

01
2025

Konstruktiver Ingenieurbau

Geotechnik

Flachgründung auf
bindigen Auenböden

Stahlbau

Das neue BDK-Nachweisverfahren
SIGMA+ und seine Anwendung
auf Kranbahnträger

Stahlbetonbau

Anwendung von nichtmetallischer
Bewehrung bei der Instandsetzung
von Uferwänden

Holzverbundbau

Starkes Duo im Verbund

Befestigungen

Vergleich der Regelungen
der ift-Richtlinie MO-02/1
mit den Regelwerken der
allgemeinen Dübeltechnik



KI

Alexander Mühl, Jan Poßbecker

Flachgründung auf bindigen Auenböden

Viele Städte entstanden in der Nähe von Flüssen und Bächen, wodurch diese Gewässer eine zentrale Rolle in der Entwicklung urbaner Gebiete spielten. Im Laufe der Zeit erfuhr jedoch ein Großteil dieser Gewässer eine Regulierung, Begradigung oder Verlegung in Rohre, wodurch die ursprünglichen Auenlandschaften und ihre Böden weitgehend überbaut wurden. Auenböden gelten aufgrund ihrer hohen Kompressibilität und geringen Scherfestigkeit als problematischer Baugrund, da Überbauungen häufig langanhaltende Setzungen und Verformungen nach sich ziehen. Dennoch entstanden insbesondere in der Gründer- und Nachkriegszeit viele Gebäude auf diesen Böden mit Flachgründungen. In bestimmten Fällen stellt dies eine wirtschaftliche Alternative zu den heute oft eingesetzten Tiefgründungen oder Bodenverbesserungsmaßnahmen dar. Die Planung einer Flachgründung in Auenböden erfordert dabei ein fundiertes Verständnis der flächenspezifischen Ausbreitung, der Materialeigenschaften sowie der hydrogeologischen Bedingungen des Standorts.

Um die sich einstellenden Verschiebungen der Gründung und die damit verbundenen Spannungen im Tragwerk möglichst präzise prognostizieren zu können, müssen auch die Eigensteifigkeit und die Einwirkungen des Tragwerks berücksichtigt werden. Die Bemessung der Gründung erfordert angepasste Berechnungsverfahren, die die komplexen geotechnischen Bedingungen so genau wie möglich abbilden. Neben analytischen Verfahren, die häufig auf empirischen Gleichungen basieren, gewinnen heute numerische Verfahren zunehmend an Bedeutung. Durch enge Zusammenarbeit und ein gegenseitiges fachübergreifendes Verständnis können

Tragwerksplaner und Geotechniker gemeinsam die für den Bauherrn wirtschaftlichsten und nachhaltigsten Gründungslösungen entwickeln.

Etwa ein Viertel des Stadtgebiets von Leipzig ist von Auen geprägt, was sich in der Ausprägung der Auenböden widerspiegelt. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Lösung für die Gründung einer Stadtvilla, die auf Auenlehm als Flachgründung realisiert wurde. Eine Besonderheit dieses Projekts besteht darin, dass die Setzungen während der Bauzeit durch das Befüllen des Untergeschosses des Gebäudes mit Wasser vorweggenommen wurden.

Entstehung von Auenböden

Die als Auenbildungen bekannten Böden in unserer Region haben sich in den letzten rund 12.000 Jahren, im Holozän, gebildet. Geologisch betrachtet gehören sie zu den jüngsten natürlichen Ablagerungen, die durch mäandrierende Flüsse, Tümpel oder Teiche entstanden sind. Diese Ablagerungen resultieren aus der Verfrachtung und dem Absetzen von Sanden, Kiesen, Feinkorn und organischen Bestandteilen. Die Auenablagerungen sind das Resultat eines kontinuierlichen Prozesses, bei dem Sedimente durch die dynamischen Wechselwirkungen zwischen Wasser, Boden und Vegetation abgelagert, wieder aufgenommen, umgelagert und erneut abgesetzt wurden.

Zu Beginn des Holozäns bildeten sich an den Flusssohlen zunächst überwiegend Sande und Kiese. Diese rolligen Böden entstanden, als Flüsse und Bäche während Hochwasserereignissen Sedimente transportierten und ablagerten. In diesen Sedimenten können auch Holzstücke enthalten sein, die von der Ufervegetation stammen. Mit der Zeit, insbesondere während wiederholter Hochwasserereignisse, wurden in den angrenzenden Auenlandschaften ältere Sedimente,

Nieder Moore, An Moore sowie Löss- und Geschiebeböden durch Erosion abgetragen. Diese abgetragenen Materialien gelangen in die Flüsse und wurden bei Überschwemmungen in den weiten Auen abgelagert.

Die Überflutungen führten über Jahrtausende zur Entstehung mehrerer Meter mächtiger Auenlehm bildungen. Diese Ablagerungen setzen sich aus einer Mischung feiner Sedimente zusammen, die durch die Strömung des Wassers in den Auen verteilt wurden. Während der Überflutungsphasen kam es zu einer kontinuierlichen Aufarbeitung, Umlagerung und Sedimentation, wodurch die Mächtigkeit der Auenlehme fortlaufend zunahm.

