

Universität für Bodenkultur
University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna
Institut für Landeskulturelle Wasserwirtschaft



 **Universität für Bodenkultur Wien**
Department für Wasser-Atmosphäre-
Umwelt

ADAPTION EINES PENETROLOGGERS ZUR SEEBODENDETEKTIERUNG IM NEUSIEDLERSEE

Masterarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur

Eingereicht von:
CHRISTOPH MÜLLEBNER

Betreuer: Univ. Prof. DI Dr. Willibald Loiskandl
DI Ilse Kogelbauer

Wien, Dezember 2012

1 DANKSAGUNG

Mein erster Dank gilt meinen Betreuern Univ. Prof. DI Dr. Willibald Loiskandl und DI Ilse Kogelbauer. Sie standen immer mit Rat und Tat zur Seite und hatten für alle Probleme ein offenes Ohr.

Auch Ing. Wolfgang Sokol will ich hier ein großes Dankeschön aussprechen. Als Technischer Mitarbeiter am Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft war er an der Entwicklung des nun verwendeten Messsystems wesentlich beteiligt und hatte immer gute Ideen für die Weiterentwicklung und Verbesserung des Systems.

Ein generelles Dankeschön auch an das Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, welches ein angenehmes Arbeitsfeld ermöglichte.

Selbstverständlich will ich auch meinen Eltern Marianne und Wolfgang danken, die mir das Studium ermöglicht haben und mich während des Studiums unterstützen.

Meine Geschwister Bernhard, Jakob und Teresa hatten natürlich auch immer aufmunternde Worte für mich parat.

Zuletzt ein großes Danke an meine Studienkollegen und Freunde die mit mir arbeitsintensive (Prüfungen, Projekte...) durch und auch lockere (Exkursionen, Nachbereitungen,...) Zeiten gegangen sind. In der Gruppe haben wir viel erreicht und ich hoffe dass unsere Freundschaft auch über das Uni-leben hinaus besteht. Einige möchte ich namentlich erwähnen: Hans, Harry, Harri, Richi, Flo, Julia, Kuni, Matthias, Wischi, Dave, Tom, Martin, Arnold und natürlich auch Rainer, Dani, Dani, Norbert.

2 ABSTRACT

Water resource management in lake Neusiedl becomes more and more important. Due to various reasons such as agriculture, fishery and tourism the source water has to be managed efficiently. To do so, a new geodetic survey of the lake Neusiedl system was set up. This thesis as a part of this project describes the adaption of a Penetrologger system to measure the Neusiedlersee lake bottom as well as hard mud layers. For this reason the existing measurement system was reduced to its basics. By combining the force measurement sensor with a GPS-system, location accuracy of about 2 cm was established. Even dynamic measurement is possible with this system. The analog display was added to get an overview of impact force during the measurement. Also new poles with a bigger diameter and longer extension were produced to reduce bending during the measurement. All important measurement tools were stored in a field box, which was build for that reason. Calibration of the new measurement system was done successfully and measurements in the field gave hugely satisfying results. As a result the new system is ready to be used in fieldwork.

3 ABSTRAKT

Die wasserwirtschaftliche Bewirtschaftung des Neusiedler Sees gewinnt aus mannigfaltigen Gründen z.B. landwirtschaftlichen, fischereilichen als auch touristischen mehr und mehr an Bedeutung. Aus diesem Grund wurde das Projekt „Geodätische Neuerfassung des Systems Neusiedler See – Hanságkanal“ gestartet. In dieses Projekt ist die vorliegende Arbeit eingegliedert. Sie beschreibt die Anpassung eines Penetrologger System, um den Neusiedlerseeboden sowie harte Schlammschichten zu messen. Da das Grundsystem den Messbereich zu sehr einschränkte wurde das ursprüngliche Mess-System auf die grundlegenden Elemente reduziert. Durch die erfolgte Kombination des Kraftmessensors mit einem GPS-System konnten Mess-Genauigkeiten von etwa 2 cm erreicht werden. Auch dynamische Messungen sind mit diesem System möglich. Eine analoge Anzeige wurde hinzugefügt, um einen Überblick über die Kraftaufbringung während der Messung zu erhalten. Ebenfalls wurde ein neues Gestänge angefertigt um den Messbereich zu erweitern. Zusätzlich, durch die Vergrößerung des Gestängedurchmessers, gelang es Verbiegungen während der Messungen zu vermindern. Alle wichtigen Messinstrumente wurden in einer Feld-Box, die für dieses Gerät entwickelt wurde, untergebracht. Die Kalibrierung des neuen Messsystems wurde erfolgreich durchgeführt und Messungen vor Ort ergaben nachvollziehbare Ergebnisse. Somit ist das neue System bereit, in der Feldarbeit für Serienmessungen eingesetzt zu werden.

Inhalt

1	Danksagung.....	I
2	Abstract	II
3	Abstrakt.....	II
4	Einleitung.....	3
4.1	Allgemein.....	3
4.2	Fragestellung und Zielsetzung	3
5	Grundlagen.....	4
5.1	Untersuchungsgebiet	4
5.1.1	Seebodenaufbau	4
5.2	Projektbeschreibung.....	5
5.3	Anforderungen an den Penetrologger für Messungen im Neusiedlersee	6
5.4	Einflussgrößen auf den gemessenen Eindringwiderstand	7
6	Vorversuche	9
6.1	Aufbau Penetrologger Grundsystem.....	9
6.2	Funktionsweise Grundsystem	10
6.3	Labormessungen.....	11
6.3.1	Messungen im Schlamm	11
6.3.2	Messungen im Sand	12
6.4	Feldmessungen.....	14
6.4.1	Biologische Station Illmitz - Steg	14
6.4.2	Seebad Illmitz.....	17
6.4.3	Probleme und Unzulänglichkeiten bei den ersten Feldmessungen	21
7	Umbau.....	21
7.1	GPS	23
7.2	Feldlaptop.....	24
7.3	Feldbox.....	25
8	Kalibrierung	28
8.1	Zusammenhang zwischen Belastung und angezeigter Spannung – zentrische Belastung.....	28
8.2	Exznetrische Belastung	30
8.3	Gewicht \diamond Gestänge.....	31
8.4	Analoge Anzeige	32
9	Ergebnisse	33
9.1	Labor	33

9.1.1	Zentrischer Belastungsversuch.....	33
9.1.2	Analoge Anzeige.....	35
9.1.3	Gewicht \diamond Gestänge.....	37
9.1.4	Kraftaufnehmer	38
9.2	Feld	39
10	Beschränkungen des System Penetrologger.....	40
10.1	Systematischer Fehler	40
10.2	Höhenbeschränkungen	41
10.3	Kraftaufnehmer	42
11	Zusammenfassung & Ausblick	43
12	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	44
13	Literaturverzeichnis	45
14	Anhang.....	47
14.1	Eijkelkamp LAB01121 – PLOTX002	47
14.2	Eijkelkamp LAB01121 – PLOTX004	48
14.3	Eijkelkamp ISTE0831.....	49
14.4	Feldprotokoll Seebad 31.8.2011	51
14.5	Eijkelkamp IBAD0831	54
14.6	Zentrische Belastung.....	56
14.7	Exzentrische Belastung.....	61

4 EINLEITUNG

4.1 ALLGEMEIN

Der Neusiedlersee, als flächenmäßig größter See Österreichs, liegt rund 40 km südöstlich von Wien. Mit seinen rund 320 km² Wasserfläche (Gattinger, 1975) befindet er sich auf burgenländischem als auch ungarischem Gebiet. Da die wasserwirtschaftliche Bewirtschaftung aus mannigfaltigen Gründen z.B. landwirtschaftlichen, als auch touristischen sehr wichtig für das Gebiet ist, wurde 2011 ein grenzüberschreitendes Projekt mit österreichischer als auch ungarischer Beteiligung gestartet.

Das **Ziel dieses Projektes** ist eine homogene topographische Datenbank in welcher das Wasservolumen des Neusiedlersees, als auch dessen Schlammvolumen erfasst sind. Da es sich um einen Steppensee mit großer Schlammächtigkeit handelt und der Übergang von Wasser zu Schlamm fließend ist, enthält der Schlamm auch eine beträchtliche Menge an Wasser. Darum muss auch das Wasser im Schlamm bei der wasserwirtschaftliche Planung berücksichtigt werden. Aus diesem Grund werden Georadarmessungen als auch, grundlegend für diese Arbeit, Punktmessungen mit dem Penetrologger ausgeführt, welche die Georadarmessungen validieren sollen bzw. dort zum Einsatz kommen, wo keine ausreichende Wassertiefe (>60 cm) gegeben ist sowie das Befahren mit dem Messboot nicht möglich ist.

Das **Ziel dieser Arbeit** ist es, das Basissystem Penetrologger so umzubauen, dass Messungen über einen größeren Messbereich und mit höherer Genauigkeit möglich sind. Da das Basissystem des Penetrometers (oder auch Penetrologger) für die Bestimmung der Dichte von Ackerböden konzipiert ist und somit den Anforderungen der Schlammmessung bzw. Seebodenedektierung nicht gewachsen ist, ist ein Ziel dieser Arbeit die Adaptierung des Messgerätes an dieses neue Arbeitsfeld. Das neue Gerät samt Equipment soll kalibriert und für Serienmessungen feldtauglich gemacht werden.

4.2 FRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Ausgangsfrage:

Welche Adaption der Messausrüstung ist notwendig um eine Serienmessung im See, als auch Schilfgürtel möglich zu machen?

Ziele:

- Equipmentadaptionen
Umbauarbeiten als auch Erweiterungen der Messsensoren am Penetrologger selbst
- Laborkalibrierungen
Kalibrierung des modifizierten Penetrologgers samt Datenauswertung
- Feldtauglichkeit
Kompakter Zusammenbau der für das Messsystem „Penetrologger“ notwendigen Instrumente samt Überprüfung im Feld.

5 GRUNDLAGEN

5.1 UNTERSUCHUNGSGEBIET

Der Steppensee liegt mit 113 m.ü.A. im flachsten und niedrigsten Gebiet Österreichs. Als einer der größten Seen Österreichs mit 321 km² Gesamtfläche (Csaplovics, 1985b) fallen 233 km² auf österreichisches Gebiet, 88 km² auf Ungarisches. Als hydraulisch wirksames Einzugsgebiet kann laut Kalmar (1982), rund 1.120 km² Fläche angeführt werden. Der Seewasserhaushalt wird vor allem durch die meteorologischen Einflüsse wie Niederschlag und Verdunstung bestimmt. Der oberirdische Zufluss, hauptsächlich durch die Wulka vertreten, hat hierbei einen Anteil von rund 20 %. Der Niederschlag auf die Seeflächen samt dem unterirdischen Zufluss ergibt die restlichen 80 % des jährlichen Zuflusses von rund 234 Millionen m³ (Eitzinger, J. et al., 2009).

