

Basisprogramme
ENDBERICHT UND
ENDABRECHNUNG



Projekttitle:	Einflussfaktoren auf die Abrasivität von Lockergestein
Projektnummer:	832861
Firmenname:	OBV GmbH
Förderungszeitraum: (inkl. genehmigter Verlängerung)	01.05.2011 – 30.06.2012
Berichts- und Abrechnungszeitraum:	01.05.2011 – 30.06.2012
Verantwortliche Person für den fachlichen Teil	Dipl.-Ing. Petra Drucker
Verantwortliche Person für die Abrechnung	Dipl.-Ing. Michael Pauser

Kostenzusammenfassung

	Genehmigte Kosten	IST - Kosten	IST / genehmigt
Personalkosten	3.100	4.229	136%
F&E-Infrastruktur - Nutzung	0	0	-
Sach- und Materialkosten	400	0	0%
Leistungen Dritter	99.500	99.592	100%
Reisekosten	0	0	-
Patentanmeldekosten	0	0	-
Gesamt	103.000	103.821	101%

Tabellenbefüllung per Doppelclick aktivieren!

1. Arbeiten und Termine

Arbeitspaket 1:

- Abschluss der ergänzenden LCPC-Versuche,
- Ergänzende Untersuchungen der Kornformen unterschiedlicher Fraktionen des Donauschotters (mittels Elektronenrastermikroskop USTEM bzw. Petroscope, TU Graz),
- Ergebnisse CERCHAR-Versuche an der Steinfraction des Donauschotters.

Arbeitspaket 2:

- Verifizierung der Einflüsse der Geräteadaptionen auf den Drehflügelverschleiß durch Erweiterung der ergänzenden Orientierungsversuche an der Probe 400/8,
- Vergleich der Abrasivitäten Bruchkorn – Rundkorn im TU-Abrasimeter,
- Einfluss der Drehgeschwindigkeit des Flügels auf die ermittelte Abrasivität,
- Durchführung der Abrasimeterversuche zur Untersuchung des Donauschotters (Probe 400/5). Untersuchung der Einflussfaktoren
Wassergehalt,
Quarzgehalt und
Stahloberfläche des Drehflügels
auf die ermittelte Abrasivität im TU Wien – Abrasimeter.
- Ergänzende Untersuchungen der Drehflügeloberflächen mittels Elektronenrastermikroskop (USTEM, TU Wien)

Arbeitspaket 3:

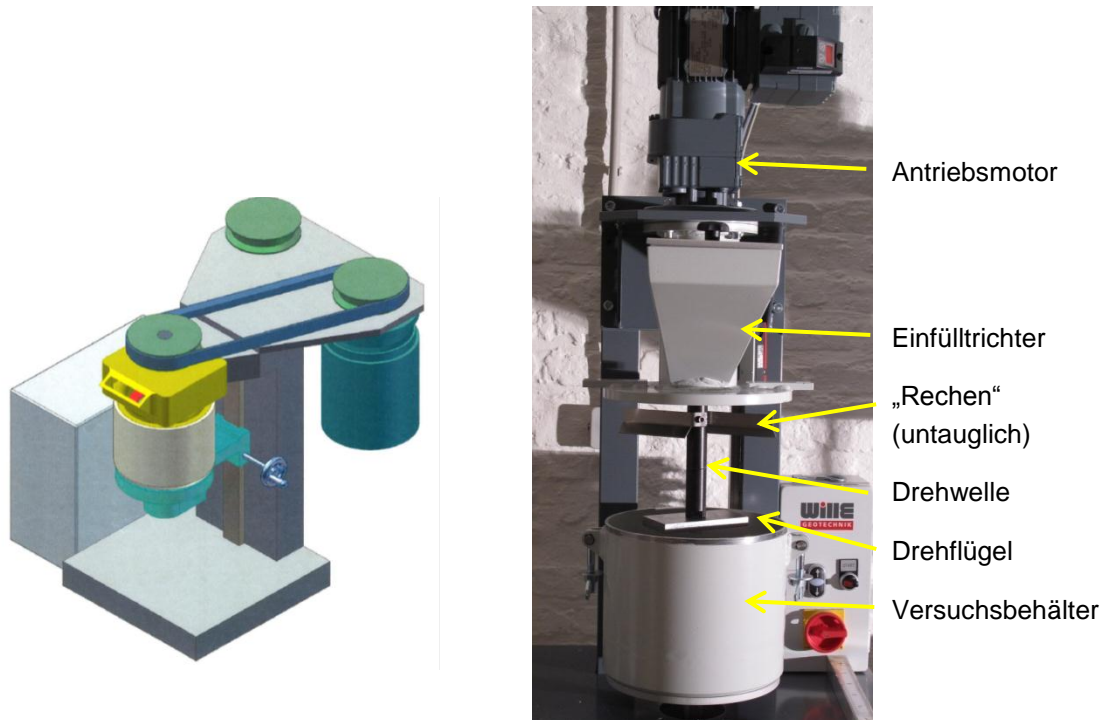
- Laufende Fortführung der Erkenntnisse über die Einflussfaktoren auf die Abrasivität von Lockergestein. Neudefinition von „Abrasivität“ im ggst. Kontext.
- Präsentation der wesentlichen Forschungsergebnisse im Rahmen einer Fachbeiratssitzung des ÖBV am 22.05.2012.
- Vorbereitung des Abschlussberichts.

