

G² Gruppe Geotechnik

Jahresbericht 2020



G² Gruppe Geotechnik –
eine Nachwuchsforschergruppe
an der HTWK Leipzig

HTWK

Hochschule für Technik,
Wirtschaft und Kultur Leipzig

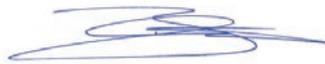
Liebe Leserinnen und Leser

nach einer Ausbildung zum Speditionskaufmann führten mich die ersten Schritte im Studium über ein Freisinger Unternehmen auf viele Deponien. Ein Schwerpunkt dort war die Sanierung schadhafter Sickerwasserleitungen der Basis-Entwässerungen. Steht man in einem Schacht auf der Deponiesohle und um einen herum türmen sich 25 m in Abfall verbriefte Menschheitsgeschichte wird einem eindrucksvoll bewusst, welchen Fußabdruck wir auf der Erde hinterlassen. Und das in einem der fortschrittlichsten Abfallwirtschaftssysteme mit hohen Verwertungs- und Recyclingquoten. Durch mehrere Reisen in verschiedene Länder hatte ich auch Gelegenheit, das untere Ende des Eisberges zu betrachten. Dieses Ende macht bekanntlich den größeren Anteil aus.

Noch im Studium rutschte ich 2017 über das Mitwirken an der Leipziger Deponiefachtagung eher zufällig in die Reihen der Gruppe Geotechnik. Mein Berufsziel lag bis dahin eigentlich durchgängig im Deponiebau. Nach zwei Jahren G² während des Studiums hatten mich Erdbau und Bodenmechanik dann aber fest im Griff. Boden übt auf mich eine außergewöhnliche Faszination aus. Anders als Baustoffe wie Stahl oder Beton ist Boden kein zusammenhängender Körper, sondern ein komplexes Gefüge aus endlich vielen Partikeln. Zu untersuchen und zu beschreiben, wie die einzelnen Partikel auf innere und äußere Beeinflussungen reagieren und sich zueinander verhalten, stellt eine besondere wie faszinierende Herausforderung dar. Den größten Reiz üben auf mich dabei die kleinsten Verschiebungen aus, die sich im Bereich elastischer Wellenausbreitung ereignen. Ein bisschen Deponiebau steckt mir allerdings doch noch im Blut. Geblieben ist mein Interesse an den Verwertungs- und Entsorgungswegen von Abfall. Und davon gibt es in der gesamten Geotechnik ja auch reichlich.

Seit 2019 bin ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter und ab 2020 als Teil der Leitung in der Gruppe Geotechnik tätig. Meine Forschungstätigkeit erlaubt mir nun beide Fachrichtungen im Blick zu haben und inhaltlich zu verbinden. Davon, dass beides Hand in Hand gehen muss, um unser Ökosystem Erde langfristig zu erhalten, bin ich überzeugt. Doch der Weg zu einer ressourcenbewussten und nachhaltigen Geotechnik ist noch lang. Ebenso groß ist aber auch das Potential. Vielleicht begegnet man sich auf diesem Weg in der Zukunft.

Ihr



Benedict Löwe



Editorial

Geotechnische Forschung in 2020 an der HTWK Leipzig

Unser Forschungsjahr 2020 war ein sehr besonderes, anstrengendes und herausforderndes Jahr und vieles war pandemiebedingt kurzfristig neu und anders (siehe z. B. Seite 4, 10). Im März 2020 gab es noch die 16. Erdbaufachtagung. Unsere Geotechnikseminare im Sommer- und Wintersemester haben nicht mehr stattfinden können (Seite 12). Einige angedachte Tagungsbesuche und damit verbundene Veröffentlichungen entfielen, ebenso gab es kaum Exkursionen. Auch unsere Projektbearbeitung war eingeschränkt, da Versuchsfelder nicht ausgeführt werden konnten, Labore geschlossen waren oder nur sehr eingeschränkt personell besetzt werden konnten.

Wir haben, wie in der letzten Broschur umfänglicher dargestellt, zum 01. 01. 2020 unsere geotechnischen Forschungen in zwei Gruppen aufgeteilt – als GEONETIC mit dem Schwerpunkt Sensorik und Transfer unter Leitung von Dr. Sandig und als G² Gruppe Geotechnik mit dem Forschungsbereich Verdichtung unter meiner Leitung mit Unterstützung von Herrn Löwe (siehe Seite 4).

In 2020 ist es uns gelungen, ein weiteres Verdichtungsforschungsthema auf den Weg zu bringen. Gleichzeitig haben wir zum Jahresende wichtige inhaltliche und konzeptionelle Abstimmungen mit kleinen und mittleren Unternehmen treffen können, so dass in 2021 daraus zwei Forschungsanträge mit nationaler und internationaler Beteiligung entstehen werden. Es bedeutet aber auch, dass wir uns als Nachwuchsforschergruppe den aktuellen Forschungstrends (z. B. Digitalisierung, KI), den gesellschaftlichen Herausforderungen (z. B. Klimawandel, Nachhaltigkeit) und den bundes- und landesweiten Forschungsstrategien (Geotechnik trifft Zukunft, FONA) stellen müssen (mehr auf den Seiten 4–7). Unsere Arbeiten zur Verdichtung im Projekt RoDyCoM stellen wir auf den Seiten 8–9 vor, wie üblich finden sie Informationen zur Öffentlichkeitsarbeit, Graduierungsthemen und unseren Dienstleistungen am Ende des Heftes (Seiten 12–15). Unser Dank gilt allen Förderern, Helfern und Unterstützern (Rückseite) und damit wünsche ich Ihnen viel Spaß bei der Lektüre des nunmehr 6. Jahresberichts der G² Gruppe Geotechnik.