5.1.1 SEEBODENAUFBAU



Abbildung 1:
Kernprobe
Neusiedlersee 2012

Die Sedimente des Sees sind charakterisiert durch autochthon geformte Minerale, Mg-Calcite und Protodolomite, sowie durch verschiedene Wassergehalte. Oberflächliche Sedimente haben einen höheren Wassergehalt (>60 %: lockerer Schlamm; 30-60 %: Schlamm); nur vereinzelte Flächen sind mit kompakten Schlamm mit < 25 % Wassergehalt bedeckt (Jungwirth, 1977). Laut Preisinger (1979) beziehend auf Tauber (1959) zeigten Kernproben, die durch Einrammen oder Bohren gezogen wurden, starke makroskopische Unterschiede in der Farbe als auch große Unterschiede im Wassergehalt. Dies wird auch durch Probennahmen im Rahmen des Projektes bestätigt. (Abbildung 1) Preisinger (1979) beschreibt weiter, dass auch die Zusammensetzung der Sedimente quantitativ als auch qualitativ von Sand, 2 mm- 0,063 mm, Schluff, 0,063 mm -2 µm, zu Ton, < 2 µm, variiert. Quarz- Kieselsteine in der Größenordnung von fein- bis Grobkies scheinen sporadisch im Sediment auf. Schotterbänke können im See ebenfalls aufgefunden werden. Eine bekannte Schotterbank liegt zwischen Illmitz und Rust. Diese könnten möglicherweise mit jenen im Seewinkel zusammenhängen (Tauber, 1959).

5.2 PROJEKTBE SCHREIBUNG

Diese Arbeit ist in das grenzüberschreitende Projekt „Geodätische Neuerfassung des Systems Neusiedler See – Hanságkanal; Akronym GeNeSee“ zwischen Österreich und Ungarn eingegliedert. Das Projekt GeNeSee wird zwischen 01.05.2011 und 30.04.2014 durchgeführt (BOKU, 2011).



Ziel 3 Grenzüberschreitende Kooperation Österreich – Ungarn 2007 - 2013



Im Folgenden werden die Motivation als auch die Ausgangssituation und Problemstellung des Projektes kurz beschrieben:

„Der Neusiedler See und sein Schilfgürtel bestimmen das Landschaftsbild und begünstigen das regionale Klima, werden durch Tourismus, Wassersport, Schifffahrt und Fischerei genutzt, unterliegen aber auch dem Natur- und Landschaftsschutz. Für Bewahrung der Landschaft und nachhaltige Bewirtschaftung sind Kenntnis der exakten Höhenlage des Seebodens und Verteilung/Tiefe der Schlammschicht von zentraler Bedeutung. Der Vergleich mit früheren Seevermessungen zeigt den Fortschritt der Verschlammung und ermöglicht die Entwicklung von Gegenstrategien durch Schilfmanagement. Die Kenntnis der Seeinhaltslinie, der Beziehung von Wasserspiegellage und Wasservolumen, ist Grundlage für die optimale Regelung der Wehranlage Mexikopuszta. Erst in der grenzüberschreitenden ganzheitlichen Systembetrachtung mit exakter Kenntnis der Topographie des Seebodens und der Schlammverteilung können Auswirkungen von Maßnahmen auf Natur, Umwelt, regionales Klima und wirtschaftliche Nutzung erkannt und bewertet werden.“ (BOKU, 2011)

Daraus ergeben sich verschiedene Arbeitspakete wie:

- Projektmanagement
- Bestandsaufnahme
- Echolotmessung

Die Echolot Profilmessungen am offenen See, in den Hauptkanälen sowie im Hanságkanal liefern eine digitale 3D-Erfassung der Schlammoberfläche sowie der darunterliegenden Seebodenschicht (BOKU, 2011).

- **Einzelpunktmessungen**

„Die Ermittlung der Topographie des Seebodens in den Schilfbereichen des Sees kann nur durch terrestrische Messmethoden erfolgen, die auf spezifischer Methodik der Nutzung von GPS in Verbindung mit speziell adaptierten Messstangen (Penetrometer) beruhen. Die Messung erfolgt entlang von Profilen, die durch schwimmfähige Raupenfahrzeuge befahren werden. Zusätzlich werden entlang der Schilf-Offenwasser-Grenzlinie Punktfolgen gemessen, da in diesen Bereichen durch Auflandung und Verschilfung maßgebliche Veränderungen des Bodenreliefs erfolgt sind. Auf Grundlage eines kommentierten Inventars der Kanäle im Schilfgürtel

des Neusiedler Sees werden zusätzlich jene Kanäle, die eine Austauschfunktion zwischen Schilfbereichen und offener Wasserfläche haben, in Querprofilen vermessen. Insbesondere werden aus Gründen der Optimierung der Wehr-Regelung Messungen von Querprofilen entlang des Hanságkanals (Einserkanals) durchgeführt werden.“(BOKU, 2011)

- Airborne Laserscanning
- Auswertung des Seebeckens und Hanságkanals
- Datenbereitstellung und Informationsverbreitung (Dissemination)

In der vorliegenden Arbeit wird für die Einzelpunktmessung eine felddaugliche Ausrüstung entwickelt. Die Penetrologgermessungen werden durch Wassergehaltsmessungen (Vitel-sensor) komplementiert (D'Amboise, 2012).

5.3 ANFORDERUNGEN AN DEN PENETROLOGGER FÜR MESSUNGEN IM NEUSIEDLERSEE

Für die Erstellung eines digitalen Geländemodells, mit den diversen Schlammlayern, müssen die Daten des Penetrometers mit denen der anderen Messinstrumente verknüpft werden. Alle Einzelpunktmessungen werden durch GPS-Messungen koordinativ (X,Y und Z- Koordinate) verortet. Die so gewonnen Daten können dann in ein dreidimensionales Geländemodell eingefügt werden.

Eine weitere Anforderung an das Messinstrument ist, dass dieses teilweise Profile von mehreren Metern erfassen muss. Da der Penetrologger in der Standardausführung jedoch maximal 80 cm Tiefe messen kann muss die Reichweite des Instrumentes erweitert werden. Auch die Abstandsmessung (Eindringtiefe) des Standardgerätes, welche auf einem Ultraschallsensor basiert, muss auf Grund der erhöhten Reichweite verbessert werden. Generell soll die Höhenmessung vom GPS-System übernommen werden, da jedoch auch im Schilfgürtel gemessen wird und dort nicht immer von gutem GPS-Empfang ausgegangen werden kann, könnte zusätzlich ein Laser-Abstundsmesser auf dem Penetrologger installiert werden. Durch die doppelte Messung, Laser als auch GPS, könnten etwaige Fehler später noch behoben bzw. erst gefunden werden.

Zuletzt muss das System Penetrologger für die Serienmessung bereit gemacht werden. Dazu soll ein Aufbau erstellt werden, mit dem alle notwendigen Instrumente samt Stromversorgung gut transportiert werden können, so dass eine Tagesmessung ohne Pausen möglich ist. Auch die Datenspeicherung muss zu diesem Zweck angepasst werden.

5.4 EINFLUSSGRÖßEN AUF DEN GEMESSENEN EINDRINGWIDERSTAND

Der Eindringwiderstand und somit die Belastbarkeit eines Bodens hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab.

Erstens, für diese Arbeit wohl am wichtigsten, hängt der Eindringwiderstand vom **Wassergehalt** des Bodens ab.

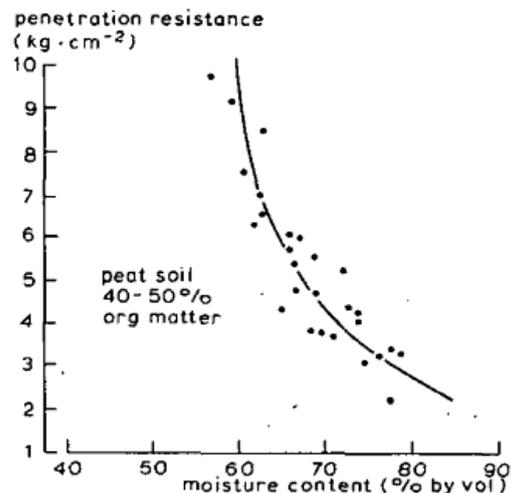


Abbildung 2: Beziehung zwischen Belastbarkeit und Wassergehalt (moisture content) für Torferde mit einem Organikanteil von 40 bis 50% (Schothorst, 1982)

Bei einem Wassergehalt von 65 Volumprozent ist eine Belastbarkeit von 6 kg pro cm² gegeben (Schothorst, 1982)(Abbildung 2). Diese Daten beziehen sich auf Torferde welche in Zegvelderbroek/NL untersucht wurde. Schothorst (1982) schreibt weiter, dass vielmehr das Matrixpotential als der Wassergehalt die Festigkeit des Bodens bestimmt, dies wird auch von Becher (1998) bestätigt. So kann bei gleichem Wassergehalt und unterschiedlicher **Lagerungsdichte** das **Matrixpotential** variieren und somit auch die Belastbarkeit des Bodens (Becher, 1998). Zum Beispiel weist ein Boden mit einem Wassergehalt von 65% und einem Porenvolumen von 70% einen geringeren Eindringwiderstand auf als ein Boden mit selben Wassergehalt aber einem Porenvolumen von 75% (Schothorst, 1982). Das Matrixpotential kann mit einem Tensiometer gemessen oder über eine pF-Kurve abgeschätzt werden.

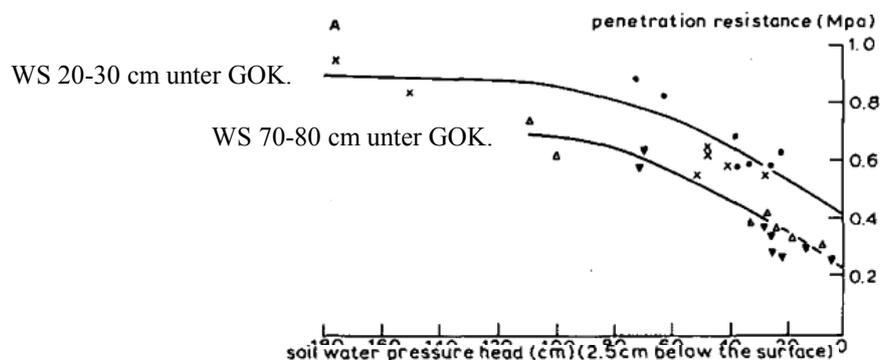


Abbildung 3: Beziehung zwischen Eindringwiderstand und Matrixpotential (in cm Wassersäule) (Schothorst, 1982)

In Abbildung 3 ist ersichtlich, dass bei steigendem Matrixpotential der Eindringwiderstand deutlich zunimmt. Die zwei unterschiedlichen Kurven ergeben sich durch unterschiedliche Lagen des Wasserspiegels im Graben bei den Messungen. Die Wasserstände im Graben werden hierbei als Referenz zum Grundwasserspiegel herangezogen. Die obere Linie ergibt sich aus den niedrigeren Wasserständen (70 als auch 80 cm zur Oberfläche), die untere Linie ergibt sich aus 20 bis 30 cm zur Bodenoberkante. Gemessen wurden die Daten im Frühling 1980 auf den Versuchsflächen in Zegvelderbroek/NL (Schothorst, 1982).

Wie schon erwähnt ist der Eindringwiderstand nicht nur von Wassergehalt und Matrixpotential sondern auch von der Lagerungsdichte des Bodens abhängig. Bei gleichem organischen Anteil variiert die Torferde in ihrer Lagerungsdichte, je höher diese ist desto höher auch der Eindringwiderstand und die Belastbarkeit des Bodens (Wind & Schothorst, 1964).