2. Ergebnisse – welche Ziele/Meilensteine wurden erreicht?

Die technischen **Ziele** desgegenständlichen Forschungsprojektes wurden im Förderantrag vom März 2010 wie folgt formuliert:

1. Entwicklung eines standardisierbaren Labor-Verfahrens zur eindeutigen Quantifizierung der Abrasivität bei Lockergestein (aufbauend auf dem LCPC-Test);
2. Entwicklung von Empfehlungen bzw. Maßnahmen zur Abminderung der Verschleißwirkung von abrasivem Lockergestein an Werkzeugen des Spezialtiefbaus, auf Basis der erforschten Einflussfaktoren auf die Abrasivität von Lockergestein.

Ziel 1 wurde durch die Entwicklung des „TU Wien – Abrasimeters“ und Ausarbeitung einer standardisierbaren Versuchsprozedur, mit aussagekräftigen Ergebnissen erreicht.



Die Ausgangsidee (September 2009)

Die tatsächliche Ausführung (März 2010)

Abb. 1: Entwicklungsschritte des TU Wien – Abrasimeters: von der Idee zur Ausführung



Auflastring und externe Gewichte

Abdichtung und zentrischer Verschluss des Auflastrings

Gegenaufleger der Drehwelle am Topfboden

Abb. 2: Entwicklungsschritte des TU Wien – Abrasimeters: wesentliche Adaptionen

Das TU Wien – Abrasimeter („Wiener Topf“) wurde im Verlauf des zweijährigen Forschungsprojekts soweit ausgebaut, dass damit reproduzierbare Abrasivitätskennwerte für nichtbindige Lockergesteine mit einer maximalen Korngröße von 31,5 mm ermittelt werden können. Mit dem Gerät wurden bislang vor allem Grundlagenuntersuchungen über die Einflussfaktoren auf die Abrasivität von Lockergestein durchgeführt.

Tab. 1: Zusammenfassung der variablen und der unveränderbaren Versuchsrandbedingungen des TU Wien – Abrasimeters

Drehflügel	Abmessungen 67,5 x 135 x 13 mm Stahl C15E (1.1141), sandgestrahlt Härte i.M. 67 HRB bzw.126 HV30
Umdrehungsgeschwindigkeit	1 – 100 U/min
Versuchsbehälter	Stahlzylinder, Innendurchmesser 250 mm
Bodenprobe	5.000 – 10.000 g ± 10 g Zusätze gemäß Versuchsprogramm
Passstücke der Drehwelle	45 mm, 70 mm, 85 mm
Auflastring	5.500 g
Verschluss	2.000 g
Externe Gewichte	0 – 12.000 g

Der Versuchsablauf mit dem TU Wien – Abrasimeter lässt sich wie folgt beschreiben:

1. Vorbereitung der Bodenprobe: Nasssiebung, Abtrennung aller Anteile mit Korndurchmessern größer 31,5 mm, Trocknung. Probenmenge in der Regel 7 kg Trockenmasse.
2. Nullmessung des Gewichts des im Ultraschallbad gesäuberten und anschließend getrockneten Drehflügels (Präzisionswaage Kern 572-35).
3. Anbringen des Drehflügels an der Welle mit der gewünschten Länge (in der Regel 70 mm). Fixierung von Auflastring und Verschlusszylinder in den jeweiligen oberen Positionen.
4. Bei nassen Versuchen: Einfüllen der geforderten Wassermenge in den Versuchsbehälter.
5. Hochfahren des Versuchsbehälters und Verschluss des Deckels mithilfe der Flügelmuttern.
6. Einfüllen der Bodenprobe durch den Einfülltrichter.
7. Absenken des Auflastrings auf die Oberfläche der Probe im Topf, Öffnen der Haltefeder des Verschlusszylinders und Herabfallen desselbigen, Fixierung der externen Gewichtshalterungen und Anbringen des gewünschten Gewichts (in der Regel 2 x 3 kg).
8. Einstellung der Umdrehungszahl des Drehflügels (in der Regel 100 U/min) und Start des Versuchs mit gleichzeitigem Start der Stoppuhr zur Verifizierung der Versuchslaufzeit.
9. Während des Versuchs: wiederholte Kontrolle der Gewichtfixierungen und der Freigängigkeit des Drehflügels innerhalb der Bodenprobe.
10. Versuchsunterbrechung zu jedem gewünschten Messzeitpunkt. Anheben der externen Gewichte und des Auflastringes sowie des Verschlusszylinders. Ausbau der Bodenprobe durch Entleerung des Versuchsbehälters. Ausbau, Reinigung und Wägung des Drehflügels. Säuberung des Kunststofflagers der Drehwelle am Topfboden durch Druckluft.

11. Weiterführung des Versuchs durch Wiederholung der Schritte 3 bis 10, bis zur gewünschten Gesamtversuchsdauer. Bei nassen Versuchen ist der Feuchtigkeitsverlust der Bodenprobe infolge Verdunstung durch Zugabe einer entsprechenden Wassermenge zu kompensieren.
12. Nach Abschluss des Abrasimetersversuchs erfolgt eine neuerliche Nasssiebung (allenfalls zusätzliche Schlämmung der Feinteile) der Rückstände des Probenmaterials zur Erstellung einer Sieblinie.

Das V Versuchsergebnis ist eine Messreihe über den Gewichtsverlust des Drehflügels infolge abrasiver Beanspruchung im Verschleißtopfversuch über die Versuchslaufzeit (siehe Abb. 3).

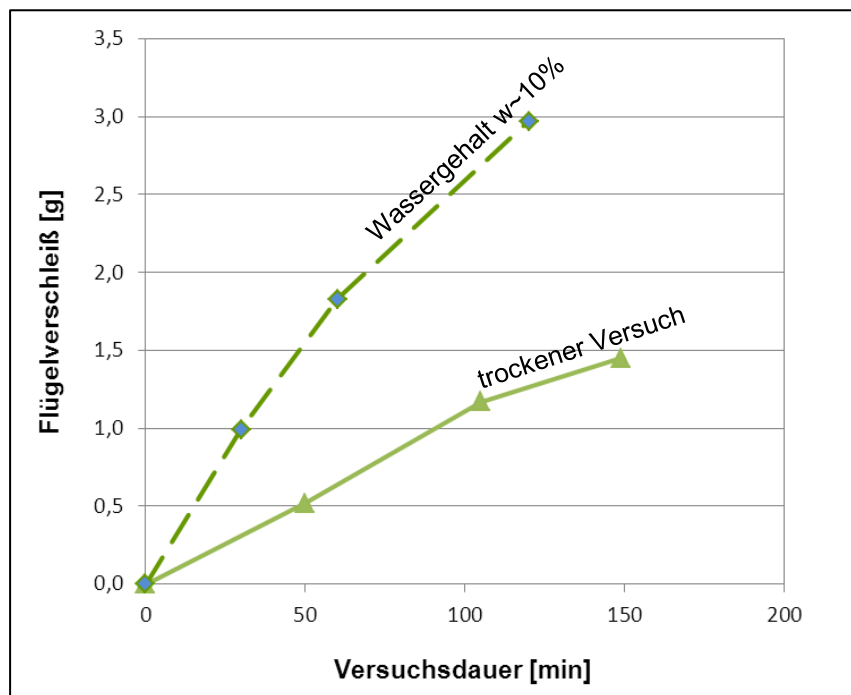


Abb. 3: Die Abrasivität von Donauschotter (0 – 31,5 mm) dargestellt als Masseverlust des Drehflügels im TU Wien – Abrasimeter.