Ihr



Prof. Dr.-Ing. Ralf Thiele



Inhalt

| | |
|-----------------------------------|----|
| G ² Gruppe Geotechnik | 4 |
| Unsere Forschungsthemen | 8 |
| Neue Wege – Bodenmechanik digital | 10 |
| Streiflichter | 11 |
| Öffentlichkeitsarbeit | 12 |
| Graduierungsarbeiten | 14 |
| Leistungsumfang | 15 |

G² Gruppe Geotechnik

Rückblick und Vorschau

Prorektorat Forschung und G² – Blick aus zwei Richtungen

Vor nunmehr 1,5 Jahren habe ich neben der Leitung der Nachwuchsforschungsgruppe G² Gruppe Geotechnik das Prorektorat Forschung übernommen und trage damit auch die Verantwortung für die Forschung an der HTWK Leipzig. Etwa zu diesem Zeitpunkt haben wir die geotechnische Forschung am Hause in zwei Gruppen gegliedert, um inhaltlich fokussierter und zielgruppengenaue arbeiten zu können. Dabei ist die Gruppe Geotechnik forschungsorientiert mit den Schwerpunktthemen Verdichtung, nachhaltige Baustoffe und GEONETIC transfer- und dienstleistungsorientiert mit den Schwerpunkten geotechnisches Messen und hochwertige Laborprüfungen ausgerichtet. Mit dieser Schwerpunktsetzung und meiner Aufgabenkombination gelingt es noch besser, das breite Ingenieurwissen unseres Hauses bei der Lösung von geotechnischen Problemen einzubeziehen.

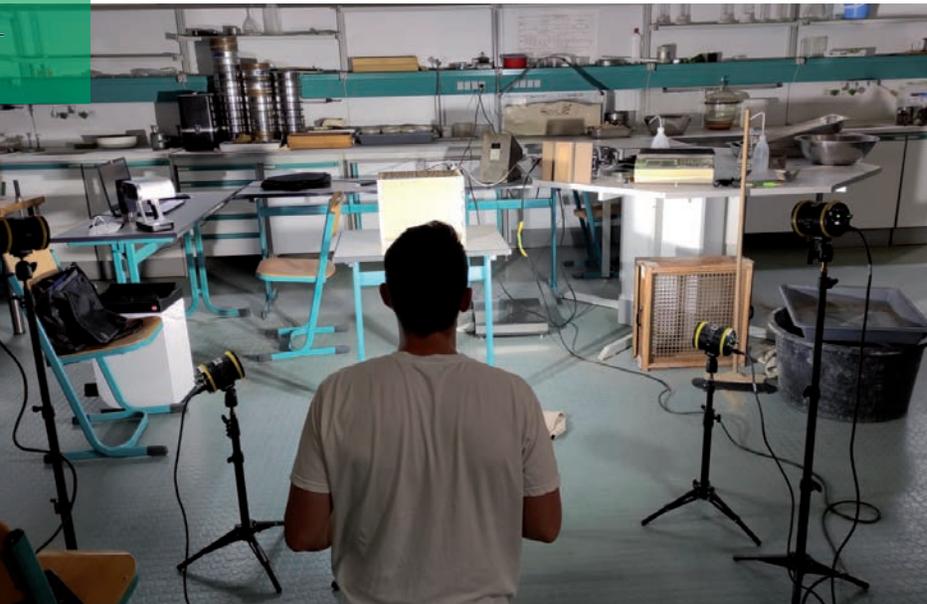
Das Forschungsjahr 2020 war pandemiebedingt anders als vorangegangene Jahre. Virtuelle Besprechungen über Zoom, BigBlueButton, MS-teams, Skype, webEX usw. sind mittlerweile Alltag, beschleunigen die Abstimmung und sind zu sehr wichtigen und unverzichtbaren Werkzeugen geworden, insbesondere um in der Antrags- und Bearbeitungsphase mehrere Projektpartner aus verschiedenen Orten schnell zusammenzubringen.

Es hat aber maßgeblich unsere Feld- und Laborexperimente behindert, da ein gemeinsames Aufbauen und Durchführen nur teilweise möglich war. Auch ein fachlicher Austausch in der Gruppe musste anders organisiert werden und Sie werden es sehr gut nachvollziehen können, dass unsere Praxispartner oft andere und für sie wichtigere Probleme zu lösen und Aufgaben zu erfüllen hatten.