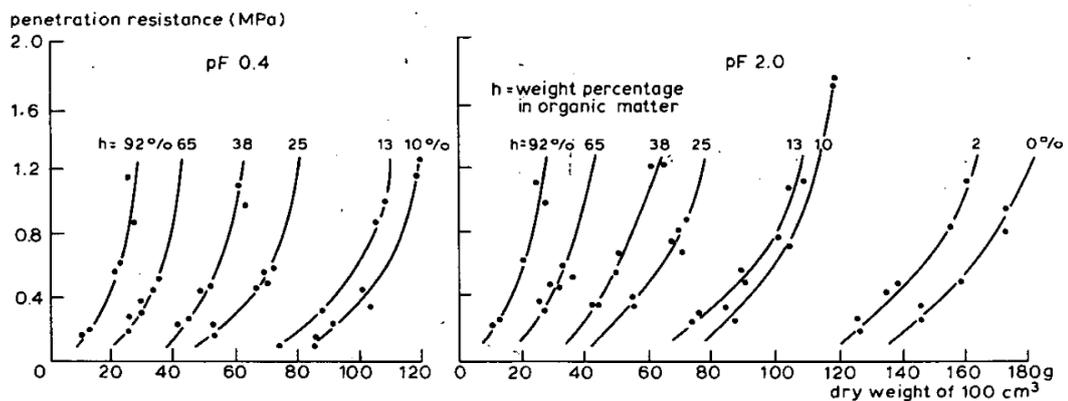


Abbildung 4: Beziehung zwischen Eindringwiderstand und Lagerungsdichte bei unterschiedlichen organischen Anteilen, für zwei verschiedene Matrixpotentiale (pF= 0,4 = 2,5 cm und pF 2,0 = 100cm) (Schothorst, 1982)

Bei gleicher Organik und Matrixpotential hat die Lagerungsdichte einen wesentlichen Einfluss auf den Eindringwiderstand. Der Gehalt an Organik hat ebenso eine entscheidende Rolle als Einflussfaktor, da dieser die Steigung der Kurve wesentlich verändert (Abbildung 4).

6 VORVERSUCHE

6.1 AUFBAU PENETROLOGGER GRUNDSYSTEM

Der angegebene Aufbau entspricht einem Standardgerät der Firma Eijkelkamp. Dieses Messinstrument ist das für die Seebodenedektierung.

Das komplette Penetrologgerset (Abbildung 5) besteht aus:

- Gehäuse (1)
- Kraftaufnehmer (2)
- zweiteilige Sondierstange (3)
- Konus (4)
- Kommunikationsport (6)
- GPS Antenne (7)
- LCD-Display (8)
- Steuerpult (9)
- Wasserwaage (10)
- elektrisch isolierten Handgriffen (11)

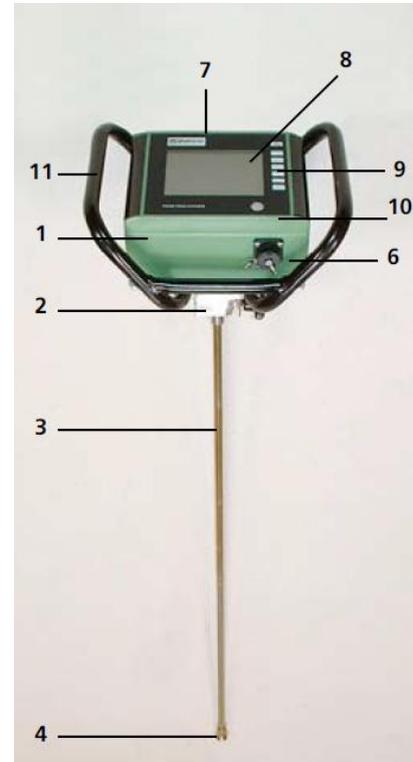


Abbildung 5: Aufbau Penetrologger (Eijkelkamp, 2007)

Die Sondierstange wird auf dem einen Ende mit einer Schnellkopplung mit dem Kraftaufnehmer verbunden, auf dem anderen Ende wird ein Konus aufgesetzt. Je nach dem, welcher Eindringwiderstand zu erwarten ist, kann zwischen verschiedenen Konussen gewählt werden. Diese Konusse weisen unterschiedliche Bodenangriffsflächen auf und besitzen eine Spitze mit 60° (gemäß NEN 5140) (Tabelle 1). Der benötigte Strom für den Betrieb des Penetrologgers stammt aus fünf wieder aufladbaren AA-NiHM Akkus (Eijkelkamp, 2007).

Tabelle 1: Konus (Eijkelkamp, 2007)

Nr.	Bodenfläche (cm ²)	Solldurchmesser (mm)	Rückweisungs- durchmesser (mm)
1	1	11,28	11,00
2		15,95	15,55
3	3,33	20,60	20,08
4	5	25,23	24,59

Technische Spezifikationen (Eijkelkamp, 2007)

Betriebstemperatur	0 - 50 ° C
Feuchtigkeit während des Betriebs	IP 54 (spritzwasserdicht)
Gewicht des Penetrologgers	3,4 kg (ohne Stange, mit Batterien)
Gewicht des gesamten Satzes	15,5 kg
Transportabmessungen	58 cm x 29 cm x 25 cm
Speicher	1 500 Messungen
Maximale Penetrationskraft	1 000 N
Kraftauflösung	1 N
Gesamtlänge Messstange	97 cm (excl. Konus)
Tiefenaufzeichnung	80 cm
Tiefenauflösung	1 cm
GPS Genauigkeit	< 2,5 m CEP (Circular Error Probable)
Bodenfeuchte Resolution	1 %
Stromversorgung	5x AA NiMH 2700

Laut Eijkelkamp (2007) eignet sich der Penetrologger zur Messung des Eindringwiderstands von Böden bis zu einer Tiefe von 80 cm. Zu den **Anwendungsbereichen** zählen unter anderem:

- Allgemeine bodenkundliche Untersuchungen
- Kontrolle der Befahr- und Begehrbarkeit von Böden
- Lokalisierung verdichteter Bodenschichten, beispielsweise einer Pflugsohle.
- Eignungsbewertungen für landwirtschaftliche Zwecke
- Ingenieurbau, vor allem im Straßen- und Wasserbau
- Untersuchung der Wachstumsbedingungen der Pflanzen, beispielsweise in Parks, Grünanlagen, Baumschulen und Gartenzentren
- Pflege von Sportfeldern

6.2 FUNKTIONSWEISE GRUNDSYSTEM

Nachdem ein neuer Plot programmiert wurde, was auf direktem Wege oder auch über eine Software samt Computerverbindung geschehen kann, kann mit den Messungen begonnen werden. Auf die Programmierung eines Plots wird hier nicht näher eingegangen, da dies für die adaptierte Version nicht mehr relevant ist. Näheres bezüglich der Programmierung kann im Handbuch der Firma Eijkelkamp (Eijkelkamp, 2007) nachgelesen werden.

Durch Auflegen der Referenzplatte auf den Boden ist es durch den eingebauten Ultraschallsensor möglich den Abstand, bzw. Abstandsänderungen zu ermitteln und aufzuzeichnen. Der Penetrologger wird in das Loch der Referenzplatte gestellt. Nach dem vertikalen Ausrichten des Gerätes, mittels der Libelle an der Oberfläche, wird das Messinstrument mit möglichst gleichmäßiger Geschwindigkeit von ca. 2-5 cm*s⁻¹ (je nach Programmierung) in den Boden gedrückt. Die Eindringgeschwindigkeit ist von Eijkelkamp mit 2 cm/sec voreingestellt, kann aber auf höhere Werte umgestellt werden. Bei der Messung selbst wird auf dem Display dargestellt inwieweit man von der voreingestellten Geschwindigkeit abweicht. Bei zu großen Abweichungen gibt der Penetrologger ein Warnsignal ab. Die nun von der Messzelle aufgenommenen Kräfte werden mit den Abstandsdaten verknüpft und in situ am Instrument angezeigt. Nach

erfolgreicher Messung können diese Daten gespeichert werden. Die ermittelten Daten wie Eindringwiderstand, Bodenfeuchte (falls angeschlossen), und GPS- Daten können über den Kommunikationsport, mit der mitgelieferten Software ausgelesen werden, und stehen zur Weiterverarbeitung zur Verfügung.

Das Kernstück des Messgerätes ist der **Kraftaufnehmer**, welcher die aufgetragenen Kräfte in messbare Spannungen umwandelt. Aus diesem Grunde wird die Funktionsweise des im Gerät verwendeten Sensortyps hier näher beschrieben:

„...Kraftaufnehmer auf Basis von Dehnungsmessstreifen (DMS) haben einen so genannten Federkörper oder Verformungskörper, in den die zu messenden Kräfte eingeleitet werden. Wenn sich der Federkörper verformt, entstehen dadurch an der Oberfläche Dehnungen, die mit den DMS gemessen werden. Die Aufgabe des Federkörpers ist es also, die zu messenden Kräfte in Dehnungen umzuwandeln...“ „...Das eigentliche Sensorelement ist der Dehnungsmessstreifen. Diese Elemente bestehen aus einer Isolierschicht, dem so genannten Träger, auf dem ein Messgitter aufgebracht ist. Solche Dehnungsmessstreifen werden an geeigneter Stelle auf den Federkörper geklebt. Dabei werden in der Regel vier DMS verwendet, von denen zwei so installiert werden, dass sie unter Einwirkung einer Kraft gedehnt werden. Die beiden anderen DMS werden gestaucht. Die vier DMS werden als Wheatstone-Brücke verschaltet, die mit einer Speisespannung versorgt wird. Alternativ sind auch Kraftaufnehmer möglich die mehr als vier (acht, 12 usw.) DMS enthalten. Eine Ausgangsspannung entsteht immer dann, wenn die vier Widerstände unterschiedlich sind: zum Beispiel wenn sich der Widerstand der DMS durch eine durch eine Kraft verursachte Dehnung ändert. Das Ausgangssignal hängt von der Widerstandsänderung der DMS ab, die vom Betrag der Dehnung und damit direkt von der eingeleiteten Kraft abhängt. Die Nennkraft des Aufnehmers wird nur durch die Steifigkeit des Federkörpers bestimmt...“ (Hottinger Baldwin Messtechnik, März 2012)

6.3 LABORMESSUNGEN

Um sich mit der Funktionsweise und Handhabung des Gerätes vertraut zu machen, wurden einige Versuche durchgeführt. So wurde unter anderem untersucht inwiefern die Eindringgeschwindigkeit das Ergebnis verändert. Auch ob die Ergebnisse bei verschiedenen Messvorgängen variieren. Die Vorversuche wurden alle mit dem Basissystem Penetrologger der Firma Eijkelkamp durchgeführt.

6.3.1 MESSUNGEN IM SCHLAMM

Die erste Intention war, einen Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Eindringwiderstand herzustellen. So wurden in Schlammproben, welche in dem Untersuchungsgebiet gewonnen wurden, Versuche im Labor durchgeführt. Die Proben wurden in Kübeln gelagert und bei verschiedenen Wassergehalten, die mit dem Vitel-Sensor gemessen wurden, Penetrationen durchgeführt.

Erfahrungen die daraus gesammelt werden konnten:

Erst bei einem relativ geringen Wassergehalt entsteht überhaupt ein messbarer Widerstand. Die Versuche ergeben jedoch keine weiter verwendbaren Ergebnisse, da sich der Widerstand aus verschiedenen Variablen ergibt. So ist durch das Vermischen der Probe das Gefüge gestört, was einen wesentlichen Einfluss auf den Eindringwiderstand hat (siehe Kapitel 5.4). Auch kann bei den Versuchen der organik Anteil nicht berücksichtigt werden.

6.3.2 MESSUNGEN IM SAND

Da das System Schlamm für Kalibrierungsmessungen als zu komplex angesehen wurde, wurden weitere Messungen in Sandkübeln durchgeführt. Hierzu wurden verschiedene Sand-Schluff Kombinationen untersucht. Der, zur Verfügung stehende, Boden bei dem die besten Eindringeeigenschaften festgestellt werden konnte war ein Sandboden mit 30% Schluff und 70% Sandanteil.