Die zu einem bestimmten Versuchszeitpunkt gemessene Flügelverschleißmasse (z.B. nach einer Stunde: W_1 [g]) kann direkt als Kennwert für die Abrasivität der Bodenprobe herangezogen werden. Es muss jedoch immer angegeben werden, ob es sich bei dem angegebenen Wert um eine nasse oder um eine trockene Versuchsdurchführung gehandelt hat. Weitere Abrasivitätskennwerte, die sich aus den gemessenen Drehflügelgewichten ableiten lassen, sind derzeit noch im Diskussionsstadium.

Die Verschleißgeschwindigkeit v_w [mg/min] erscheint jedenfalls als aussagekräftig, da dieser Wert über mehrere Messpunkte gemittelt werden kann. Dabei ist jedoch zu beachten, dass gleichzeitig mit dem Verschleiß des Drehflügels auch eine Degradation (Verfeinerung) der Bodenprobe infolge der Versuchsdurchführung eintritt, die in der Regel dazu führt, dass die Verschleißgeschwindigkeit mit zunehmender Versuchsdauer (z. T. auch sehr stark) abnimmt.

Die Versuchsauswertung umfasst daher auch immer eine Gegenüberstellung der Kornverteilungslinien der Bodenprobe vor und nach dem Abrasimeterversuch (siehe Abb. 4) und die Ermittlung des sog. Verfeinerungsgrades, als Differenz der Flächen überhalb der Kornverteilungslinien des Ausgangsmaterials bzw. des Versuchsrückstandes.

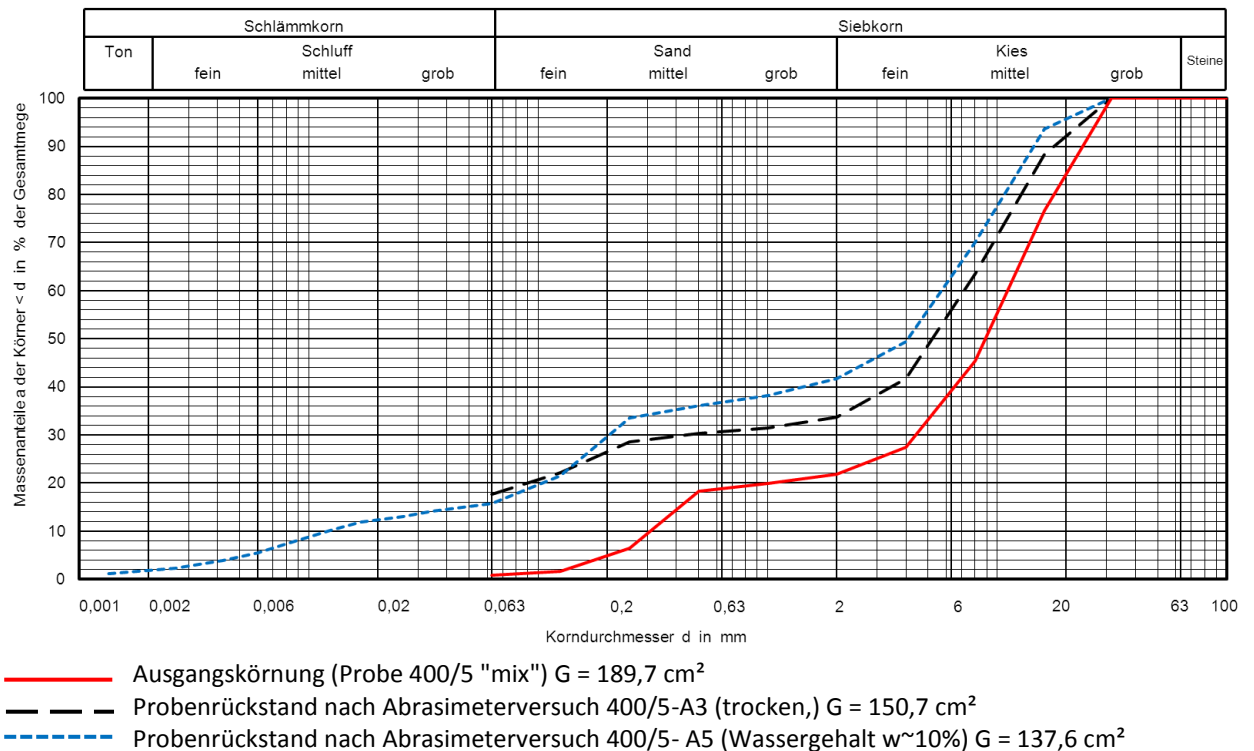


Abb. 4: Darstellung der Kornverteilungslinien vor und nach Abrasimeterversuchen an Donauschotter ($\leq 31,5$ mm).