Die deutschen Innovationsstrategien als Wegweiser für unsere Forschung

Wir als G² Gruppe Geotechnik orientieren uns perspektivisch an der FONA-Strategie (Forschung für Nachhaltigkeit). In dieser fließen Hightech- und Digitalisierungsstrategie der Bundesregierung, nationale Nachhaltigkeitszielen und -strategien sowie europäische Ansätze zusammen. Wissen-

schafts-, Technologie- und Innovationspolitik verbinden sich so mit Nachhaltigkeitspolitik. Der Wandel zu mehr Nachhaltigkeit ist die Chance, die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands langfristig zu erhalten. Innovationen sind dafür von entscheidender Bedeutung – im Leitbild der FONA sind dabei Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Energie verankert. Diese Innovationen (Ideen, Wissen, Technologien) müssen im Transfer beschleunigt werden. Für uns bedeutet dies eine deutlich intensive Auseinandersetzung mit geotechnischen Bauverfahren und Baumaterialien unter dem Gesichtspunkt Ressourcenknappheit und Energiebilanz. Denn auch 2020 ist der Gebäudesektor wieder für etwa 38% der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich, dies zeigen die Zahlen im aktuellen Bericht „2020 Global Status Report For Buildings And Construction“. Zwar entfällt ein Großteil (etwa 28%) auf die Nutzungsperiode und damit auf ein durch die Geotechnik wenig beeinflussbaren Bereich, jedoch beträgt der Anteil für die Herstellung von Baustoffen



Testaufbau zur Erfassung von Oberflächenverformungen nach Verdichtung durch einen Scanner

und die Errichtung von Gebäuden und Infrastruktur rund 10%. Während sich Hochbau und Architektur schon länger mit Nachhaltigkeitsaspekten auseinandersetzen, scheint das Bewusstsein im Tiefbau erst in der Entwicklung.

Nachhaltigkeit – geschichtliche Entwicklung und Reichweite in die Gesellschaft

Der sächsische Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz aus Freiberg veröffentlicht 1713 ein Werk über eine nachhaltige Forstwirtschaft in dem er vorschlägt, nur so viel Holz zu schlagen, wie durch Aufforstungsmaßnahmen wieder in den Kreislauf zurückgebracht werden kann. Nun ist dieses Prinzip vermutlich so alt wie die menschliche Kultur selbst, als Jäger und Sammler ihr Überleben nur auf diese Weise sichern konnten. Jedoch gelang von Carlowitz erstmals eine direkte Verknüpfung von ökologischen mit ökonomischen Aspekten. Seine Erkenntnisse wurden spätestens mit Beginn der industriellen Revolution auf eine harte Probe gestellt. Erstmals in der Geschichte wurden ab der zweiten Hälfte des 18. Jh. Fertigungsprozesse im großen Maß von einer bedarfsorientierten auf eine Massenproduktion umgestellt. Möglich wurde das durch die zunehmende Mechanisierung. Der dafür stark steigende Energiebedarf verschlang bis ins 19. Jh. weite Teile der natürlichen Bewaldung. Eine längerfristige Entlastung der Wälder wurde erst durch die in größeren Mengen verfügbare Kohle erreicht. Ein teurer Tausch, denn mit der zunehmend von fossilen Brennstoffen geprägten Produktion in Fabriken kam es zu immer größeren Umweltproblemen. Ohne regulierende Gesetze waren giftigen Rauchschwaden, Abfällen und der Verschmutzung von Gewässern keine Grenzen gesetzt. Bedenken von Bürgerinnen und Bürgern mündeten in der Gründung erster Umweltorganisationen wie der „Royal Society for the Protection of Birds“ (1889). Erste „Umwelt“-gesetze wie der „Clean Air Act“ von 1956 waren noch wenig wirkungsvoll. Erst durch das Buch „Silent Spring“ von Rachel Carson 1962, das die Gefahr von Pestiziden thematisiert, vergrößerte sich das Umweltbewusstsein in der Bevölkerung. Mit dem „National Environmental Policy Act“ (1970) bringen die USA auf öffentlichen Druck hin die weltweit erste Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung auf den Weg. In Deutschland sollte es bis zur Einführung der UVP allerdings noch bis 1988 dauern. Früher trat mit dem Abfallbeseitigungsgesetz (1972) ein Vorläufer des heutigen Kreislaufwirtschaftsgesetzes in Kraft, welches heute nur einen Teil des umweltrechtlichen Handlungsrahmens bildet. Der Nachhaltigkeitsbegriff aus der Forstwirtschaft hat sich über Jahre zu einer Wissenschaft und einem fundamentalen Prinzip wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Handelns entwickelt.



*Geotechnische Feld-
erkundung im Rahmen
der Masterausbildung bei
Vertiefung „Geotechnik“*

2020 arbeiteten in der G² Gruppe Geotechnik:

Leitung und Organisation: Prof. Dr.-Ing. Ralf Thiele, M.Sc. Bénédicct Löwe, Jana Gentéle

Verdichtung: M.Eng. Alexander Knut, B.Eng. Ansgar Oltmanns

Geophysik und Geotechnik: M.Sc. Rosa Elena Ocaña Atencio, B.Eng. Vanessa Fock

Laboruntersuchungen, Felderkundung, Werkstatt: Dipl.-Ing. Jochen Holdt,
B.Eng. Sophie Bachmann, B.Eng. Stefan Knöcher, M.Sc. Enrico Wendt, Finia Knauf, Mai Trang Le