Um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten wurde der Sand von einem Kübel in einen Anderen gelehrt und danach 10 mal aus 5 cm auf den Boden fallen gelassen um eine gewisse Verdichtung zu erreichen. Mit dieser Vorbereitung des zu penetrierenden Mediums wurden mehrere Versuche durchgeführt. Generell wurden immer nur 3 Messungen durchgeführt, damit die Verdichtung, zu der es durch das Verdrängen des Mediums bei der Messung kommt, die anderen Messungen nicht beeinflusst.

Richtiger Startpunkt für die Messung:

Es wurde untersucht was für Unterschiede zu sehen sind, wenn die Messung in der Luft, oder aufgesetzt am Medium gestartet wird.

Die Daten zeigen, dass wenn der Konus direkt auf den Sand aufgesetzt wird er durch das Eigengewicht des Gerätes schon einige Zentimeter einsinkt (abhängig vom Konusdurchmesser). Es konnte gezeigt werden, dass durch dieses Einsinken ein erhöhter Anfangseindringwiderstand gemessen wurde. Eine mögliche Erklärung dafür wäre die Haftreibung, also dass sich die Sandkörner, wenn der Konus in Bewegung ist sich leichter verdrängen lassen, als bei einem Start aus der Ruhelage. Somit kann daraus gefolgert werden, dass die Messungen besser in der Luft gestartet werden. Umgelegt auf die Feldversuche heißt das, dass der Konus nicht auf den Schlamm aufgesetzt werden soll, sondern schon im flüssigeren Medium die Messung gestartet werden soll. Vergleiche dazu Abbildung 6 mit Abbildung 7.

Einfluss der Eindringgeschwindigkeit:

Hierbei muss erwähnt werden, dass das von Eijkelkamp produzierte System in der Projekterstellung eine Auswahlmöglichkeit hat, mit der die Eindringgeschwindigkeiten 1, 2, 3 und 5 cm/sec eingestellt werden können. Diese Voreinstellung bewirkt, dass das Gerät ein Warnsignal abgibt, wenn man von der geplanten Eindringgeschwindigkeit abweicht. Damit soll erreicht werden, dass man den Boden gleichmäßig penetriert.

Es wurden mehrere Messungen durchgeführt, bei denen die verschiedenen Voreinstellungen getestet wurden. Es wurde bewusst zu schnell als auch zu langsam penetriert. Festgehalten kann werden, dass in dem Medium Sand, welches trotz

versuchter Einheitlichkeit der Messvorbereitung keine relevanten Unterschiede festgestellt werden konnten. So ist in den Messprotokollen nicht ersichtlich ob eine schnellere Penetration höhere Werte ergibt als eine Langsame. Auch können konnten bei absichtlichen Abweichungen von den Voreinstellung keine Unterschiede bei den Messwerten ausgemacht werden.

Bei den nachfolgenden Versuchen wurde jeweils Pen01 langsam -, Pen02 normal - und Pen03 schnell penetriert. Als Grundeinstellung für die Messungen wurden 2 cm/s voreingestellt. Die beiden Messdurchgänge PLOTX002 und PLOTX004 wurden jeweils mit einem Konus mit 3,3 cm² Fläche durchgeführt (Abbildung 6, Abbildung 7).

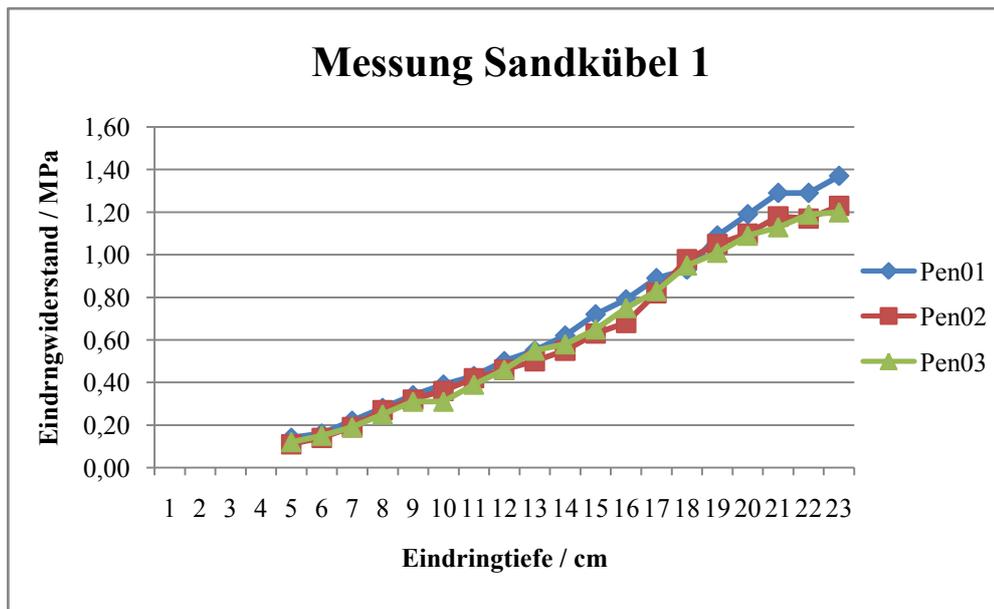


Abbildung 6: Messungen im Sandkübel - Start aufgestellt, 5.12.2011, LAB01121- PLOTX004

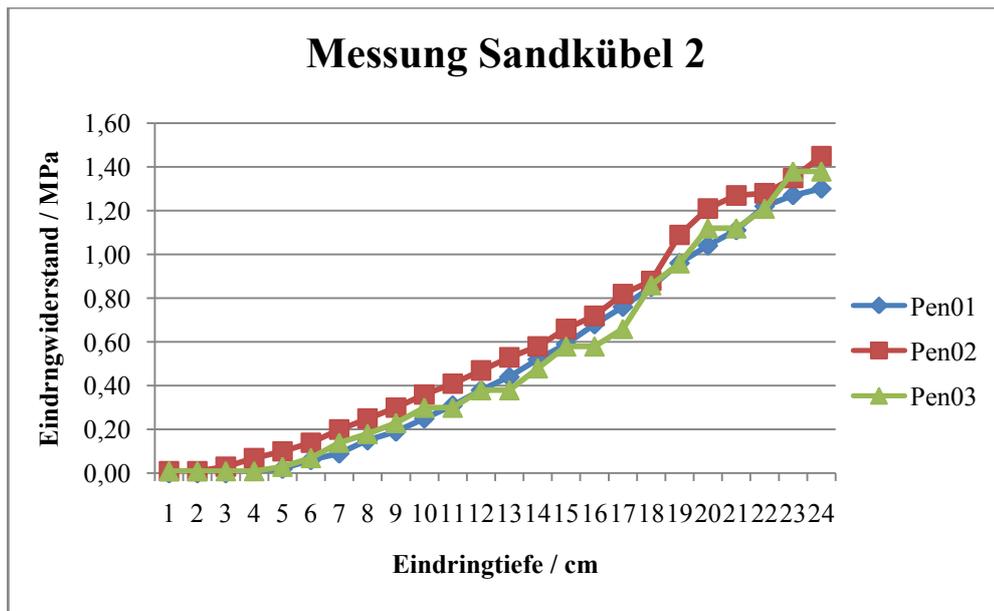


Abbildung 7: Messungen im Sandkübel – Start in der Luft, 5.12.2011, LAB01121- PLOTX002

Die Daten zu den hier angeführten Abbildungen finden sich im Anhang (14.1, 14.2)

6.4 FELDMESSUNGEN

6.4.1 BIOLOGISCHE STATION ILLMITZ - STEG

Am 31.08.2011 wurden um ca. 10.30 Uhr Messungen am Steg westlich der Biologischen Station in Illmitz durchgeführt. Die Lage des Stegs ist in Abbildung 8 ersichtlich.



Abbildung 8: Biologische Station/Steg (Google – Kartendaten 2012, besucht am 13.03.2012, 47.769979N, 16.752816W, <http://maps.google.at/maps?q=47.769979,16.752816&hl=de&num=1&t=h&z=16>)

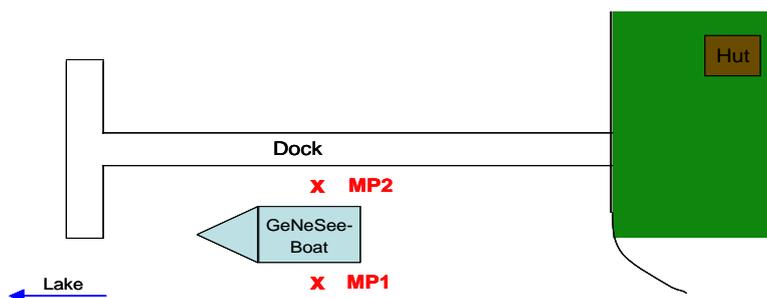


Abbildung 9: Anordnung Messpunkte Station Illmitz - Steg (Kogelbauer, 2011)

Direkt am Steg lag das Messboot vor Anker und führte Echolotmessungen durch. Gleichzeitig mit diesen Messungen wurden backbord seitig und steuerbord seitig Penetrologer Messungen durchgeführt. Backbord seitig wurde direkt vom Steg ausgehend gemessen, da somit eine nicht schwingende Referenzfläche gegeben war. Da die Wasseroberfläche auf Grund des Wellenschlags nicht als Reflexionsfläche dienen kann, musste weiter eine Referenzplatte verwendet werden. Diese wurde sofern möglich am Steg befestigt. Steuerbord seitig wurde die Referenzplatte auf einem

Styroporschwimmer montiert, der durch sein Volumen die Schwankungen der Wasseroberfläche etwas ausglich. Durch den Wellenschlag kann sich eine Schwankung des Wasserspiegels von einigen Zentimetern bis Dezimetern ergeben. Hierbei muss erwähnt werden, dass durch die geschützte Lage kaum Wellengang zu verzeichnen war.

Die Messungen ergaben Backbord seitig eine Eindringtiefe von über 80 cm. Da die Software die maximale Messtiefe mit 80 cm begrenzt, wurden 2 Messungen benötigt um ein vollständiges Profil zu erhalten. In diesem Falle gehören zu Messpunkt1 Pen06 und Pen07. Zu MP2 gehören Pen01 und Pen02 als Wiederholungsmessungen dienen Pen03, Pen04 und Pen05. Um die Daten besser zu veranschaulichen wurden diese zusammengeführt (Abbildung 10). Die tabellarischen Messdaten sind im Anhang 14.3 beigefügt.

Interpretation der Daten:

Wenngleich sich Pen01 und Pen02 rein optisch gut zusammenfügen, so kann bei Pen04 und Pen05 von Problemen bei der Datenerhebung ausgegangen werden. Die Stückelung der Messung ist eine nicht unwesentliche Fehlerquelle. Auch können Fehler bei der Höhenaufzeichnung zu diesen Ergebnissen geführt haben.

Pen01 als auch Pen04 korrelieren im oberen Bereich recht gut, somit ist die Messmethode generell gut geeignet um reproduzierbare Daten zu erhalten.

Nach rund 15 cm messbaren Widerstands befindet sich, eine dichtere Schicht. Diese lässt sich nach Rücksprache mit dem Durchführenden der Messung als Rhizomlayer beschreiben. Nach dieser gelangt der Konus wieder in weichere Schichten, welche dann bei rund 110 cm Messtiefe den maximal messbaren Wert von rund 1,5 MPa erreichen. Der Startwert, der bei allen Messungen über Null liegt, wird durch das anfängliche Aufsetzen auf der Schlammsschicht durch das Eigengewicht des Penetrologgers erreicht.