Als Ergebnis der Projektpräsentation und Fachbeiratssitzung des ÖBV am 22.05.2012 wurde beschlossen, dass mit Herbst 2012 ein Arbeitsausschuss, unter der Leitung von Frau Dipl.-Ing. Drucker, mit der **Ausarbeitung einer Richtlinie** (Arbeitstitel „Bestimmung der Abrasivität mit dem Wiener Topf“) betraut wird. Aus heutiger Sicht wird es Aufgabe dieses Arbeitsausschusses sein, wesentliche Rahmenbedingungen die das TU Wien – Abrasimeter (noch) variabel lässt (siehe dazu auch Tab. 1) einvernehmlich zu fixieren und somit dem Versuch einer breiten Akzeptanz unter den Nutznießern (Auftraggeber und Ausfühler von Spezialtiefbauprojekten) zugänglich zu machen.

Der enorme Erkenntnisgewinn über die Einflussfaktoren auf die Abrasivität von Lockergestein, der im Zuge der Projektbearbeitung eingetreten ist, führt dazu, dass auch **Ziel 2** überwiegend als erreicht angesehen werden kann. Die Ausarbeitung und Veröffentlichung eines Maßnahmenkataloges wird in den kommenden Monaten erfolgen.

Tabelle 2 fasst die untersuchten und aufgezeigten Einflüsse auf die Abrasivität von Lockergestein zusammen. In den Abrasimeterversuchen mit dem „Wiener Topf“ zeigte sich jedoch auch deutlich, dass die Stahlsorte, die Härte und Oberflächenbeschaffenheit des Drehflügels oft deutlich mehr Einfluss auf dessen Verschleiß ausübt als die Einflussfaktoren des Abrasivguts.

Tab. 2: Einflussfaktoren auf die Abrasivität von Lockergestein

Einflussfaktor Abrasivgut	Einflussnahme auf die Abrasivität
Korngröße	lineare Zunahme der Abrasivität mit steigender Korngröße, abh. von den Größenverhältnissen der Versuchsanlage
Wassergehalt	Erhöhung der Abrasivität auf das 2 bis 3fache, Einflussgröße abhängig vom Korndurchmesser. Existenz eines Abrasivitätsmaximums bei weitgestuften Korngemischen nicht gesichert.
Kornform (Scharfkantigkeit)	Erhöhung der Abrasivität infolge Bruchkantigkeit abhängig von Korngröße und Wassergehalt
Anpressdruck	Erhöhung der Abrasivität infolge Steigerung der Auflast abhängig von Probemasse und von Korngröße

Eine Gegenüberstellung des Verschleißverhaltens von Drehflügeln gleicher Stahlart (C15E), einerseits mit einer herstellungsbedingten Zunderschicht, andererseits mit sandgestrahlter (entzunderter) Oberfläche, ergab beispielsweise, dass die sandgestrahlten Flügel zwar geringere Verschleißbeträge aufwiesen, diese sich jedoch unter Verwendung von nassem Abrasivgut ($w \sim 10\%$) verdreifachten. Die Drehflügel mit Zunderschicht hatten im trockenen Versuch bereits mehr als dreimal so großen Verschleiß als die sandgestrahlten Flügel, jedoch vergrößerte sich der Verschleiß in der nassen Bodenprobe „nur“ auf das 1,7-fache des trockenen Versuchs (siehe Abb. 5).