Die Auenlehme zeichnen sich nicht nur durch die Ablagerung feiner mineralischer Sedimente aus, sondern enthalten auch organisches Material, das entweder eingebracht wurde oder sich natürlich entwickelte (z.B. aus Schilf). Bei den wiederkehrenden Überflutungen bedeckte Feinkorn die fruchtbaren Auenböden mit ihrer oft üppigen Vegetation erneut. Dies führte zu einem erhöhten Anteil an organischem Material und begünstigte die Bildung organischer Böden, insbesondere von Torfen.

Baugrunduntersuchungen für Hochbauten im Bereich von Auenböden

Im Eurocode 7 werden allgemeine Empfehlungen zum Erkundungsumfang für geotechnische Berichte, insbesondere für Hauptuntersuchungen, formuliert. Der tatsächlich durchgeführte Erkundungsumfang hängt in der Praxis von mehreren Faktoren ab:

- der spezifischen Bauaufgabe,
- den Erkenntnissen aus der geologischen und hydrogeologischen Recherche,
- den Anforderungen des gültigen Vorschriftenwerks sowie
- den Erfahrungen des Gutachters mit vergleichbaren Bodenverhältnissen.

Auenböden gelten heute häufig nicht als geeigneter Baugrund für die Gründung von Hochbauten. Abhängig von ihrer Mächtigkeit, den Grundwasserverhältnissen und den bodenmechanischen Eigenschaften wird in der Regel entweder eine Durchgründung oder ein vollständiger Bodenaustausch empfohlen.

Die Herausforderungen im Umgang mit Auenböden als Baugrund ergeben sich aus ihrer Entstehung und den damit verbundenen materialtechnischen Eigenschaften. Diese Böden sind wassergesättigt und weisen oft eine weiche Konsistenz auf, da sie weder eiszeitlich überprägt noch anderweitig vorbelastet sind. Auenböden zeichnen sich durch eine geringe Steifigkeit und Scherfestigkeit aus, was zu einem ausgeprägten Belastungs- und Verformungsverhalten führt. Verzögerte Setzungen sind hierbei ebenso zu erwarten wie Sekundärsetzungen, die durch die Zersetzung organischer Bestandteile verursacht werden.

Falls die Auenböden durch frühere Bauwerke vorbelastet wurden, können sie jedoch verbesserte Belastungs- und Verformungseigenschaften für die Gründung eines Neubaus aufweisen. In solchen Fällen sollte das Laboruntersuchungsprogramm im Rahmen der Baugrundbegutachtung nicht ausschließlich die tieferliegenden Baugrundschichten berücksichtigen, die bei einer Durchgründung oder einem Bodenaustausch zur Gründungsschicht werden. Auch die Eigenschaften des Auenbodens selbst sind detailliert zu analysieren, um das Verhalten des Baugrunds fundiert zu bewerten.

Die nachfolgenden Empfehlungen zur Baugrunduntersuchung orientieren sich im Wesentlichen an den Vorgaben des Eurocode 7, beziehen sich jedoch speziell auf den Fall, dass eine Flachgründung im Auenboden als Gründungslösung geprüft werden soll.

Untersuchungsumfang:

Die Untersuchungspunkte sollten in einem Raster angeordnet werden, das eine verlässliche Beurteilung des Schichtenaufbaus im Planungsbereich ermöglicht. Kritische Bereiche wie die Ecken des Gründungsbereichs sind gezielt auszuwählen, da sie besonders im Hinblick auf die Grundrissform, das Bauwerksverhalten und die Lastverteilung relevant sind. Für Hoch- und Industriebauten gelten Richtwerte für Aufschlussabstände zwischen 15 m und 40 m. Wird eine Fachgründung im Auenboden als Alternative zur Tiefgründung in Betracht gezogen, ist eine detailliertere Erkundung erforderlich. In diesem Fall sollten die Abstände zwischen den Untersuchungspunkten auf etwa 5 m bis 7,5 m reduziert werden, um die Mächtigkeit des Auenbodens differenziert erfassen zu können.

Untersuchungstiefe bei Baugrunduntersuchungen für Flachgründungen:

Die Festlegung der Untersuchungstiefe erfolgt so, dass alle vom Bauvorhaben beeinflussten Bodenschichten erfasst werden. Dies betrifft nicht nur das fertiggestellte Bauwerk, sondern auch bauzeitliche Maßnahmen wie Baugruben, Grundwasserhaltungen oder notwendige Baubehelfe.

Für Hoch- und Industriebauten wird eine Mindestaufschlusstiefe von 6 m unterhalb der Gründungsebene empfohlen. Zusätzlich sollte die Erkundung mindestens drei Gründungsbreiten abdecken, um sicherzustellen, dass sämtliche Bodenhorizonte berücksichtigt werden, die durch die Flachgründung beeinflusst werden. Diese Anforderungen gewährleisten eine fundierte Beurteilung der Bodenverhältnisse im Bereich der Gründungszone.