Penetrologermessungen Biologische Station Illmitz - Steg

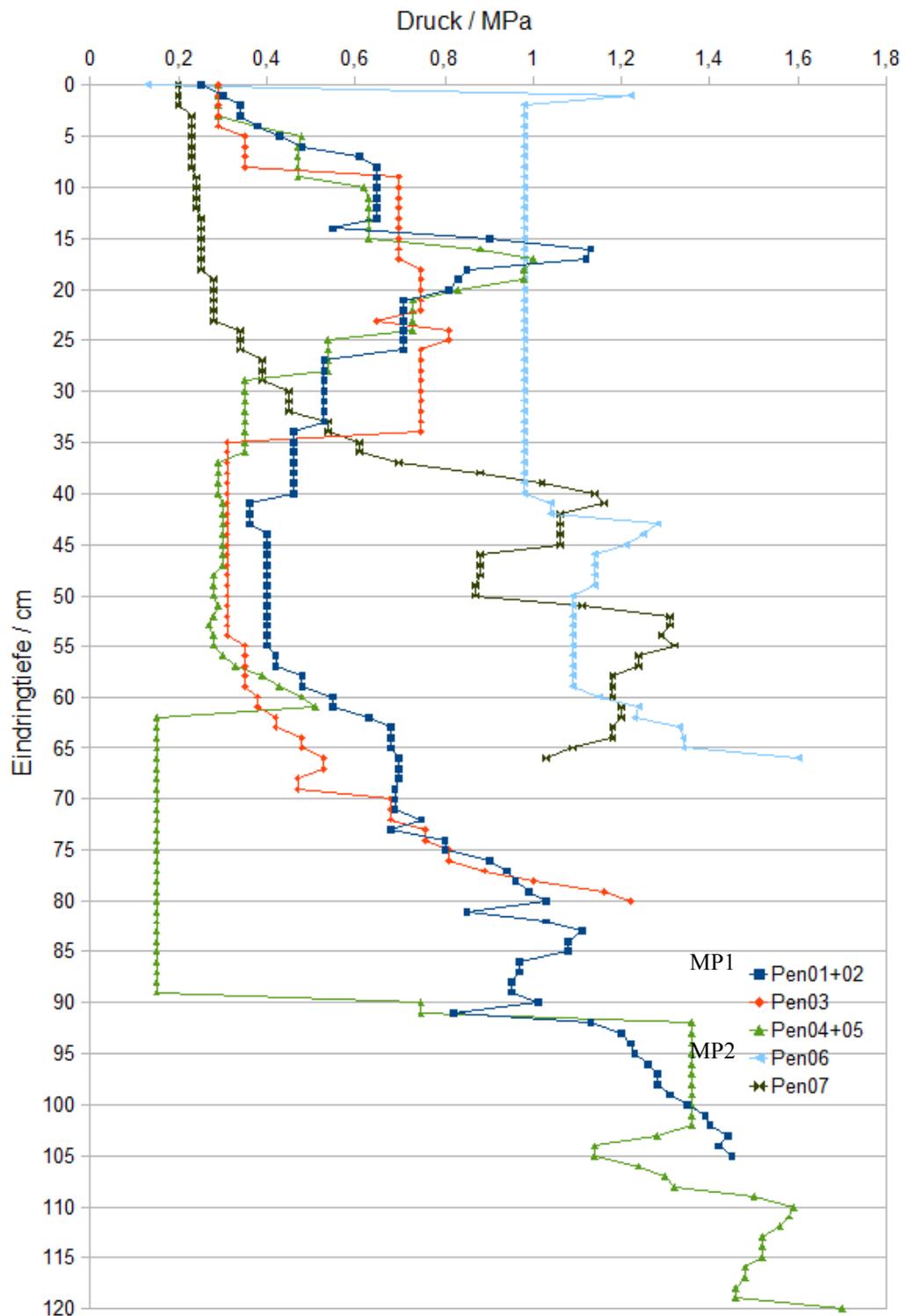


Abbildung 10: Ergebnis der Messung in Illmitz bei der Biologische Station; bearbeitet

6.4.2 SEEBAD ILLMITZ

Weitere Messungen fanden im Hafen des Illmitzer Seebades statt (Abbildung 11). Messungen wurden hier mit dem Echolot, mit dem Vitel-Sensor, mit dem Penetrologger, als auch mit der Ungarischen Rammsonde durchgeführt. Die genaue Lage der Messpunkte ist auf der nächsten Seite zu finden (Abbildung 12). Die Vitelmessungen ergaben eine mächtige wässrige Schlammschicht, die im unteren Bereich auch vom Penetrologger erfasst werden konnte. Durch die geschützte Lage des Hafens kann dieser als Absetzbecken für hereinströmendes Material angesehen werden, somit ist es nicht verwunderlich, dass sich hier eine mächtige Schlammschicht akkumuliert hat. Da es sich hierbei aber hauptsächlich um sehr wässrigen Schlamm handelt, der vom Penetrologger nicht erfasst werden kann, war es an dieser Stelle nur bei einem Messpunkt notwendig die Messungen zu stückeln.



Abbildung 11: Illmitz Seebad; (Google – Kartendaten 2012, besucht am 13.03.2012, 47.753045N, 16.74181W, <http://maps.google.at/maps?q=47.753045,16.74181&hl=de&num=1&t=h&z=17>)

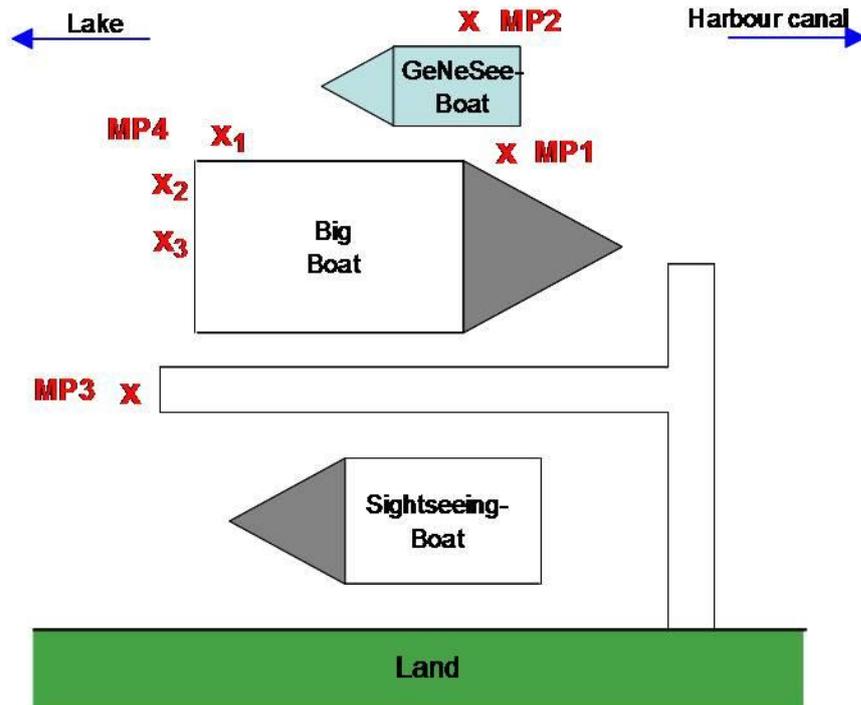


Abbildung 12: Anordnung Messpunkte Seebad Illmitz (Kogelbauer, 2011)

In sind die Ergebnisse der Penetromessungen dargestellt. Die tabellarischen Daten zur Grafik sind im Anhang 14.5 zu finden. Die Daten von Pen 07 und Pen08 sowie Pen 09 und Pen 10 ergeben jeweils eine Messung (Abbildung 13). Das Feldprotokoll befindet sich im Anhang unter 14.4.

Interpretation der Daten:

Bei Pen 01 wurde außerhalb des vom Abstandssensor messbaren Bereichs zu Messen angefangen, somit ergibt sich beim Startpunkt der Grafik schon ein beachtlicher Widerstandswert. Pen 02 wurde an derselben Stelle MessPunkt 1 aufgezeichnet. Bei dieser Messung wurde offensichtlich genau die Oberkante des Schlammes erwischt, da hier der Anfangswert bei Null liegt und ein schön regelmäßiger Anstieg der Widerstandswerte zu verzeichnen ist (Abbildung 13).

MP2, steuerbordseitig des Messbootes, wird der Datensatz Pen 03 zugeordnet. Der Startwert liegt ähnlich wie bei Pen 04-06 (Abbildung 13) und Pen 09 (Abbildung 13). Er wurde durch das anfängliche Aufsetzen auf der Schlammschicht, und somit durch das Eigengewicht des Penetrologgers erreicht. Dies geschah, da die Referenzplatte erst ein gemessen werden musste, und dieser Vorgang bei „schwebendem“ Penetrometer schwierig zu bewerkstelligen ist.

MP3 liegt am Ende des Steges. Hier wurden die Messungen Pen 04-06 durchgeführt. Die Ergebnisse fallen sehr ähnlich aus (Abbildung 13). Dies betrifft sowohl die Anfangswerte, als auch den Anstieg der Kurve.

Zu MP4 gehören die Datensätze von Pen 07-10. Wobei die Datensätze Pen 07 und Pen 08 sowie Pen 09 und Pen 10 ein Messprofil ergeben. Da hier die Schlammschicht mehr als 70 Zentimeter betrug mussten die Messungen gestückelt werden. Wie man sieht

passen die dafür nötigen zwei Messungen jedoch nicht optimal zusammen, da ein Offset zwischen den in rund 60 cm Tiefe gemessenen Widerstandswert und dem Anfangswert nach der Stückelung besteht (Abbildung 13). Dies könnte durch weiteres Einsinken des Penetrologgers während des Umbauens der Referenzplatte erklärt werden, könnte aber auch andere, durch den Messvorgang an sich hervorgerufene, Gründe haben.

