zukünftigen Vorschriftengeneration in der Überprüfungsphase. Dabei nimmt der geplante DIN-Fachbericht, der die Handhabung des Eurocode 7 in Verbindung mit den nationalen Regelungen (DIN 1054-101:2009-02) ermöglicht, eine zentrale Stellung ein.

Es ist nicht beabsichtigt und sicherlich auch nicht zweckmäßig, die Anwendung numerischer Verfahren in der o. g. neuen Vorschriftengeneration verbindlicher zu regeln. In dem Beitrag konnte gezeigt werden, dass es aber grundsätzlichen Bedarf an Anwendungsempfehlungen gibt. Solche Regelungen sollten jedoch stärker als bisher in die einschlägigen Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) einfließen oder publiziert werden (z.B. [8]).

5 Literatur

- [1] DIN 1054:2005-01, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Beuth Verlag, 2005
- [2] DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik Teil 1: Allgemeine Regeln
- [3] DIN 1054-101:2009-02 Entwurf, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd und Grundbau – Teil 101: Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997
- [4] DIN 4017 Baugrund – Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen
- [5] Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB), 4. Auflage, 2006, Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin
- [6] Kombinierte Pfahl-Plattengründungen, Hrsg. J. Hanisch, R. Katzenbach, G. König in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis „Baugruben“ der DGGT, 2002, Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin
- [7] von Wolffersdorff, P.-A.: Nachweis des Gebrauchszustandes nach DIN 1054 (neu), 2005, Vortrag zum Kolloquium FEM in der Geotechnik, TU Hamburg-Harburg
- [8] von Wolffersdorff, P.-A.: Wie soll die FEM in geotechnische Bemessungsvorschriften einfließen? Workshop Bemessen mit Finite-Elemente-Methode, Technische Universität Hamburg-Harburg, Veröffentlichung des Institutes für Geotechnik Nr. 14, Hrsg. J. Grabe, S. 133 – 144, Hamburg 2007
- [9] von Wolffersdorff, P.-A.; Schweiger, H.F.: Numerische Verfahren in der Geotechnik, Kap. 1.9, Grundbautaschenbuch Teil 1, 7. Aufl., Hrsg. Witt, K.J, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, 2008, S. 501 – 557
- [10] Perau, E.: Konzept und FE-Modellierung zum Nachweis der erforderlichen Ankerlänge, Bautechnik 85 (2008) 4, S. 247 – 257

Priv. Doz. Dr.-Ing. habil. Peter-Andreas von Wolffersdorff
BAUGRUND DRESDEN Ingenieurgesellschaft,
01097 Dresden, Paul-Schwarze-Straße 2