Versuchsprogramm für die Baugrunduntersuchung in Auenböden:

Das Versuchsprogramm sollte präzise auf die Anforderungen des Bauwerks, die spezifischen Eigenschaften des Baugrundes sowie die Schichtenfolge abgestimmt sein. Insbesondere bei Auenböden, die aufgrund ihrer Entstehung inhomogen und in ihren Eigenschaften stark variabel sind, ist eine sorgfältige Planung der Untersuchungen unerlässlich. Für die Planung einer Flachgründung müssen die maßgeblichen Zustandskennzahlen und charakteristischen Kennwerte durch laborative Analysen ermittelt werden. Zur Beurteilung des einaxialen Verformungsverhaltens sind Ödometerversuche entscheidend, bei denen sowohl Erst- als auch Wiederbelastungen untersucht werden. Hierbei sollte das Kriechverhalten durch konstant gehaltene Laststufen über mehrere Tage erfasst werden, was eine zusätzliche Anzahl dieser Versuche erforderlich macht. Ergänzend sind Triaxialversuche durchzuführen, die bei verschiedenen Spannungszuständen Einblicke in die Ent- und Wiederbelastungseigenschaften des Bodens geben. Jeder Versuch sollte dabei mindestens eine Ent- und Wiederbelastungsschleife beinhalten, um das Verhalten unter realistischen Bedingungen zu charakterisieren. Darüber hinaus bieten sich in-situ-Verfahren wie Seitendruckversuche an, um die mechanischen Eigenschaften der Auenböden direkt vor Ort unter natürlichen Spannungsverhältnissen zu erfassen. Dieses umfangreiche Versuchsprogramm gewährleistet eine präzise Ermittlung der bodenmechanischen Parameter, die für die Gründungsdimensionierung in Auenböden unverzichtbar sind.

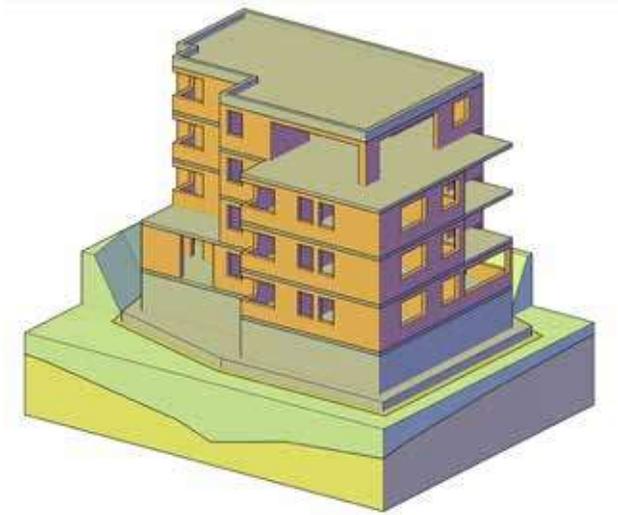


Bild 1: Rohbau des Gebäudes in der offenen Baugrube

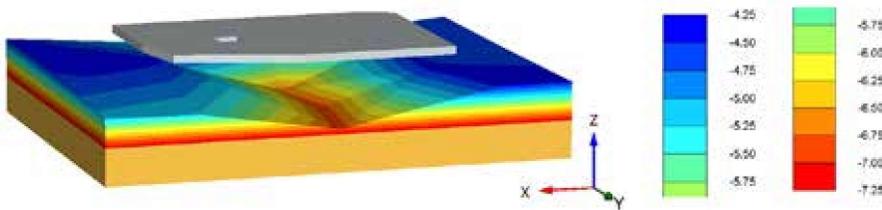


Bild 2: Unterkante Auenbildung, Höhen in m bezogen auf GOK

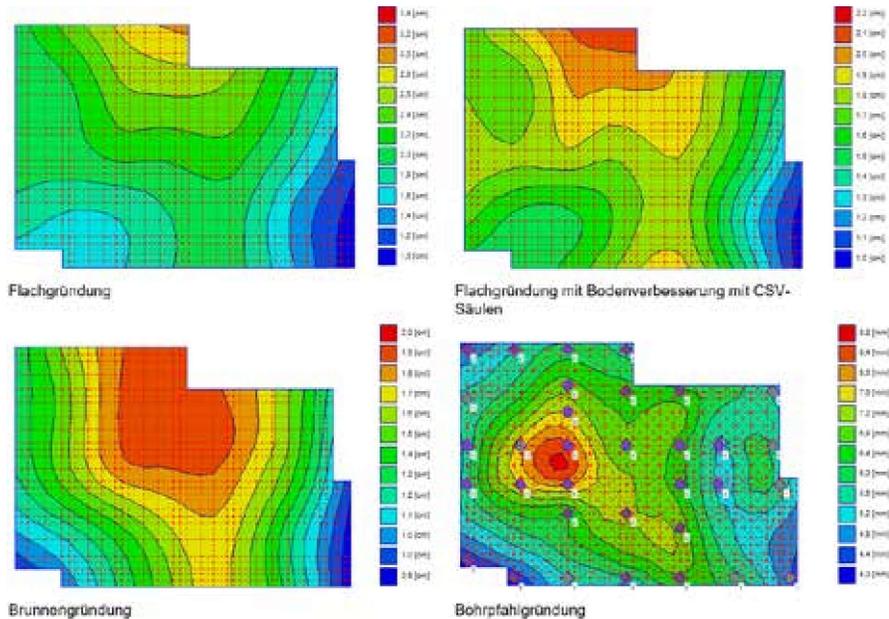


Bild 3: Variantenuntersuchung zur Gründung – Ergebnis der Setzungsrechnungen

sich ebenfalls Auenlandschaften ausgebildet haben. Insgesamt sind etwa 25 % des Leipziger Stadtgebiets von Auen und den damit einhergehenden Auenböden geprägt.

