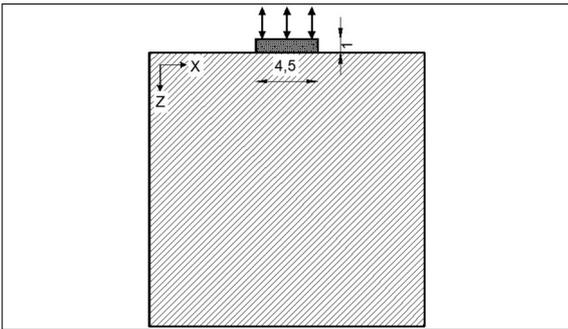




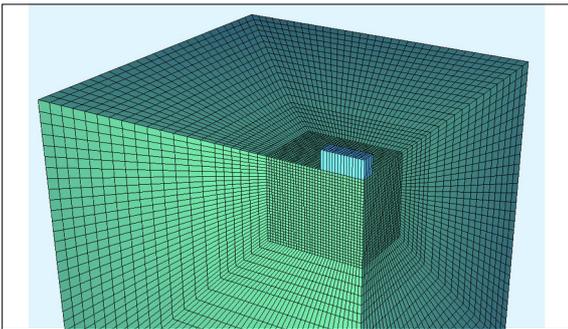
Lukas Frei

Diplomand	Lukas Frei
Examinator	Dr. Thomas Weber
Experte	Dr. Dirk Wegener, GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, Dresden (Deutschland)
Themengebiet	Geotechnik

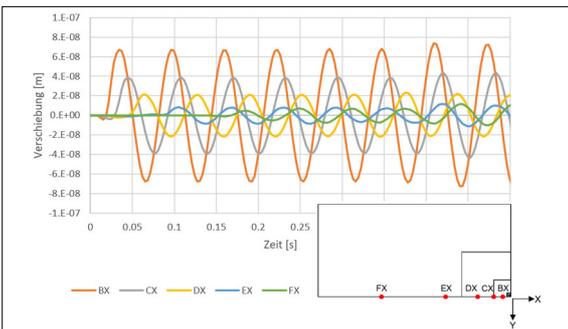
Numerische Analyse dynamisch belasteter Fundamente



Situation - dynamisch belastetes Maschinenfundament auf homogenem Halbraum
Eigene Darstellung



3D-Modell aus Sofistik mit abgestufter Vernetzung
Eigene Darstellung



Phasenverschiebung der Wellen bei zunehmendem Abstand zur Schwingungsquelle
Eigene Darstellung

Ausgangslage: Komplexe Problemstellungen, wie beispielsweise dynamische Berechnungen oder komplizierte statische Systeme, können oft nicht durch geschlossene analytische Lösungen berechnet werden. Um solche Probleme lösen zu können, werden häufig numerische Berechnungen eingesetzt. Numerische Berechnungen sind Simulationen, mit welchen Näherungslösungen berechnet werden. Um solche Berechnungen durchführen zu können, muss ein Modell erstellt werden, an welchem die Simulation durchgeführt werden kann. Das Modell sollte im Optimalfall ein möglichst realitätsnahes Verhalten widerspiegeln. Damit dies möglich ist, müssen die Rahmenbedingungen im Modell korrekt definiert werden. So hat zum Beispiel die Modellgeometrie, die Elementgröße oder die gewählten Zeitschritte einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Resultate. Das Problem ist jedoch, dass bei zunehmendem Detaillierungsgrad, das heisst kleinerer Elementgröße oder kleinerer Zeitschritte, auch die benötigte Rechenleistung zunimmt. Weiter können in solchen Modellen Effekte auftreten, die in der Realität nicht vorhanden sind, wie beispielsweise die Reflexion von Wellen am Modellrand.

Aufgabenstellung: Es soll das Verhalten von Fundamenten bei einer harmonischen Anregung untersucht werden. Dazu wird im Grundlagen- und Literaturstudium das notwendige Wissen zum Tragverhalten von Fundationen bei dynamischen Belastungen und zur Wellenausbreitung erarbeitet. Mittels analytischen Berechnungen werden Abschätzungen getroffen und Prognosen zur Wellenausbreitung und den zu erwartenden Amplituden abgegeben. Im Anschluss wird mit der Software Sofistik ein 3D-Modell erstellt. An diesem Modell soll der Einfluss einiger Parameter untersucht werden. Anhand der resultierenden Erkenntnisse soll das Modell optimiert und eine möglichst präzise Annäherung der numerischen an die analytische Lösung gefunden werden.

Ergebnis: Es zeigte sich, dass die Qualität der Ergebnisse durch eine korrekte Modellbildung stark verbessert werden kann. Durch Verkleinerung der Elementgröße konnte die Abweichung der numerischen zur analytischen Lösung bei einer 16 Hz Erregerfrequenz von 15% auf 3% reduziert werden. Bei einer Frequenz von 32 Hz sind trotz der Netzverfeinerung Differenzen von 19% zur analytischen Lösung vorhanden. Die Analyse der Modellgeometrie ergab einen Mindestabstand von ungefähr dem 6-7-fachen der Fundamentlänge in die Tiefe und etwa dem dreifachen in der Breite. Für die Berechnungen von sehr kleinen Amplituden ist ein leicht grösserer Abstand zu empfehlen. Die Amplitudenabnahme, beziehungsweise die Wellenausbreitung lässt sich mit Sofistik sehr gut abbilden, jedoch stellte sich heraus, dass die Wellen am Modellrand reflektiert werden. Der Einfluss dieser Wellenreflexion beschränkt sich jedoch auf sehr kleine Amplituden, sind die Verschiebungen genügend gross, ist keine Beeinflussung mehr feststellbar. Durch Modellierung von Federelementen mit zugewiesener Dämpfung, kann die Wellenreflexion weitestgehend unterdrückt werden. Die exakte Abstimmung der Dämpfung auf das System ist dabei von zentraler Bedeutung.