Status quo im Tiefbau und aktuelle politische Entwicklungen

Aber wie sieht es mit dieser Nachhaltigkeit im Bauwesen und speziell im Tiefbau aus? Von den Vorstellungen einer nachhaltigen Wirtschaft nach Von Carlowitz ist der Bausektor heute weit entfernt. Die Bauindustrie ist für einen bedeutenden Teil der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich. Einer der treibenden Faktoren ist der umfängliche Einsatz von Stahlbeton. Auf das Konto der Stahl- und Zementindustrie gehen fast 75% der sektorspezifischen Emissionslast. Beton ist ein wunderbarer Baustoff und der opus caementium, der bis ins römische Reich zurückreicht, mit Sicherheit eine der tragenden Säulen unserer bautechnischen Zivilisationsgeschichte. Problematisch ist aber seine vermeintliche ökonomisch-technische Alternativlosigkeit. Der Massenanteil verwendeter Baumaterialien am umbauten Raum wird vom Statistischen Bundesamt 2019 mit 40% angegeben. Laut vdz verteilt sich der Zementverbrauch gleichmäßig auf die Bereiche Wohn-, Nichtwohn- und Tiefbau. Vor welchem globalen Skalierungsproblem wir stehen, vermittelt eine Rechnung des Aalener Architekten Werner Sobek auf dem ZEIT-Wissen Kongress 2019. Er bezieht sich auf die jedes Jahr um etwa 82 Mio. Menschen anwachsende Weltbevölkerung. Pro Sekunde muss demnach für 2,6 Menschen eine Heimat gebaut werden. Nach deutschen Standards, also einem auf die Lebenszeit bezogenem Baustoffverbrauch per capita von ca. 490 Tonnen (Wohnen, Infrastruktur, Bildung etc.) müssen pro Sekunde 1.300 Tonnen Baustoffe aus der Erde gefördert werden. Zudem sind Bauabfälle in Deutschland mit 55% mehrheitlich am 411 Mio. Tonnen schweren Gesamtabfallaufkommen beteiligt und trotz hoher Verwertungsquoten haben 60% der auf Deponien abgelagerte Abfälle ihren Ursprung auf Baustellen. Doch auch die Verwertungswege müssen hinterfragt werden. Der Einsatz von gebrochenen Betonrecycling in Tragschichten ist sicher eine gute Weiterverwendung, aber eben keine Wiederverwendung im Sinne eines Kreislaufes, denn eine direkte Substitution der Ausgangsbaustoffe, insbesondere Zement, wird dadurch nicht erreicht. Auch in einer der führenden Kreislaufwirtschaften adressieren Recyclingbaustoffe noch selten in Richtung der Rückgewinnung sekundärer Rohstoffe. Daran wird auch die noch in aller Eile verabschiedete Mantelverordnung wenig ändern. D. h. ohne wirkungsvolle Lösungen für die Herstellung und die Wiederverwendung von Baustoffen werden sich die klimapolitischen Ziele sicher nicht erreichen lassen.

Allerdings kommt etwas Bewegung in die Sache. Die jüngste Novellierung des KrWG entwickelt die Nachhaltigkeitsprüfung für Baustoffe zu einer Bevorzugungspflicht fort. Im Ressourceneffizienzprogramm Pro-

gress III ist der Einsatz von Bauprodukten aus nachwachsenden Rohstoffen und mit günstiger CO₂-Bilanz zudem längst als integraler Bestandteil der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie ausgewiesen. Zukünftig sollen sich auch Ausschreibungsverfahren und Förderungen stärker am Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) des Bundes orientieren. Hier lohnt auch ein Blick in die politische Zukunft. Längst sind Nachhaltigkeitsfragen im Bauwesen parteipolitischer Mainstream und auch abseits grüner Politik verkünden politisch etablierte Parteien in ihren Programmen Holzbauoffensiven und kreislaufgerechtes Bauen.



Einaxialer Druckversuch an einer bindemittelstabilisierten Bodenprobe

Es müssen
pro Sekunde
1300 Tonnen
Baustoffe aus
der Erde
gefördert werden

*Geotechnische Dienstleistung
unter erschwerten Bedingungen*



Zukünftige geotechnische Probleme und Handlungsperspektiven

Was bedeutet das jetzt für unsere Arbeit? Es stellen sich Fragen, die viel Raum für Forschungs- und Entwicklungsleistungen bieten, wenn nicht sogar gebieten. Wo fallen vermeidbare Emissionen und Abfälle an? Wie lassen sich diese bewerten und bestmöglich reduzieren? Längst haben sich Rezyklate und nachwachsende Baustoffe im Hochbau etabliert. Welche neuen oder modifizierten Baustoffe können in der Geotechnik verwendet werden? Alternativen werden dringend benötigt, denn auch die Verlagerung der primären Ressourcenströme in Richtung aufstrebender Volkswirtschaften wird die ökonomische Gemengelage der Bauindustrie nicht unbedingt entspannen. Die Liste ließe sich beliebig erweitern. Fest steht, das Bauwesen blickt gewaltigen Herausforderungen entgegen. Dabei existieren bereits Konzepte, die einen Weg in eine grünere Welt vorzeichnen. Da ist eine branchenübergreifend mit großen Schritten voranschreitende Digitalisierung, die mit KI und BIM mehr Ressourceneffizienz verspricht. Die Energiewende – mit deren grünen Energieträgern sich die Baustoffe zukünftig nahezu CO₂-neutral produzieren lassen oder Bautechniken wie Carbonbeton und der wiederentdeckte Holzbau, welche das Potential besitzen, die Philosophie des Bauens zu revolutionieren. Allerdings ist trotz erfolgversprechender Vorzeichen Vorsicht geboten. Denn es wäre nicht das erste Mal, dass Effizienz mit Produktivität verwechselt wird. Innovation ist nicht gleich Fortschritt. Daher sollten bautechnische Lösungen auch immer auf ihre globale Skalierbarkeit untersucht werden. Der Wald, aus dem die hölzerne Stadt von morgen entstehen könnte, müsste im Sinne eines von Carlowitz bereits lange gepflanzt sein. Wichtig ist auch, dass die Nutzung erneuerbarer Energieträger dabei nicht als Feigenblatt zur freimütigen Ausbeutung endlicher Ressourcen missbraucht wird.