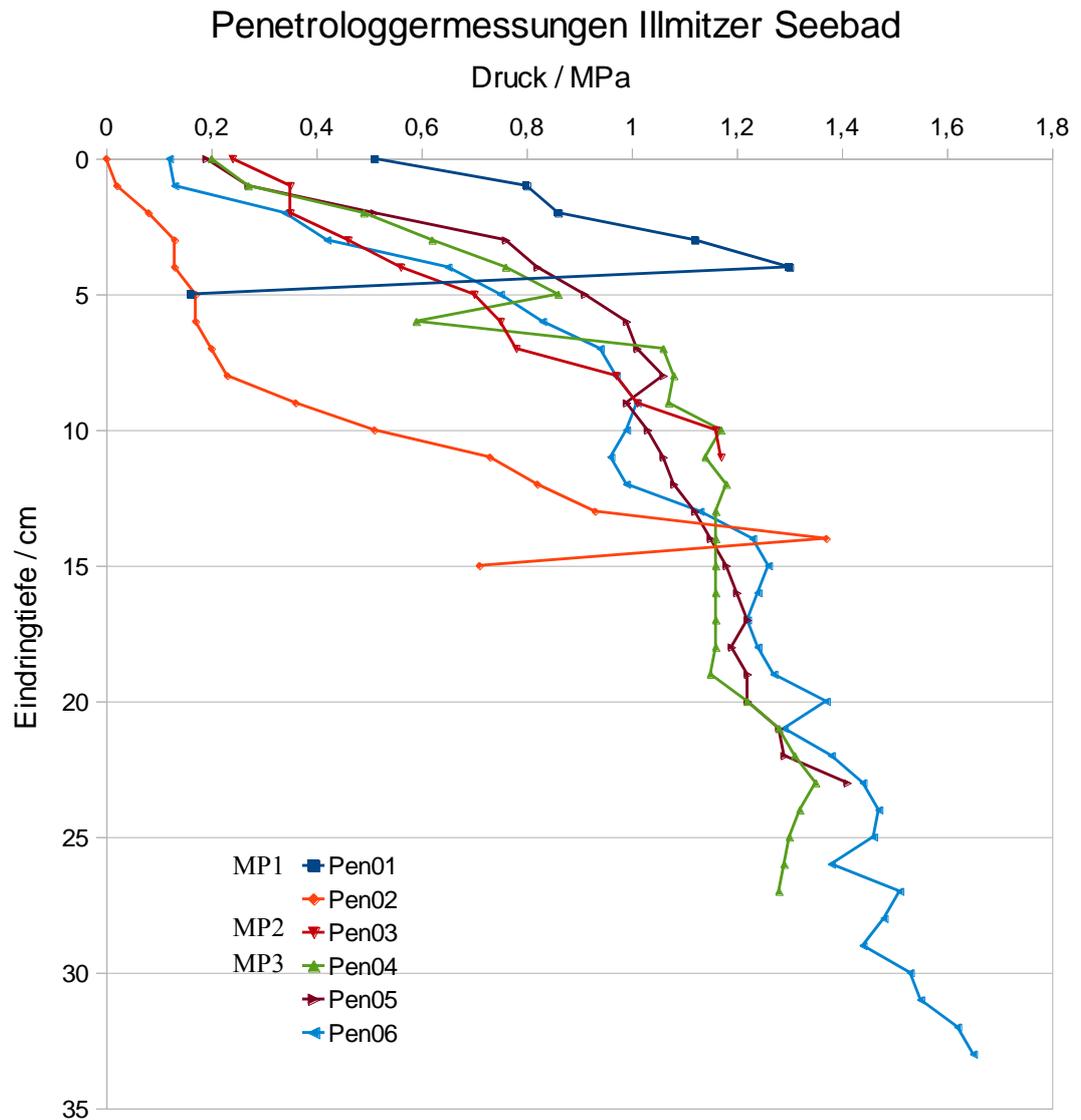


Abbildung 13: Ergebnis Pen01-Pen06 Illmitzer Seebad

Penetrologermessungen Illmitzer Seebad Pen07 bis Pen10

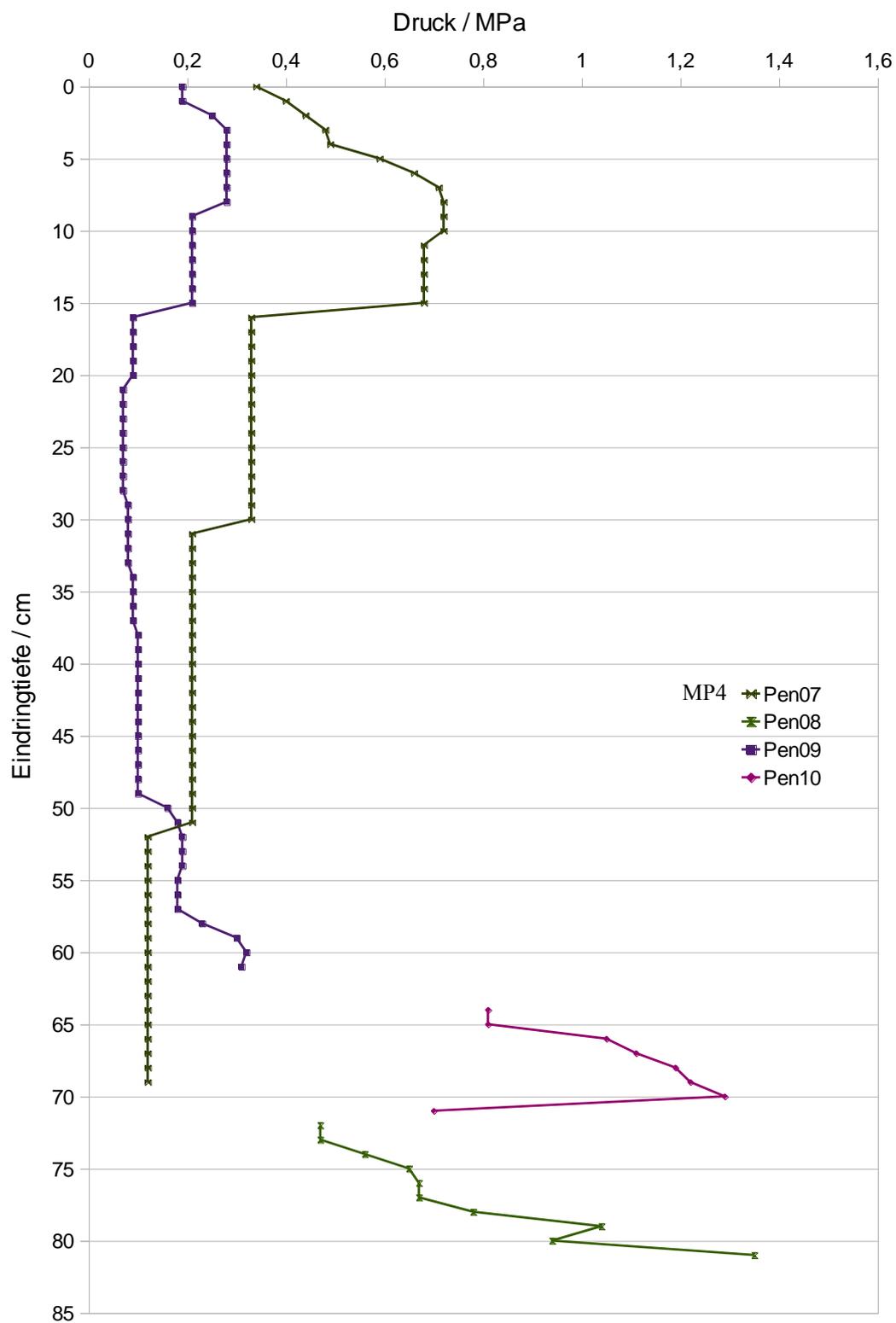


Abbildung 14: Ergebnis MP4 - Pen07 bis Pen10 - Illmitzer Seebad

6.4.3 PROBLEME UND UNZULÄNGLICHKEITEN BEI DEN ERSTEN FELDMESSUNGEN

1. Lageermittlung der Punkte

Die koordinative Vermessung der Punkte durch das eingebaute GPS ist unzureichend. Mit einer angegebenen Genauigkeit von 2-3 m können die Echolotmessungen nicht validiert werden. → Eine genaue GPS Vermessung ist notwendig

2. 80 cm Höherfassung ist nicht ausreichend

Da häufig ein Messbereich von mehr als 80 cm auftritt, ist die durch die Software (nach 80 cm wird automatisch abgebrochen) begrenzte Höhenmessung für unsere Anforderungen nicht adäquat.

3. Referenzfläche

Für den Vergleich mit den Echolotmessungen musste die Referenzfläche bei den ersten Versuchen eingemessen werden. Auch musste für Messbereiche größer als 80 cm bei Referenzplattenverschiebung diese für die Zusammenfügung der beiden Datensätze neu eingemessen werden. Auch ergab sich durch die Referenzplattenverschiebung in der Datenreihe ein Offset, da unter anderem auf Grund des Eigengewichts der Penetrologger während der Umbauarbeiten nicht auf der gleichen Position gehalten werden konnte.

4. Biegung

Durch die teils großen Längen des Gestänges (>3m) ergab sich eine nicht unwesentliche Durchbiegung des Gestänges. Diese verfälscht die Messungen und ist somit nicht erwünscht.

7 UMBAU

Aus denen im vorhergehenden Kapitel angeführten Unzulänglichkeiten ergaben sich folgende Umbauten:

- Datenaufzeichnung extern
- Ersetzen der digitalen Anzeige durch eine analoge
- Neues System zur Abstandsmessung
- Verknüpfung mit dem GPS-System

Da die Software die Höhendifferenz auf 80 cm limitiert, und diese nicht verändert werden konnte, fiel der Entschluss ganz auf diese zu verzichten. Die Spannungen, die die Messzelle liefert werden direkt abgegriffen. Messwerte werden in einem Datalogger der Firma Campbell übertragen und mit einem Zeitstempel versehen. Datenpakete können entweder auf dem Logger gespeichert werden, oder auch direkt an einen Computer weitergeleitet werden. Der auf die Messzelle reduzierte Penetrologger ist in Abbildung 15 ersichtlich.



Abbildung 15: Offener Penetrologger

Da auf die digitale Anzeige gänzlich verzichtet wurde, jedoch eine ungefähre Einschätzung der aufgebrachten Kräfte während der Messung sinnvoll ist, wurde diese durch eine analoge Anzeige ersetzt. Diese zeigt jedoch nur einen prozentualen Wert an.

Da durch die direkte Datenaufzeichnung auch der Ultraschallsensor für die Höhenmessung ausgeschaltet wurde musste ein neuer Weg gefunden werden. So wird mittels GPS die X, Y Koordinaten als auch die Z Koordinate ermittelt, und über die Z-Koordinatenänderung auch die Eindringgeschwindigkeit erfasst werden.

Da für die genaue Erfassung eines GPS- Signals möglichst wenig Abschirmung durch den Ausführenden der Penetrologgermessungen vorhanden sein darf, wurde diese mittels eines „Antennenaufbaus“ weitgehend eliminiert. Der Aufbau des GPS System ist in Abbildung 16 ersichtlich.

Zur Verminderung der Stangendurchbiegung wurde ein Gestängesystem mit größerem Durchmesser in den Werkstätten der Wasserbauinstitute, BOKU Wien angefertigt, welches jedoch auch mit dem Originalverschluss der Kraftmesszelle verbunden werden kann. Der Durchmesser wurde von 10 mm auf 14 mm erhöht, was zu einer beträchtlichen Erhöhung der Stabilität führte.

7.1 GPS

Um eine Genauigkeit von ein bis zwei Zentimetern (laut Hersteller Leica als auch Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Erwin Heine) zu erreichen wurde der in Abbildung 16 dargestellte Aufbau mit einer Referenzstation verwendet.