Das geplante Bauvorhaben befindet sich im Bereich der Elster-Luppe-Pleiß-Aue. Das Gebäude hat einen Grundriss von 13 m × 20 m, wobei die Gründungsohle 3,3 m unterhalb der Geländeoberkante und etwa 0,5 m unterhalb des Grundwasserspiegels liegt. Dieses Szenario erfordert eine detaillierte Untersuchung der bodenmechanischen und hydrologischen Gegebenheiten, um eine geeignete Gründungsstrategie im anspruchsvollen Baugrund der Auenböden zu entwickeln.

Der Baugrund im Bereich des geplanten Bauwerks wurde innerhalb des Grundrisses durch drei Bohrungen, vier Rammkernsondierungen sowie eine schwere Rammsondierung detailliert untersucht. Die Erkundungen zeigen, dass unterhalb des Mutterbodens und der Auffüllungen Auenbildungen anstehen. Diese bestehen aus Auenlehmen und einer Wechsellagerung von muddigem Schluff und Feinsanden. Unterhalb der Auenbildungen wurden Flussschotter angetroffen, die im oberen Bereich (holozäne Ablagerungen) vorwiegend als lockere bis mitteldichte Sande ausgebildet sind. Ab einer Tiefe von etwa 9 m gehen diese in mitteldichte bis dichte Kiese über. Die Bodenschichtung wird in Bild 1 veranschaulicht, die den Rohbau des Gebäudes in der offenen Baugrube sowie die unterlagernden Schichten (Auenbildung: grün, Flussschotter: gelb). Die Mächtigkeit der Auenbildungen, die sich unmittelbar unter der geplanten Bodenplatte befinden, variiert im Modell zwischen 1,1 m und 3,2 m, wie in Bild 2 dargestellt. Dieses variierende Schichtprofil stellt spezifische Anforderungen an die Gründungsbemessung und die Behandlung der Auenbildungen im Baugrund.

Im Rahmen einer Variantenuntersuchung zur Gründung wurden Setzungsrechnungen nach dem Steifemodulverfahren durchgeführt. Dabei wurde die variierende Baugrundsichtung berücksichtigt, ebenso wie ein linear-elastisches Bodenverhalten und die Unterscheidung der Bodensteifigkeit zwischen Erst- und Wiederbelastung. Die Berechnungen ergaben, dass bei einer Flachgründung die unterschiedliche Mächtigkeit des Auenlehms negative Auswirkungen auf die Setzung der Gründung hat (siehe Bild 3). Besonders der tiefere rinnenförmige

Gründung einer Stadtvilla in Leipzig

Die Stadt Leipzig wird von mehreren Flussläufen durchzogen, die entscheidend zur Landschafts- und Stadtentwicklung beigetragen haben. Besonders die Weiße Elster, die Pleiße

und die Parthe haben in ihren Überschwemmungsgebieten Auen mit Breiten von bis zu mehreren Kilometern entstehen lassen. Neben diesen größeren Auen existieren kleinere Bereiche, wie die südliche und nördliche Ritzschke sowie der Zschampert, in denen

Geotechnik

Einschnitt, der sich im Bereich des Grundrisses befindet, in dem höhere Wandlasten abzutragen sind, führte zu einer deutlichen Neigung und Biegung der Gründungsplatte. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit, den variierenden Aufbau der Auenbildung in der Gründungsplanung zu berücksichtigen. In Bezug auf den zeitlichen Verlauf der Setzungen war festzustellen, dass sich mit der unterschiedlichen Mächtigkeit der Auenbildung auch verschiedene Konsolidierungszeiten ergeben. Eine dickere Schicht bindiger, gering durchlässiger Auenbildungen benötigt eine längere Zeit zur Konsolidierung und damit eine verlängerte Phase, in der Setzungen auftreten. Zusätzlich war ein nicht unerheblicher Anteil an Verformungen durch das Kriechen der Wechsellagerung zu erwarten.

Aufgrund der Ergebnisse der Variantenuntersuchung wurde zunächst eine Bohrpfahlgründung als Vorzugsvariante festgelegt und entsprechend ausgeschrieben. Diese Gründungslösung wurde aufgrund ihrer Fähigkeit, Setzungen zu minimieren, als besonders geeignet für die Stabilität des Bauwerks angesehen. Nach Erhalt der Angebotspreise entschloss sich der Bauherr jedoch, Alternativen zur ursprünglich geplanten Gründung weiter zu prüfen. In Abstimmung mit dem Gründungsplaner wurde eine detaillierte Analyse der Flachgründung innerhalb der Auenbildungen vorgenommen. Letztlich fiel die Entscheidung, die Flachgründung umzusetzen.