Abschließend lässt sich sagen, ein Mangel an Aufgaben besteht in Zukunft wohl kaum. Wichtig ist es, die Vorzeichen richtig zu deuten. Wir als Gruppe Geotechnik arbeiten und forschen für eine nachhaltige Geotechnik. Dazu laden wir Sie als Unternehmen und auch alle Studierenden ganz herzlich ein. Gerade im Tiefbau liegt noch ein enormes Potential. Gemeinsam haben wir durch Forschung, Abschluss- und Studierarbeiten die Möglichkeit, nachhaltige Konzepte zu erarbeiten. Der Wandel hin zum kreislaufgerechten Bauen steht vor der Tür. Vorzeichen dafür finden sich reichlich. Mit der CO₂-Steuer und dem European Green Deal sein hier nur zwei genannt. Wenn der Wandel eintritt, dann geht es häufig schneller als erwartet, wie sich aktuell gut im Bereich der Elektromobilität beobachten lässt. Deshalb gilt, wer morgen den Plan in der Tasche hat, ist übermorgen vielleicht schon Weltmeister.

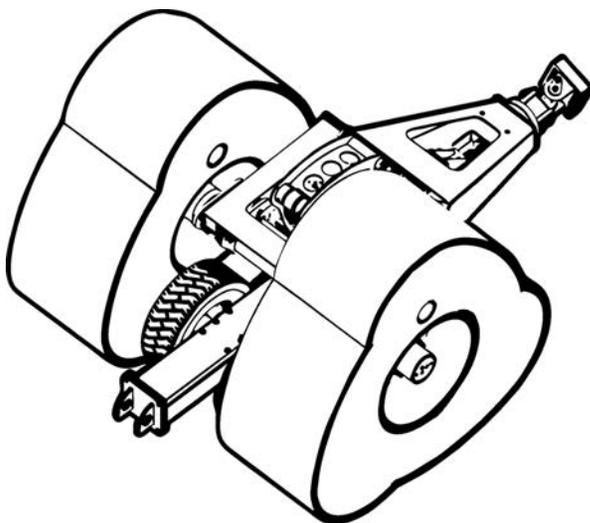
Unsere Forschungsthemen

Forschungsbereich Verdichtung

Die experimentelle Forschung zur impulsartigen Verdichtung hat sich in den zurückliegenden Jahren zu einer Kernkompetenz der G² Gruppe Geotechnik entwickelt. Mehrere Forschungsvorhaben, drei Promotionen und eine Vielzahl studentischer Arbeiten sind Ergebnis der Arbeit auf diesem Themenfeld. Ganz speziell beschäftigen wir uns aktuell noch bis 2023 mit dem System der Rolling Dynamic Compaction (folgend RDC) im Rahmen eines vom BMBF geförderten Forschungsprojekts.

Bei der RDC wird eine unrunde Walze von einem Zuggerät über die zu verdichtende Fläche gezogen. Dabei schlägt die Walze geometrisch bedingt immer wieder auf den Boden und verdichtet diesen bis zu einer Tiefe von vier Metern. Bisher wird die Technologie in Australien und Südafrika erfolgreich bei der Verdichtung großer Flächen angewandt. In diesen Ländern wird auch aktiv an dem System geforscht. Im deutschsprachigen Raum sind wir die einzige Arbeitsgruppe, die sich mit dieser Technologie wissenschaftlich beschäftigt. Wir wollen einen Beitrag zur weiteren Verbreitung dieser effizienten Methode leisten und zeigen, dass diese vor allem für die Rekultivierung nicht nutzbarer Tagebaufolgelandschaften geeignet ist.

Um die Akzeptanz und Verbreitung zu steigern muss aufgezeigt werden, welche Stellschrauben die Wirkungsweise dieser Methode beeinflussen. Aus unserer Erfahrung auf dem Themenfeld der Fallgewichtsverdichtung wissen wir, dass impulsartig wirkende Verdichtungstechnologien maßgeblich durch die eingebrachte kinetische Energie und eben den Impuls charakterisiert werden. Eine genaue Abschätzung dieser Erhaltungsgrößen ist also entscheidend für ein richtiges Systemverständnis. Die kommerziellen Anbieter dieser Technologie geben eine Verdichtungsenergie zur Charakterisierung an. Mit der Berechnung dieser Verdichtungsenergie waren wir unzufrieden, da vor allem, die Fahrgeschwindigkeit des Zuggeräts nicht beachtet wird. Allerdings ist diese eine wesentliche Stellschraube des Verdichtungsprozesses. Unter anderem deshalb haben wir im Jahr 2020 eine verbesserte Berechnungsmöglichkeit zur Abschätzung der Verdichtungsenergie und auch des Impulses entwickelt. Aufgrund der unrunder Geometrie der Bandage hebt und senkt sich dessen Achse während des Rollens. Bisher wird angenommen, dass die potentielle Energie aus maximaler Hubhöhe der Bandage und deren Masse die Verdichtungsenergie bestimmt.



Typisches dreiseitiges RDC-System der Firma Gyropac; bearbeitet aus www.gyropac.com/home



RDC-System im Einsatz

Im deutschsprachigen Raum sind wir die einzige Arbeitsgruppe, die sich mit dieser Technologie wissenschaftlich beschäftigt.