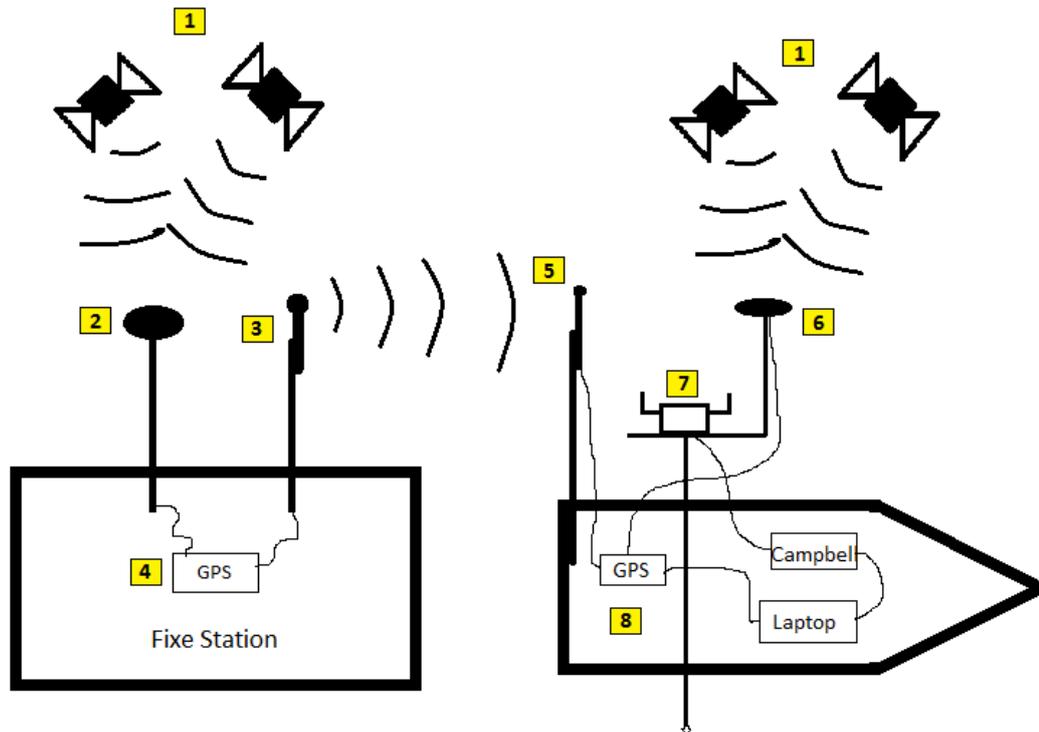


Abbildung 16: Systemaufbau GPS

Legende:

1. Satelliten
Diese senden das Signal zur Bestimmung der Position aus. Je besser die Satellitenposition, desto besser die Auflösung.
2. Der Satellitenempfänger auf der Biologischen Station in Illmitz (bzw. in Breitenbrunn) ist fix montiert. Somit ist eine genaue Lokalisierung möglich.
3. Referenzwertsender für die Abweichungen vom Sollwert der Messungen, welche im GPS-Modul (4) ermittelt werden.
4. Das GPS Modul der fixen Station ermittelt zusätzlich zu den aktuellen Daten, welche per Empfänger (2) hereinkommen die Solldaten für diesen Punkt. Da dieser ja unveränderlich ist kann die genaue Ortsbestimmung zusätzlich über eine Netzwerkverbindung erfolgen. Die Abweichungen die in diesem Moment herrschen, werden über einen Sender (3) an das GPS Modul im Messboot weitergegeben.
5. Referenzwertempfänger, empfängt die von (4) errechneten Referenzwerte.
6. Satellitenempfänger, direkt am Penetrologger montiert.
7. Penetrometer
8. GPS Modul auf dem Boot. Dieses erhält die Daten der Referenzantenne als auch des Satellitenempfängers. Dieser ist direkt auf den Penetrologger montiert. Mit den

referenzierten Daten kann die Station den genauen Standort des Penetrologgers ausweisen. Der genaue Standort wird an den Feldlaptop weitergeleitet, der gleichzeitig auch die Daten des Dataloggers erhält. Somit kann zu jedem Zeitpunkt ein bestimmter Druck einer Position gemessen werden.

7.2 FELDLAPTOP

Auf dem Feldlaptop werden alle gemessenen Daten zusammengeführt und gespeichert. Um erschütterungsbeständig Daten aufzuzeichnen ist dieser mit einer Flash HD ausgestattet.

Eingehende Daten:

GPS –Signal vom GPS-Modul am Boot oder einem beweglichen Messsystems. Dieses enthält: Die Koordinaten des Punktes, einen Zeitstempel und die Qualität des Signals.

Daten vom Datalogger der Firma Campbell:

Dieser sendet Penetrometer- Daten als auch Daten die vom Vitel-Sensor ausgehen. Der Datalogger fügt jedem einzelnen Messwert einen Zeitstempel hinzu.

Der Datalogger schickt alle 0,1 sec ein Datenpaket an den Laptop. Das GPS-Modul schickt ebenfalls alle 0,1 sec ein Paket an den Laptop. Auf diesem laufen 3 von Ing. Wolfgang Sokol, Technischer Mitarbeiter am Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, programmierte Prozesse. Der erste ist dafür zuständig die Daten vom Datalogger aufzusammeln und die Zeitstempel mit der Prozessorzeit des Laptops zu vergleichen. Somit erhält dieser Prozess eine bestimmte Zeitdifferenz von dem Zeitpunkt des Generierens der Daten und dem Aufzeichnen auf dem Laptop. Der zweite Prozess ist für die Aufzeichnung des GPS-Signals und funktioniert gleichermaßen. Da es aber vorkommen kann, dass das GPS-Modul einen schlechten Empfang hat, bzw. es zum Errechnen der Daten länger braucht, kann es sein, dass nicht alle 0,1 sec ein Datenpaket geschickt wird. Somit ist die Zeitdifferenz zwischen Datenerstellung und des Aufzeichnen der Daten vom Prozess am Laptop ausschlaggebend. Der dritte Prozess fügt nun die Informationen der beiden vorhergehenden Prozesse zusammen. Diese Prozesse laufen quasi simultan, soweit dies auf einem auf Windows basierenden System möglich ist. Im Postprocessing werden die Datenpakete die aufgrund von verschiedenen Zeitintervallen nicht zusammenpassen herausgefiltert.

Beispiel: Beide Prozesse, der für den Datalogger als auch der für das GPS-Modul erhalten gleichzeitig ein Paket. Die Daten vom Datalogger wurden vor 0,1 sec generiert, die Daten des GPS-Moduls stammen, auf Grund der längeren Berechnungsdauer wegen schlechten Empfangs, von vor 0,4 sec. Die zwei Datenpakete passen nicht zusammen und werden bei der Ausgabe entfernt. Da die Zeitintervalle und die Ausfälle bei guten Signalstärken jedoch so gering sind werden genug passende Datenpakete generiert um ein aussagekräftiges Messprofil zu erhalten.

Generell werden alle Daten, die erhalten werden, auch gespeichert. Alle Informationen sind für spätere Nachforschungen und Problemlösungen aufgezeichnet.

7.3 FELDBOX

Die Hauptaufgaben der Feldbox ist es alle Bauteile und Messkomponenten zusammen zu fassen und das Equipment vor Nässe und anderen Umwelteinflüssen zu schützen.

Da auch Messungen im Schilf geplant sind wurde auch ein Feldrucksack für eben diese Messungen gebaut. Ein Stecksystem soll das Umstecken der Messinstrumente von Box auf Rucksack möglichst einfach gestalten.



Abbildung 17: Steckerplatte

Zuerst wurde eine Steckerplatte gebaut an der Messinstrumente leicht, auch bei geschlossener Box, ein und ausgesteckt werden können (Abbildung 17). Somit ist die Box vor Spritzwasser geschützt, was eine grundlegende Überlegung bei der Planung war.



Abbildung 18: Einbau Steckerplatte

Die Box selbst wurde mit Styropor ausgeklebt um die Messinstrumente vor Schlägen durch den Wellengang zu schützen. Die Steckerplatte wurde in die dafür vorgesehene Öffnung montiert. Der ganze Aufbau erfolgte abnehmbar auf Grund der Doppelverwendung Box-Rucksack. Schienen für die Module Datalogger der Firma Campbell und GPS Station wurden ebenfalls installiert (Abbildung 18).



Abbildung 19: Einbau Gitter

Als Auflage für den Laptop wurde ein Gitter eingebracht, damit ist sichergestellt, dass die Lüftung des PCs nicht behindert wird (Abbildung 19). Unter dem Gitter befindet sich genügend Platz für Batterien zur Stromversorgung.



Abbildung 20: Einbau Datalogger / GPS

Der Datalogger als auch die GPS Station können auf Trägerplatten montiert, welche in die vorgefertigten Schienen eingeführt werden können (Abbildung 20). Dies schafft einen stabilen Halt als auch eine Möglichkeit die Module auf den Rucksack zu montieren.



Abbildung 21: fertige Box im Feldeinsatz

Die fertige Box wurde zusätzlich mit einem Loch für das Anschlusskabel des GPS - Handmoduls zum Aufsuchen von vorgegebenen Punkten versehen. Damit können die Punkte auch bei geschlossener Box angefahren werden. Das Handmodul kann ebenfalls in der Box verstaut werden (Abbildung 21).

8 KALIBRIERUNG

8.1 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN BELASTUNG UND ANGEZEIGTER SPANNUNG – ZENTRISCHE BELASTUNG

In der, in den Penetrometer eingebauten Messzelle, wird durch die einwirkende Kraft eine Spannung induziert, welche dann durch den Datalogger ausgelesen werden kann. Je nach Qualität der Messzelle sollte dieser Zusammenhang linear sein (Hottinger Baldwin Messtechnik; 2012). Um diesen Zusammenhang zu überprüfen wurde ein Aufsatz für den Penetrologger entwickelt um diesen mit Gewichten bis zu 45kg zu belasten (Abbildung 23).

Dieser Adapter ist aus einer stabilen Holzplatte mit 20 cm Kantenlänge hergestellt. Mit einer großen Schraube, welche auf der Unterseite auf einer Seite abgeflacht wurde kann die Platte in dem Aufnehmer des Penetrologgers befestigt werden. Um eine bessere Passform zu erlangen ist die Schraube mit einem Aluminiumring ummantelt. Die gerade Auflage auf die Messzelle ist durch eine große Beilagscheibe sichergestellt.

Mittels der Schraube kann diese Platte nun in den Penetrologger eingespannt, und für den ersten Versuch zentrisch belastet werden. (Abbildung 22)



Abbildung 22: Verschraubte Adaptionsplatte



Abbildung 23: Adaptionsplatte für den Belastungsversuch



Abbildung 24: Belastungsversuch

Die Belastung erfolgt stufenweise (Abbildung 24). Da die verwendeten Gewichte nicht Normgewichte, sondern selbst erstellte Wägeelemente sind, weichen die genauen Werte von den Normwerten ab. Für die Berechnungen selbst wurden die Gewichte einzeln abgewogen und so die „echte“ Masse ermittelt. Die Berechnungen wurden mit den realen Massen durchgeführt. Jede Belastungsstufe wurde einige Sekunden als solche stehen gelassen, damit sich Schwankungen durch die Zugabe von Gewichten glätten konnten und der Datenbereich des „Aufbringens“ später aus dem Datensatz eliminiert werden kann. Die „Nullmessung“ schließt das Gewicht des Adapters schon mit ein.

8.2 EXZNETRISCHE BELASTUNG

Für die exzentrischen Belastungsversuche wurde wieder die Adapterplatte (Abbildung 22 ff.) verwendet. Die Platte selbst misst 20 cm x 20 cm und wiegt 535,3 g. Auf diese Platte wurde nun ein zylindrischer Gewichtskörper mit 5082 g auf verschiedenen Positionen aufgebracht.

Die Aufbringung der Lasten ist in

Tabelle 2 ersichtlich. So wurde erst eine zentrische Belastung angelegt um einen Vergleichswert zu erlangen. Dann wurde das Gewicht im Uhrzeigersinn auf den in Abbildung 25 ersichtlichen Positionen platziert. Um den Versuch reproduzierbar zu gestalten, wurde der Anschluss an das Datenkabel als Referenzpunkt genommen (in Abbildung 25 mit „Ausgang“ markiert). Die erhaltenen Werte finden sich im Anhang.

Wie man sieht, ist bei einer Gesamtbelastung von 5617,3 g (5082 g Gewicht + 535,3 g Platte) ein Unterschied der Spannung, bezogen auf die Platzierung des Gewichtes feststellbar. In der Tabelle ist bei jeder Position jeweils der Mittelwert aus einer Reihe von Messdaten dargestellt. Der Mittelwert über alle Messungen beträgt 205,7 mV. Dieser Wert weicht nur 0,2 mV von der Position 1, welche eine zentrische Belastung darstellt, ab. Position 10, als Wiederholungsmessung von Position 1, welche ebenfalls eine zentrische Belastung darstellt stimmt mit diesem Mittelwert überein.