Das entwickelte Gründungskonzept sieht vor, die Auenbodenschichten bereits während des Rohbaus durch eine zusätzliche Auflast (Vorbelastung) zu konsolidieren, um die nach der Inbetriebnahme des Gebäudes eintretenden Setzungen und Neigungen auf ein verträgliches Maß zu reduzieren. Zu diesem Zweck soll das Untergeschoss während der Bauzeit mit Wasser gefüllt werden. Dadurch werden die Setzungen, die durch das Gewicht des Ausbaus und die sich verändernden Lasten (wie Schnee- und Nutzlasten) entstehen, vorab abgebaut. Der Ausbau des Gebäudes, einschließlich der Arbeiten wie das Einbringen von Putz und Estrich sowie der Einbau von Türen, Fenstern und der technischen Gebäudeausstattung (TGA), kann jedoch erst beginnen, wenn die Konsolidierung der Auenbildungen weit genug fortgeschritten ist. Dies erfordert eine Ruhephase zwischen der Rohbau- und der Ausbauphase. Die Dauer dieser Ruhephase ist abhängig von der Größe

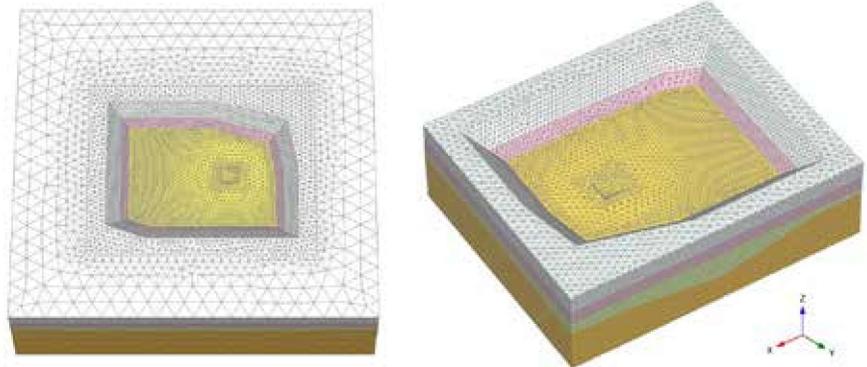


Bild 4: 3D-FE-Modell – Phase: Baugrubenaushub mit Gründungspolster, links: Gesamtmodell, rechts: Ausschnitt im verfeinerten Bodenbereich

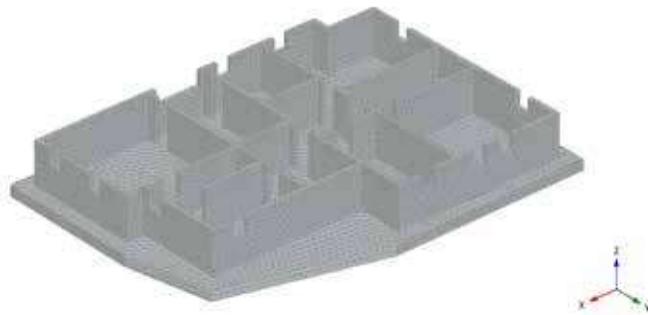


Bild 5: 3D-FE-Modell – Bodenplatte und Kellerwände

der aufgebrachtten zusätzlichen Auflast, der Durchlässigkeit der Auenbildungen sowie dem festgelegten Grenzwert für die zulässige Verdrehung und Neigung der Gründung.

Das Gründungskonzept wurde auf der Grundlage von Berechnungen mit einem dreidimensionalen Finite-Elemente-Modell (3D-FE-Modell), unter Verwendung des Programms PLAXIS, entwickelt. Zur Ermittlung von Verformungen und der Verfestigung bindiger Böden durch Konsolidierung wurden undrained Berechnungen auf der Grundlage von effektiven Spannungen sowie effektiven Steifigkeits- und Scherfestigkeitsparametern durchgeführt. Um die Abhängigkeit der undrained Scherfestigkeit von der Spannung, dem Spannungspfad und dem volumetrischen Verhalten realistisch abzubilden, kamen höherwertige Stoffmodelle zum Einsatz, welche eine präzisere Beschreibung des Materialverhaltens ermöglichen. Für den Flussschotter sowie für den Auenlehm wurde das „Hardening Soil-Modell mit Small Strain-Erweiterung“ verwendet. Die Wechsellagerung aus muddigen Schluffen und Feinsanden zeigte eine deutlich geringere Steifigkeit und zudem ein ausgeprägtes Kriechverhalten. Hier wurde das „Soft Soil Creep“-Modell eingesetzt. Die

notwendigen Materialparameter wurden in Ödometer- und Traixialversuchen ermittelt. Um eine ausreichende Sicherheit für die Planung zu gewährleisten, wurden an der unteren Grenze der Bandbreite liegende Eingangswerte gewählt.