Labor-Versuchsstand für RDC-Untersuchungen als Schnittmodell



Um nun diesen einfachen Ansatz zu erweitern, muss die Kinematik dieser Systeme besser beschrieben werden. Dazu haben wir exemplarisch eine dreiseitige Bandage in einer kommerziellen CAD-Software nachempfunden und anschließend die Außenkontur der Bandage – die Bahnkurve – exportiert. Diese Bahnkurve nutzen wir anschließend, um den Berührungspunkt der Bandage mit einem ideal ebenen, unendlich starren Untergrund für eine komplette Umdrehung der Bandage zu berechnen.

Aktuell nehmen wir an, dass die Winkelgeschwindigkeit der Bandage für eine Umdrehung konstant ist. Die Winkelgeschwindigkeit ist dann abhängig von der Fahrgeschwindigkeit des Zuggerätes. Mit unserer Methode sind wir in der Lage, die theoretisch mögliche kinetische Energie und den Impuls für eine beliebige Geometrie in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit zu berechnen. Unsere Ergebnisse stellen wir im laufenden Jahr national und international zur Diskussion.

Um unsere Ergebnisse zu qualifizieren und zu validieren, benutzen wir experimentelle Methoden und numerische Werkzeuge. So haben wir unseren Versuchstand, in dem wir im Erdschwerefeld skalierte Modellversuche auf trockenem Sand ausführen können, um einen Linearantrieb mit integrierter Steuerung erweitert. Unser Versuchstand ist nun in der Lage fahrende Systeme mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1 m/s zu untersuchen. Das Bo-

denverhalten wird mit einer Hochgeschwindigkeitskamera und das Bewegungsverhalten des Verdichtungsgeräts mit Beschleunigungssensoren erfasst. Experimentelle Studien in diesem Aufbau werden wir im laufenden Jahr durchführen und können an dieser Stelle im kommenden Jahr interessante Ergebnisse präsentieren.

Auf dem Bereich der Numerik haben wir einen Kontakt zu Prof. Arroyo und Prof. Gens nach Barcelona etabliert und arbeiten neben der konventioneller FEM nun auch mit PFEM - eine Methode, die besondere numerische Stabilität bei großer Netzdeformation zeigt. Als erstes Ergebnis konnten wir das hypoplastische Stoffgesetz mit der Erweiterung um intergranulare Dehnung in diese Umgebung implementieren und arbeiten hier aktuell an ihrer Validierung.

Zurzeit entwickeln wir ein Versuchskonzept für einen Feldversuch mit dem System Rolling Dynamic Compaction. Dazu konnten wir Prof. Dietmar Adam von der TU Wien als fachliche Unterstützung gewinnen und arbeiten unser Konzept weiter aus. Nachdem die Kinematik des RDC Systems durch unseren Ansatz nunmehr besser verstanden wird, werden wir in den kommenden beiden Projektjahren den Fokus auf die Optimierung der Methode und die Erarbeitung eines Prozessbegleitenden Verdichtungsnachweis legen.

Neue Wege: Bodenmechanik digital

Präsenzlehre mit mehr als 150 Studierenden war für die Bodenmechanik im Wintersemester pandemiebedingt nicht denkbar. Eine digitale Neugestaltung der Lehre musste entwickelt werden, dies betraf sowohl Vorlesungen und Übungen, als auch das bodenmechanische Praktikum und die abschließende Prüfung. Um den Studenten auch weiterhin die Inhalte der Bodenmechanik näherzubringen, wurde auf eine Kombination aus digitalen Vorlesungen und Übungen in einem BigBlueButton – Raum sowie ein größtenteils autodidaktisch durchgeführtes bodenmechanisches Praktikum zurückgegriffen. Die Lehrveranstaltungen rund um Bodeneigenschaften, Setzung und Erddruckberechnungen liefen somit digital ohne signifikante Einschränkungen weiter. Das bodenmechanische Praktikum, welches üblicherweise in Kleingruppen mit max. fünf Studierenden pro Arbeitsplatz stattfindet und bei denen man sich dann auch wirklich die Hände schmutzig machen muss, ließ sich dagegen nur schwer digital realisieren. Auf den direkten Kontakt von Studierenden mit dem Baustoff Boden musste in diesem Jahr komplett verzichtet werden. Somit musste ein alternatives Format geschaffen werden. Die Lösung waren selbst konzipierte, erstellte und kommentierte Lehrvideos zu den einzelnen bodenmechanischen Versuchen. Den Studierenden wurden dabei Ziel und Zweck sowie Ablauf und Auswertung aufgezeigt. Diese Lehrvideos waren auf der Lehrplattform der HTWK jederzeit abrufbar. Anschließend mussten die Studierenden „Ihre“ Laborergebnisse protokollarisch dokumentieren und auswerten. Dazu erhielten Sie individualisierte fiktive Laborergebnisse und Protokollvorlagen. Die Prüfung erfolgte als digitale Hausarbeit – dabei erhielten die Studierenden aus einem riesigen Fragenpool auf einer Prüfungsplattform per Zufallsgenerator Ihre Prüfung. Innerhalb eines zur Verfügung stehenden Zeitfensters mussten die Lösungen wieder hochgeladen werden. Unter diesen besonderen Umständen konnte dank der umfangreichen Unterstützung durch Frau Bachmann (Laborvideos, digitale Prüfung) und des Lehrbeauftragten Herrn Dr. Hinz (digitale Seminare) wesentliche Lehrinhalte der Bodenmechanik vermittelt werden. Synchrone und asynchrone digitale Formate werden zukünftig das Lehrangebot erweitern, aber Präsenz bei Seminaren, Übungen und Praktika sind auch perspektivisch für die Wissensvermittlung unverzichtbar.