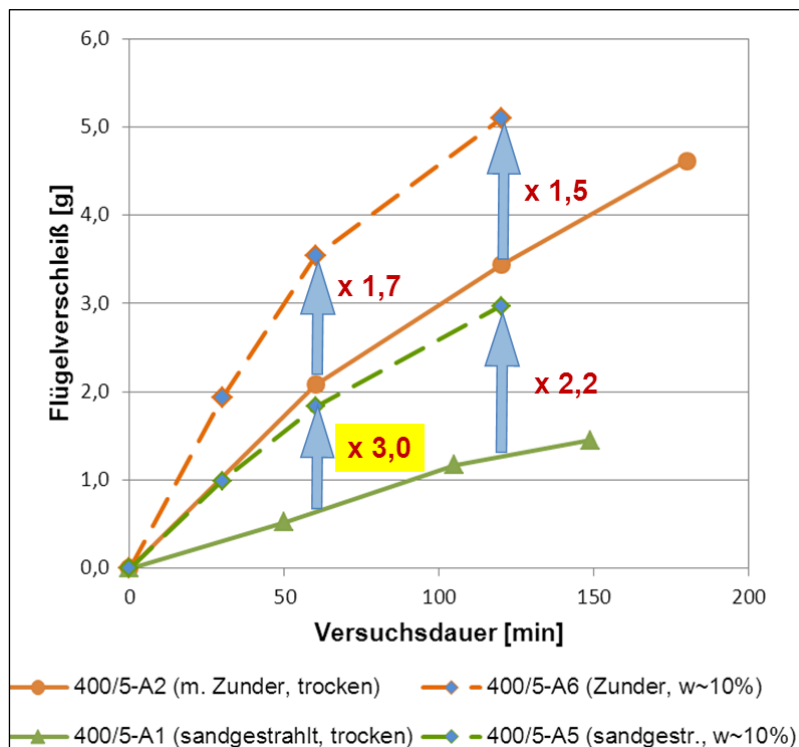


Abb. 5: Darstellung des Einflusses von nassem Boden ($w \sim 10\%$) auf den Verschleiß von Drehflügeln gleicher Stahlqualität jedoch unterschiedlicher Oberflächenbehandlungen im TU Wien – Abrasimeter.

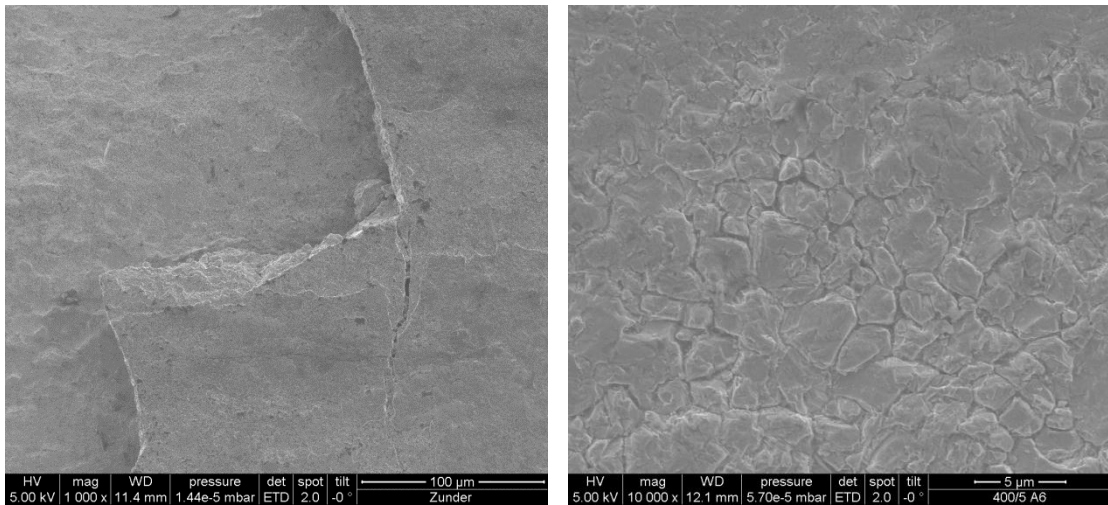


Abb. 6: Erklärung für den hohen Verschleiß an Drehflügeln mit Zunderschicht: die spröde Deckschicht (links: Zunderschicht vor dem Versuch) schuppt durch abrasive Beanspruchung leicht ab (rechts: Zunderreste nach dem Versuch) [Fotos: USTEM TU Wien, 2012].

Die Einflüsse aus dem Beanspruchungskollektiv (Tiefbauverfahren, Bohrdurchmesser, Werkzeugbestückung, Anpressdruck, etc.) und die Werkstoffeinflüsse des eingesetzten Werkzeuges auf den Werkzeugverschleiß in der Praxis müssen daher unter Umständen deutlich stärker gewichtet werden, als die gegen vorhandene Abrasivität des Bodens.

Aus diesem Grund ist eine sorgfältige Trennung der Begriffe „Abrasivität“ (kann als Verschleiß eines Standardkörpers unter standardisierten Versuchsbedingungen gemessen werden) und „Verschleiß“ von Werkzeugen in der Baupraxis wichtig!