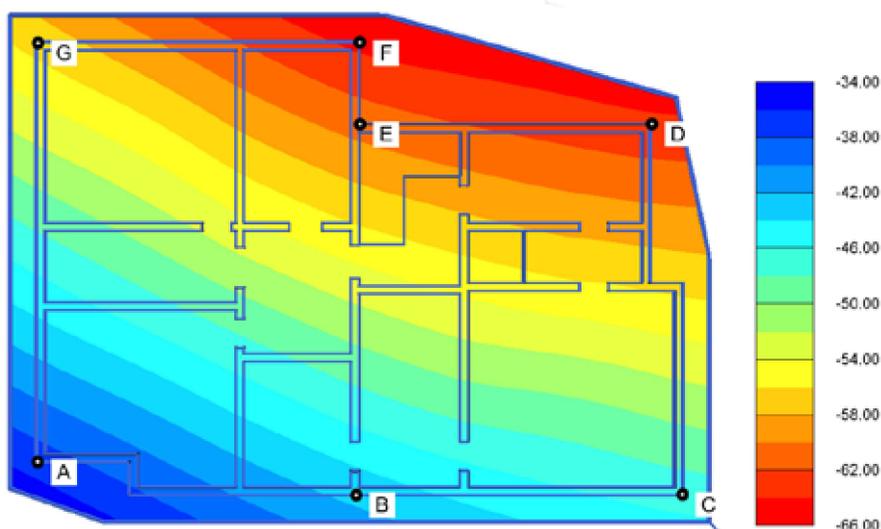
Das Berechnungsmodell berücksichtigt die Auenbildung in der vorgefundenen variierenden Mächtigkeit und die ungleichmäßige Verteilung der Gebäudelast. Das FE-Modell hat Abmessungen von 55 m x 50 m x 15 m (X/Y/Z). Das FE-Netz besteht aus tetraederförmigen Elementen, mit einem Verschiebungsansatz zweiter Ordnung. Die durchschnittliche Elementgröße beträgt 0,32 m. Im Bodenbereich, in dem aufgrund des Spannungseintrages Dehnungen zu verzeichnen sind, beträgt das Elementvolumen im Mittel 0,05 m³. Es verfeinert sich weiter zur Gründungsplatte hin auf 0,01 m³. Die Gesamtanzahl der Elemente im Modell beträgt rd. 400.000.

Diese Aufteilung gewährleistet eine präzise Modellierung des Bodenverhaltens und der Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Schichten, insbesondere im Hinblick auf die variierende Auenbildung und die Gründungseinflüsse.

Tabelle 1: Berechnungsphasen

Nr.	Start von Nr.	Beschreibung	Zeit [d]	Lastansatz			
				Art	W [%]	G [%]	Q [%]
0	-	Ausgangsspannungszustand	0	K_0			
1	0	Initiale Konsolidierung	3650	K			
2	1	Bodenaushub und Einbau Gründungspolster	14	K			
3	2	Konsolidierung (Ruhezeit)	30	K			
4	3	Herstellung Bodenplatte	1	K			
5	4	Herstellung Wände Untergeschoss	7	K			
6	5	Herstellung Decke Untergeschoss	3	K			
7	6	Hinterfüllung und Wasserauflast	7	K	100		
8	7	Rohbau	120	K	100	80	
9	8	Ruhezeit	90	K	100	80	
10	9	Lenzen	3	K		80	
11	10	Ausbau	30	K		100	
12	11	Aktivierung Verkehrslast	14	K		100	100
13	12	Konsolidierung	365	K		100	100
14	13	Konsolidierung und Kriechen	36500	K		100	100

K_0 = K_0 -Prozedur; K = Konsolidierung; W= Wasserauflast im Untergeschoss; G = ständige Last in Höhe OK Decke Untergeschoss; Q = veränderliche Last in Höhe OK Decke Untergeschoss



Baugrund zu verteilen und gleichzeitig eine stabile Gründung zu gewährleisten.

Die Berechnung gliedert sich in die Berechnungsphasen der Tabelle 1. Nach der Phase 9 wurde in einer weiteren Berechnung eine Berechnungsphase unter Ansatz von 200 % ständiger und 200 % veränderlicher Last geschaltet. Die „doppelte“ Belastung wird innerhalb eines Tages aufgebracht. Das Ergebnis dieser Berechnungsphase soll der Beurteilung der Tragsicherheit (Grundbruchsicherheit) der Gründung dienen.

Bild 6 veranschaulicht die Setzung der Bodenplatte, die im Ergebnis der Berechnung nach 100 Jahren prognostiziert wird. Im Vergleich zur Berechnung mit dem linear-elastischen Modell (siehe Bild 3) zeigt sich, dass die Setzungen in diesem Modell gleichmäßiger verlaufen. Allerdings fällt die Gesamtsetzung größer aus.

Bild 6: Setzung der Bodenplatte nach 100 Jahren [mm]

Um die Gebäudelast möglichst gleichmäßig auf die unterschiedlich mächtigen Außenbodenschichten zu verteilen, wurde in enger Abstimmung mit dem Tragwerksplaner eine Lösung entwickelt, bei der das Untergeschoss

vollständig in Stahlbeton ausgeführt wird. Die Bodenplatte hat eine Stärke von 60 cm und ragt 80 cm über den Gebäudegrundriss hinaus. Diese Gestaltung trägt dazu bei, die Lasten effektiv auf den variierenden

Geotechnik

Ab Beginn des Ausbaus (Berechnungsphase 11) ergibt sich an den unteren Außenecken der Untergeschosswände A bis G (siehe Bild 6) der im Diagramm in Bild 7 dargestellte Zeitsetzungsverlauf.