Titelbild der Lehrvideos „Proctorversuch“

Streiflichter

In der G² Gruppe Geotechnik waren im Jahre 2020 insgesamt 12 Personen aus den drei Fakultäten Bauwesen, Ingenieurwesen sowie Informatik und Medien in 3 Forschungsprojekten mit dem Schwerpunkt Bodenverdichtung tätig. Der Mittelbedarf im Jahr 2020 betrug 432 T€, über 75 % davon konnte über Forschungsmittel eingeworben werden, die restliche Mittel wurden durch Dienstleistungen erwirtschaftet oder über Haushalts- und Sondermittel der HTWK Leipzig bereitgestellt.



Seit diesem Jahr haben wir für unsere Felderkundungen im Rahmen von Forschungs- und Erkundungsleistungen eine Sondierdraupe für Bohr- und Rammsondierungen, die wir mit Transporter und Anhänger zum Baufeld fahren.

Unsere Sondierdraupe auf dem neuen Anhänger

In der kurzen möglichen Präsenzphase im Sommersemester haben wir wieder das Projekt Geotechnik durchgeführt. Dabei erstellen Masterstudierende in kleinen Arbeitsgruppen für ein tatsächliches Bauvorhaben ein Baugrundgutachten. Nach Baugrunderkundung und Labor sowie statischen Berechnungen werden die erarbeiteten Gründungslösungen in einer Verteidigung vorgestellt.



Masterstudierende bei der Bodenansprache im Projekt Geotechnik

Öffentlichkeitsarbeit

Veröffentlichungen, Tagungen, Exkursionen, Sondervorlesungen, Arbeitsgruppen

Veröffentlichungen

A. KNUT, R. THIELE, R. E. OCAÑA ATENCIO, Z. HARSÁNYI, A. OLTMANN: Effizienz von Walzenverdichtern mit unrunder Bandagengeometrie, Leipziger Kolloquium "Forschung in der Geotechnik"; (Sandig ed.), Leipzig, 16. 04. 2020

B. LÖWE, H. BUSSE, F. SANDIG: Nichtinvasive Untersuchungen zur Erkundung und Sicherung deformationsanfälliger Geozonen, In: Leipziger Kolloquium "Forschung in der Geotechnik" (Sandig ed.), Leipzig, 16. 04. 2020



Tagungen/Veranstaltungen/Ausstellungen/ Projekte

16. Erdbaufachtagung „Sicherungen und Stabilisierungen im Erd- und Grundbau“ (Leitung Bauakademie Sachsen unter Beteiligung der HTWK Leipzig), H4 Hotel Leipzig, 05. – 06. 03. 2020

7. Geotechnikseminar an der HTWK Leipzig, Wintersemester 19/20

8. Geotechnikseminar an der HTWK Leipzig, Sommersemester 20 – coronabedingt nicht geplant

9. Geotechnikseminar an der HTWK Leipzig, Wintersemester 20/21 – geplant und coronabedingt abgesagt/verschoben

Tag der offenen Hochschultür, HTWK Leipzig, 10. 01. 2020, Infostand mit Experimenten

Einladungsflyer Erdbaufachtagung

Exkursionen

Exkursion im Rahmen des Masterfaches „geotechnische und geodätische Bauwerksüberwachung“ mit Einweisung in die messtechnische Überwachung an der A72 durch CDM-Smith Leipzig und LASuV, 14.01.2020

Mitarbeit in Arbeitsgruppen

Arbeitskreis 2.8 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik – Stabilisierungssäulen, Unterausschuss 0 (Prof. R. Thiele)

Arbeitsgruppe Deputatsminderung an der HTWK Leipzig (Prof. R. Thiele)

Arbeitsgruppe Drittmittel und Transfer an der HTWK Leipzig (Prof. R. Thiele)

Wissenschaftlicher Beirat Graduiertenzentrum der HTWK Leipzig GradZ (Dr. F. Sandig)



Exkursion unter Leitung von Herrn Quilisch (CDM-Smith) zur Autobahnbaustelle A72 südlich von Leipzig

»Geomesstechnik in der Praxisanwendung zu sehen, ergänzt gut Vorlesung und Laborübungen und macht die Baustellenanforderungen eindrucksvoll deutlich«

B.Eng. Lukas Wasner



Auditorium beim 7. Geotechnikseminar an der HTWK

Graduierungsarbeiten

Fachliche Betreuung durch G² Gruppe Geotechnik und GEONETIC

Bachelorarbeiten

Sophie Bachmann: „Vergleichende Untersuchungen von direkten und indirekten Methoden zur Bestimmung der Durchlässigkeit im Feld und Labor an nichtbindigen Böden“

Jonte Disselhoff: „Verdichtungskontrolle mit verfahrensintegrierten Systemen – Ein Beitrag zur Praxisanwendung der FDVK auf Baustellen“

Tim Bott: „Geotechnische Ursachensuche für Rissbildungen an der Kirche Zschortau“

Lorenz Randig: „Nachhaltige Bodenverbesserung und Bodengründung“

Diplomarbeiten

Sebastian Thaler: „Wirtschaftlich-technische Betrachtung einer Baugrube in München, mit verschiedenen Sicherungskonstruktionen“