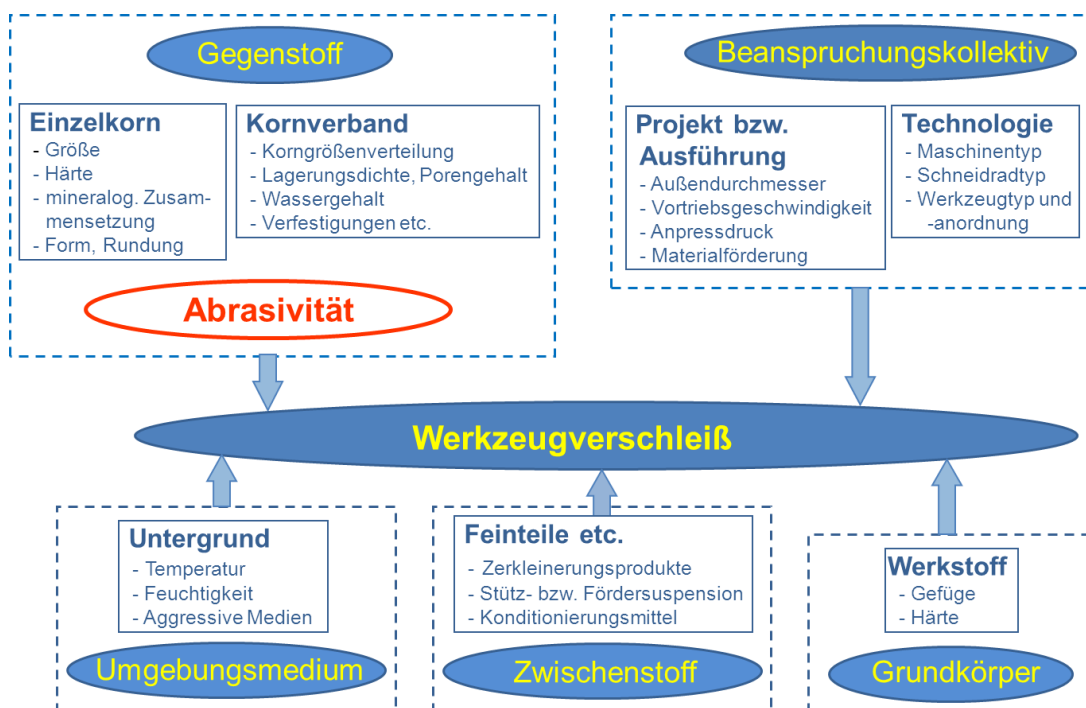


Abb. 7: Tribologisches System „maschinelles Schildvortrieb“ [Drucker, 2011 – in Anlehnung an Heinrich, 1995].

3. Schwierigkeiten – welche Ziele/Meilensteine wurden nicht erreicht?

Im letzten Halbjahr des Forschungsprojekts, nachdem das Abrasimeter wieder vollständig einsatzbereit war, ergaben sich weitere wichtige Erkenntnisse über die Einflussfaktoren auf den Verschleiß des Drehflügels im Abrasimeterversuch, die zum Teil auch überraschend waren. Dies führte dazu, dass das Versuchskonzept mehrfach umgeändert und angepasst werden musste und schließlich – entgegen der ursprünglichen Projektplanung – noch bis zum Ende der Projektlaufzeit Abrasimeterversuche durchgeführt werden. Darüber hinaus ergaben sich auch zusätzliche Fragestellungen, die näher untersucht werden mussten, z.B. der Einfluss der Flügeloberfläche auf den Flügelverschleiß mittels Rasterelektronenmikroskopie.

Der Versuchsumfang am Donauschotter konnte im Großen und Ganzen abgearbeitet werden, was bis zu Letzt aufgeschoben und dann nicht mehr realisiert wurde, waren die vergleichenden Abrasimeterversuche mit Bodenproben anderer Herkunftsgebiete. Alternativ wurden Abrasimeterversuche mit reiner Quarzkornmischung (Donauschotter handverlesen) bzw. mit der Restfraktion durchgeführt, wovon man sich eine größere Aussagekraft im Vergleich zum Donauschotter erwartet.