In Bild 8 ist die berechnete Verteilung des Porenwasserüberdrucks in der Wechsellaagerung sowohl zum Zeitpunkt vor Beginn des Ausbaus (Beginn Berechnungsphase 11) als auch nach Aktivierung der Verkehrslast (Ende Berechnungsphase 12) dargestellt. Die Abbildung zeigt, wie sich der Porenwasserüberdruck im Boden während dieser Phasen verändert.

Die Berechnungen zeigen, dass bereits bei einer Ruhezeit von 90 Tagen die zulässigen Grenzwerte zur Vermeidung von Rissen eingehalten werden können. Allerdings ist die definierte Winkelverdrehung von $\delta = 0,002$ (entsprechend einer Neigung von 2,0 mm/m) in diesem Fall noch wahrnehmbar. Eine Verlängerung der Ruhezeit könnte diese Verdrehung weiter reduzieren. Als Alternative wurde die Verfüllung des Untergeschosses mit Kies anstelle von Wasser geprüft, um die Konsolidierungszeiten signifikant zu verkürzen. Diese Lösung erwies sich jedoch aufgrund der erforderlichen Massentransporte als wirtschaftlich unpraktikabel.

Durch Beobachtung der zeitlichen Entwicklung der Setzung wurde während der Ruhezeit der Verlauf der Konsolidierung ermittelt. Durch das für das Projekt gebundene Vermessungsbüro erfolgte hierzu unter Abstimmung mit den Autoren ein sorgfältiges Monitoring des Setzungsverlaufs. Auf Grundlage der hier erhaltenen Daten konnte das Berechnungsmodell kalibriert und der Zeitpunkt, ab dem mit den Ausbaurbeiten begonnen werden konnte, bestimmt werden. Der einzuhaltende Grenzwert der Winkelverdrehung wurde auf $\delta = 0,0005$ (entspricht einer Neigung von 0,5 mm/m) definiert.

Als Eingangsgröße für die Tragwerksplanung wurde die Verteilung der Bettungsfeder unter der Bodenplatte ermittelt. Die angegebene Federsteifigkeit ist der Quotient aus der sich im Gründungspolster einstellenden vertikalen Spannung und der Setzung.

Für die Tragwerksplanung wurde die Verteilung der Bettungsfeder unter der Bodenplatte ermittelt. Die Federsteifigkeit, die als Eingangsgröße dient, entspricht dem

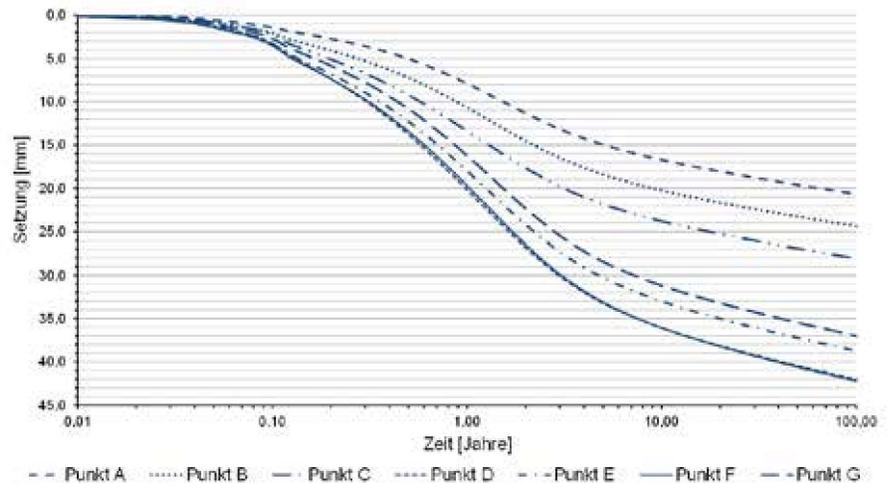


Bild 7: Zeitsetzungsverlauf in den Punkten A bis G ab Beginn Ausbau [mm]

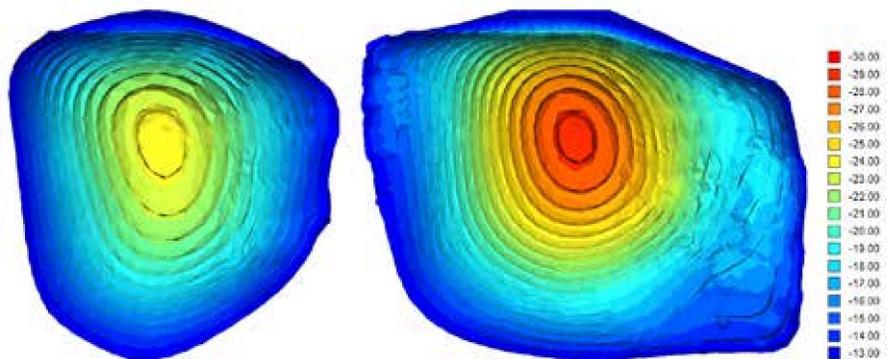


Bild 8: Verteilung des Porenwasserüberdrucks in der Wechsellaagerung [kN/m²], Draufsicht, links: vor Beginn des Ausbaus, rechts: nach Aktivierung Verkehrslast