Michael Kodym: „Variantenstudium von Oberleitungsmastfundierungen auf der Mariazellerbahn in Niederösterreich“

Masterarbeiten

Thomas Weikum: „Optimierung von Stoffkreisläufen aus baupraktischer Sicht – Analyse von Bedarfsfeldern und Entwicklungsoptionen für die Geotechnik“

Lukas Wasner: „Zur Kontraktanz und Dilatanz granularer Materialien unter transientser Belastung“

Aurélien Mack: „Untersuchungen zur Ableitung der äußeren Tragfähigkeit und Widerstand-Setzungsverhalten von CMC[®]-Säulen aus Baugrundversuchen in bindigen Böden“

Antje Schober: „Untersuchung des Last-Verformungs-Verhaltens verbesserter Kippenmischböden im Gründungsbereich von Brückenwiderlagern der BAB 72, Abschnitt 5.2, während der Vorbelastung mit Betonfertigteilen“

Axel Grauwinkel: „Erfassung und Bestimmung von bodenmechanischen Parametern für geotechnische Risiken von Kippenböden zur weiteren Modellierung“

Susann Roßberg: „Relevanz von Walzenverdichtern mit unrunder Bandagen-geometrie für die Rekultivierung von Kippenflächen“

Saleh Al-Saadi: „Verflüssigungsbewertung von Lockergesteinen anhand von statischen Triaxialversuchen“



Bakterium »Sporosarcina pasteurii« als Bestandteil der Biozementierung
B.Eng. Lorenz Randig

Leistungsumfang

Leistungserbringung durch G² Gruppe Geotechnik und GEONETIC

Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen

- geotechnische Modellversuche zu statischen und dynamischen Bodeneinwirkungen in unterschiedlichen Maßstäben incl. Auswertung der Baugrundverformungen durch Hochgeschwindigkeitskamera (PIV-Analyse)
- Materialuntersuchungen und Materialweiterentwicklungen
- Berechnung von statischen/dynamischen Bodeneinwirkungen mit dem FEM – Programmpaket Abaqus
- Konzeption, Durchführung und Auswertung von Probefeldern, Modellversuchen, 1:1-Testserien
- Beratung, Planung und Erarbeitung von gemeinsamen Forschungsanträgen, Forschungsdienstleistung
- bodenmechanische Standard- und Spezialversuche sowie Felderkundungen, Bohr-/Rammkernsondierung in Verbindung mit wissenschaftlichen Fragestellungen

Bodenmechanische und geotechnische Laborausrüstungen

- Sieb- und Schlämmanlagen, Kapillarpyknometer, Fließ- und Ausrollgrenzengeräte
- Proctorgeräte, Trockenöfen, Glühöfen, CBR-Anlage, Punktlastgerät, hydraulisches Probenauspressgerät
- Zwangsmischer und diverse Spezialgeräte zur Bewertung bindemittelverbesserter Böden
- geotechnische Modellversuchsanlage Größe S (indoor) und Größe M (outdoor)
- Hochgeschwindigkeitskamera (bis 3.000 Bilder/sec.) und PIV-Analyse von Bodenverformungen an den Modellversuchsanlagen
- geotechnische Freiversuchsfläche mit 10m * 4m * 2,5m Bodenvolumen
- Wasserdurchlässigkeitsprüfgeräte, Luftdurchlässigkeitsprüfgerät

Triax-, Ödometer-, Scher- und Druckversuche erfolgen über GEONETIC



Feldmess- und Untersuchungstechnik

- statisches und dynamisches Plattendruckgerät
- Ausstechzylinder, Sand-Ersatz-Verfahren, Ballongerät, Troxlersonde
- hydraulische Rammsonde DPH, pneumatische DPL, Kernbohrgeräte, Ziehgeräte
- Hydraulik- und Elektrohammer sowie Ramm-, Rammkern- und Schlitzsonden sowie Feldflügelsonde, raupenbasiertes Erkundungsgerät GTR 790 von Geotool
- Transporter für Felduntersuchungen

Danksagung

Forschungsvorhaben

Zuwendungsgeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Projektträger:

VDI Technologiezentrum GmbH
EuroNorm GmbH
Arbeitsgemeinschaft industrieller
Forschungsvereinigungen
»Otto von Guericke« e. V.



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektbeteiligte, Mitwirkende

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

HTWK

Hochschule für Technik,
Wirtschaft und Kultur Leipzig

Forschungs- und Transferzentrum Leipzig e. V.

Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst



MENARD

Menard GmbH

CDM Smith Consult GmbH



SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft
Lauchhammer mbH



Geomation GmbH

GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH



Impressum

Herausgeber und Redaktion: G² Gruppe Geotechnik, Prof. Dr.-Ing. Ralf Thiele, HTWK Leipzig

Autoren: Prof. Dr.-Ing. Ralf Thiele, M.Sc. Bénédikt Löwe, M.Eng. Alexander Knut,
M.Sc. Rosa Elena Ocaña Atencio, B.Eng. Ansgar Oltmanns

Fotos: Prof. Dr.-Ing. Ralf Thiele, M.Eng. Alexander Knut, M.Sc. Bénédikt Löwe

Fotos S. 1, 2, 3, 10: © Max Johnson

Corporate Design: wenkerottke GmbH, Berlin

Layout und Satz: Steffi Glauche | Satz & Gestaltung, Leipzig

www.g2-gruppegeotechnik.de / info@g2-gruppegeotechnik.de / www.htwk-leipzig.de