Ebenfalls aus Zeitmangel konnten die geplanten Sonderversuche mit Variation der Drehflügelformen oder unter Zugabe verschiedener Zusatzstoffe mit vermuteter verschleißmindernder Wirkung (insbes. Tenside) nicht im Rahmen dieses Forschungsprojektes durchgeführt werden.

Hauptmanko jedes Laborversuchs mit Lockergestein ist die fehlende Vergleichbarkeit mit der tatsächlichen Lagerungsdichte des Bodens in der Natur. Dieser Aspekt ist, aufgrund des vermutlich sehr großen Einflusses den die Lagerungsdichte auf die Abrasivität ausübt, schließlich auch der Hauptnachteil des TU Wien – Abrasimeters.

Abschließend sei noch angemerkt, dass die nunmehr vorliegenden Erkenntnisse auf dem Gebiet der Lockergesteinsabrasivität deutlich aufzeigen, dass ein einzelner Bodenkennwert nicht ausreichen wird, um eine zutreffende Verschleißprognose für jedes beliebige Spezialtiefbauverfahren treffen zu können. Vielmehr müssen zukünftig Erfahrungen über Verschleißkennwerte auf den Baustellen gesammelt werden und mit geeigneten Abrasivitätsuntersuchungen des anstehenden Bodens korreliert werden. Die Annahme „abrasiver Boden = starker Werkzeugverschleiß“ kann sich dabei jedoch durchaus auch als falsch erweisen.

4. Zusammenfassung und Resümee, Wirtschaftliche Verwertung

Die grundlegenden Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt führen zu einem besseren Verständnis über die Zusammenhänge zwischen Bodenabrasivität und Werkzeugverschleiß im Tiefbau. Dem mit der Thematik befassten Personenkreis konnten Beobachtungen aus der Praxis erstmals wissenschaftlich belegt und zumindest teilweise erklärt werden, was nicht zuletzt auch zu einem bewussten und rationalen Umgang mit der Verschleißproblematik beiträgt.

Dem neu entwickelten TU-Abrasimeter wird ein großes Entwicklungspotential zugeschrieben. Es hat sich bislang nicht nur im Rahmen des gegenständlichen

Forschungsprojektes bewehrt, es wurde auch bereits bei einem anwendungsspezifischen Forschungsprojekt („Verschleiß an Werkzeugen beim Pressrohrvortrieb“), mit finanzieller Förderung durch die Österreichische Vereinigung für grabenloses Bauen und Instandhalten von Leitungen (ÖGL), eingesetzt.

Dieser Umstand, und auch das bereits vorhandene Interesse der österreichischen Bauwirtschaft für die Bearbeitung konkreter Fragestellungen mittels des sog. „Wiener Topfes“, lassen aus heutiger Sicht eine ausreichend gute Akzeptanz dieses Versuchen erwarten. Das Erdbaulabor der TU Wien (Informationen unter <http://www.igb.tuwien.ac.at/institut/erdbaulabor.html>) bietet externen Unternehmen bereits jetzt, nach Rücksprache, Abrasivitätsuntersuchungen (LCPC-Versuche und TU Wien Abrasimeterversuche) an.

Mit der Erstellung des geplanten ÖBV-Merkblattes wird jedoch sicherlich die Grundlage für eine breite wirtschaftliche Verwertung, sowohl der Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt als auch des TU Wien Abrasimeters, gelegt.

Insgesamt kann das nunmehr abgeschlossene, zweijährige Forschungsprojekt „Abrasiveität von Lockergestein“ als Erfolg bezeichnet werden. Die technischen Ziele wurden erreicht und die Fragestellungen größtenteils abgearbeitet. Mit der Auswertung sämtlicher Versuche ist bis Ende August zu rechnen (Abschlussbericht), anschließend beginnt die Ausarbeitung des ÖBV-Merkblattes mit dem Arbeitstitel „Bestimmung der Abrasivität mit dem Wiener Topf“. Eine Zusammenfassung der wesentlichen Grundlagen und Erkenntnisse soll in Form einer Dissertation bis Jahresende vorliegen.

5. Erläuterungen zur Endabrechnung

Siehe Beilage

Die **Zwischenabrechnung** ist als eigene Datei im Excel-Format hochzuladen. Die Verwendung der im eCall zur Verfügung gestellten Vorlage ist verpflichtend.

Beachten Sie den Kostenleitfaden: www.ffg.at/kostenleitfaden

Abweichungen vom Kostenplan sind an dieser Stelle zu beschreiben und zu begründen.