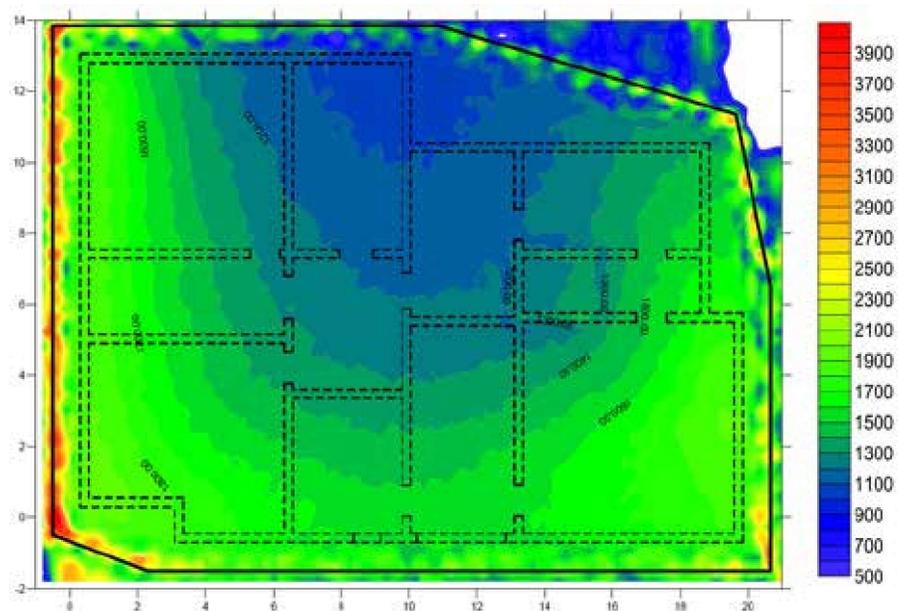


Bild 9: Flächenfeder unter der Bodenplatte – Eingangsgröße der Tragwerksplanung [kN/m³]

Quotienten aus der vertikalen Spannung, die sich im Gründungspolster einstellt, und der resultierenden Setzung.

Zur iterativen Annäherung des geotechnischen Modells mit dem zur Tragwerksplanung genutzten Modell wurden neben den sich in der Gründungssohle einstellenden Bodenspannungen auch die Betonspannungen verglichen. Die maximale Druckspannung beträgt 3,2 N/mm², die maximale Zugspannung 2,5 N/mm². Die im Beton der

Bodenplatte erzeugte Zugspannung liegt damit auch unter Ansatz von 100 % der Einwirkung unter der Risszugspannung des eingesetzten Betons C25/30 von $f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$. Damit ist nachgewiesen, dass von einem ungerissenen Querschnitt (Zustand I) ausgegangen und die Betonsteifigkeit ungemindert angesetzt werden darf.

Das Gebäude wurde 2016 fertiggestellt. Die Zusatzkosten, welche für die Ausbildung des Untergeschosses in Beton und die

Wasserfüllung zu Buche schlugen, lagen bei 20 % der Baukosten für eine Tiefgründung. Diese Betrachtung schließt die Zusatzkosten für die Füllung des UG mit Trinkwasser, einen umlaufend an den Wänden des UG angebrachten Styroporstreifen zur Verhinderung eines Eisdruckes und die Neutralisation des Wassers vor der Entsorgung ein. Die gemessene Setzung lag ein Jahr nach Fertigstellung bei rd. 80 % der berechneten Setzung.



Dipl.-Ing.
Alexander Mühl



Dipl.-Ing.
Jan Poßbecker

CDM Smith
Weißfölscher Str. 65 H
04229 Leipzig

www.cdmsmith.com
info@cdmsmith.com

Aktuelle Fort- und Weiterbildungsangebote: Jetzt entdecken!

 Reguvis

20.01.2025 | online

Effektive Leckageortung in Innenräumen

Erhalten Sie einen umfassenden Überblick über die Vielfalt an Feuchteschäden und erfahren Sie, wie erfolgreiche Ursachendiagnosen durchgeführt werden können.

03.–06.02.2025 | in Stuttgart

Optische Bau-Forensik (Grundkurs I und II, Aufbaukurs „Makro“)

In unseren beiden Grundkursen erlernen Sie an unterschiedlichen Trainingsstationen die Grundlagen der optischen Bau-Forensik. Durch Ihre Teilnahme am Aufbaukurs „Makro“ können Sie die erlernten Grundlagen weiter vertiefen und erweitern.

13.02.2025 | online

Barrierefreies Bauen

Erfahren Sie, warum und wie der Einsatz barrierefreien Bauens Qualitäts- und Wettbewerbsvorteile bringen kann.

26.03.2025 | online

Versteckte Gefahr in Gebäuden: Asbest und andere Schadstoffe erkennen und analysieren

Vertiefen Sie Ihr Wissen über Schadstoffe in Gebäuden und lernen Sie, wie Sie diese identifizieren und analysieren können.



Weitere Informationen und Anmeldung unter:
reguvis.shop/bau-immo-akademie

**Neues Bauen – neue Fragen: Herausforderungen
und Chancen für Bausachverständige**

Fachtagung „Bausachverständige“

20. Februar 2025 | in Köln oder online