Aus diesen Daten ergibt sich eine Standardabweichung von 2,7 mV bei einer Varianz von 7,3 mV. Bei einem Ausgangswert von 205,7 mV erhält man so eine Standardabweichung von 1,3 %. Diese 1,3 Prozentpunkte geben auch den Fehler, welcher durch exzentrische Belastung im Feld entstehen kann, wieder.

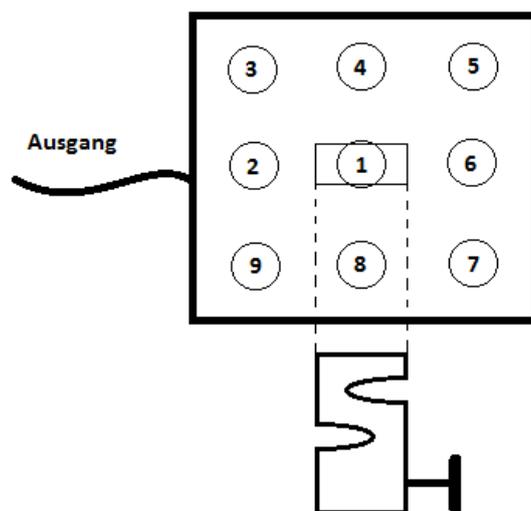


Abbildung 25: Schema exzentrische Belastung

Tabelle 2: Exzentrische Belastung

Position	mV
1	205,5
2	204,7
3	201,7
4	202,5
5	203,5
6	206,8
7	209,9
8	208,9
9	208,0
10	205,7

8.3 GEWICHT \diamond GESTÄNGE

Das Gewicht der diversen Gestänge wurde gewogen und ist in der Tabelle 3 eingetragen. Auch wurde das Gewicht des Penetrologgers selbst und der Anschlussplatte ermittelt. Für das neue Gestänge wurden rechnerisch als auch im Laborversuch ermittelt welche Auswirkungen die Zugkraft der diversen Gestängekombinationen auf die Messdaten hat. So sollte sich durch die negative Druckkraft eine negative Spannung in der Messzelle ergeben. Dies hätte zur Folge, dass bei den Messungen im Feld der Nullpunkt nicht bei Null ist sondern je nach Gestänge ein neuer Ausgangspunkt vorhanden ist. Somit kann die Reduktion der negativen Spannung hin ins Positive schon als Widerstandsanstieg des Schlammes/Bodens gewertet werden.

Für die Versuchsdurchführung wurden die diversen Gestängekombinationen an den Penetrologger gehängt und die induzierte Spannung der bis zu 4,5 m langen Stangen gemessen. Da keine Aufhängung zur Verfügung stand wurde der Penetrologger während des gesamten Messvorganges gehalten.

Tabelle 3: Gewichte \diamond Gestänge

Material	Gewicht in g
Penetrologger	
Adapterplatte	535,3
Conus Nr.3	49,7
Gestänge alt (dünn):	
Oberteil	229,3
Unterteil	180,6
Gestänge alt (dick):	
Oberteil	328,9
Unterteil	279,5
Gestänge neu:	
0,5m	390,3
0,5m	385,3
1,0m	708,5
1,0m	712,3
2,0m	1369,6
Adapterkopf	56,2

Die von Eijkelkamp mitgelieferten Originalgestänge werden als Gestänge alt angeführt. Beim originalen Gestänge gibt es dickere als auch dünnere Varianten. Die dünnere Variante ist für Konus 1 gedacht.

Das neue Gestänge umfasst insgesamt 5 m Stangen. Die Unterschiede der Gewichte bei gleicher Länge sind so marginal, dass dies in weiterer Folge bei den Berechnungen vernachlässigt werden kann. In den Berechnungen wird vom Mittelwert der beiden Werte ausgegangen. Der Adapterkopf wird verwendet um das Gestänge mit dem Penetrologger zu verbinden. Bei dem Originalgestänge ist dieser schon im Oberteil der Stange integriert.

Um das ganze System der Berechnungen zu vereinfachen, wird davon ausgegangen, dass immer die größtmöglichen Stangen verwendet werden. So wird statt zwei 0,5 m Stangen eine 1,0 m Stange verwendet. Das gleiche gilt für das 2 m Gestänge.

8.4 ANALOGE ANZEIGE

Während der Feldmessung werden die Daten auf dem Laptop nicht angezeigt. Dies ist zwar grundsätzlich möglich, jedoch aus folgenden Gründen nicht sinnvoll:

Bei Sonnenlicht kann, trotz Entspiegelung der Oberfläche, vom Bildschirm schlecht abgelesen werden.

Die messende Person hat keinen Blickkontakt zum Bildschirm

Der Messlaptop wäre während der Messung nicht vor Umwelteinflüssen geschützt.

Um dem/der ausführenden der Messungen jedoch ein ungefähres Gefühl für die aufgebrachte Kraft zu vermitteln wurde eine analoge Anzeige in das Gehäuse eingebaut. Die Beschriftung (milliAmper) stimmt nicht mit den gemessenen Werten (milliVolt) überein, stellt jedoch trotzdem einen ausreichenden Referenzwert dar. Anzumerken ist hier, dass nach einigen Messungen sich schnell das Gefühl für die benötigten Kräfte und die maximal aufzubringende Kraft einstellt.

Die analoge Anzeige zeigt Werte von 0 bis 100 mA (= 0 bis 100 mV) in Schritten von je 4 mA (= 4 mV) an. Da diese Anzeige nur zur Überprüfung durch den/der Messenden während des Messvorganges gedacht ist, ist die Beschriftung eben dieser für die Daten irrelevant. So wird die analoge Darstellung als prozentualer Wert des maximal aufzubringenden Druckes verwendet. Da die Anzeige nur in 4er Schritten beschriftet ist, ist auch die Kalibrierung eben dieser nur den Möglichkeiten entsprechend genau.

Der Penetrologger wurde mit dem Feldlaptop verbunden und das Programm Campvid von der Firma Eijkelkamp gestartet. Dieses Programm zeigt die erzeugte Spannung in der Kraftmesszelle in situ auf dem Laptop an. Die erhaltenen Daten wurden auf Grund der nur geringen Genauigkeit der analogen Anzeige direkt vom Bildschirm abgelesen und keine Mittelwerte aus Zeitreihen mit geringen Schwankungen ermittelt. Anfänglich wurde das Penetrometer mit der Adapterplatte belastet. Diese wiegt 535,3 g. Dann wurde das Penetrometer mit den, schon in den vorherigen Kalibrierungen verwendeten, Messgewichten belastet.

Um auch den oberen Bereich der Skala abdecken zu können wurde das Penetrometer gegen den Fußboden gepresst und dann die Daten auf dem Bildschirm in-situ abgelesen. Da bei der Druckaufbringung per Hand eine gewisse Schwankung der Belastung unvermeidbar ist, wurde der Mittelwert der schwankenden Daten am Laptop verwendet.

9 ERGEBNISSE

9.1 LABOR

9.1.1 ZENTRISCHER BELASTUNGSVERSUCH

Der zentrische Belastungsversuch ergab eine auf- und absteigende Pyramide (Abbildung 26).

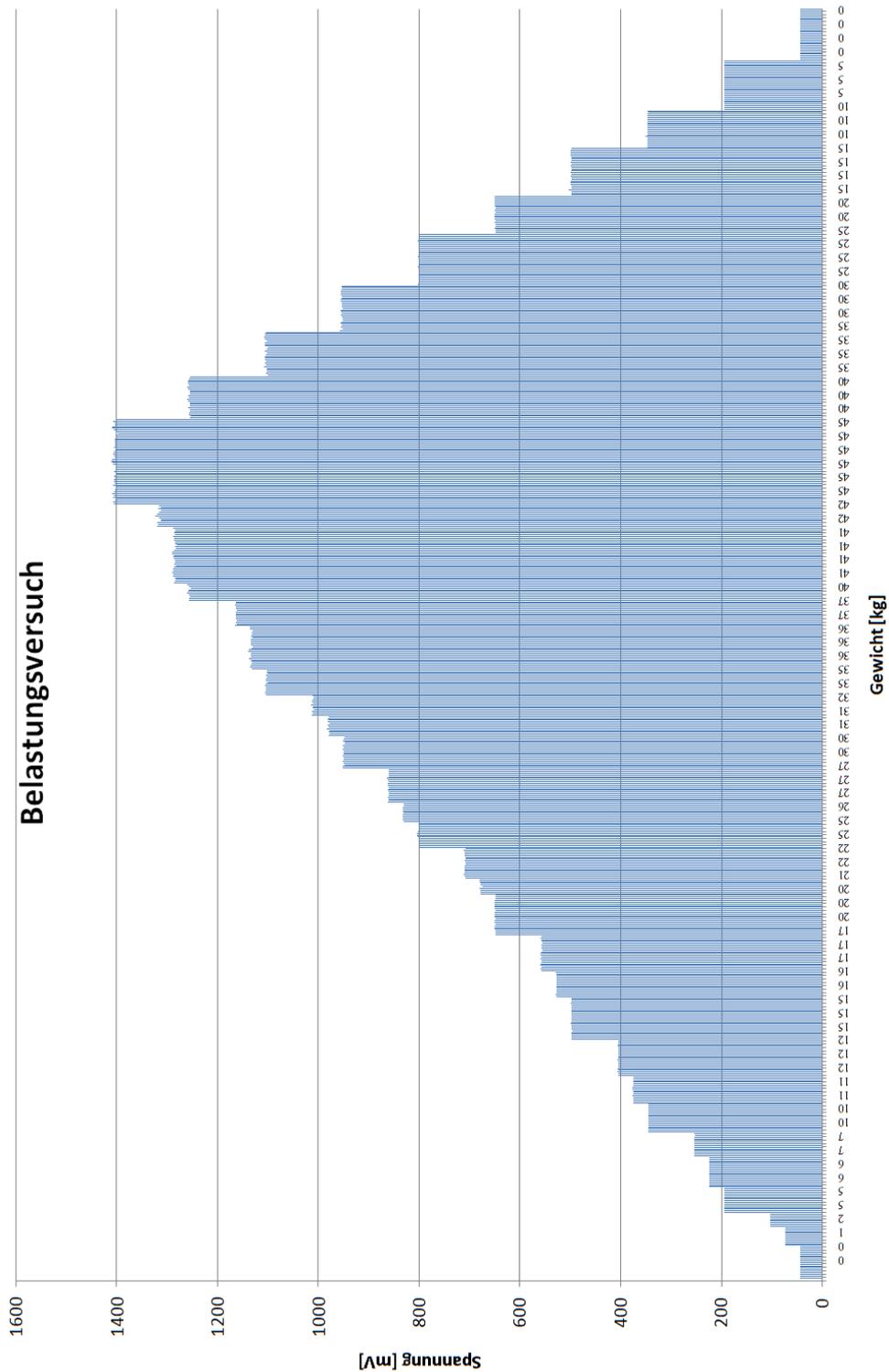


Abbildung 26: Zentrischer Belastungsversuch

Leichte Schwankungen in den Stufen der Pyramide werden höchstwahrscheinlich durch das Beladen mit Gewichten verursacht. Diese These wird durch die stärkeren Schwankungen bei höheren Gewichten (instabilerer Aufbau auf dem Adapter) unterstrichen.

Der aufsteigende Ast der Pyramide wurde weiter verarbeitet und von jeder Stufe wurde der Mittelwert gebildet. Dieser ergibt dann, mit dem Gewicht als zweiter Achse, einen linearen Zusammenhang und somit eine Gerade mit der Formel $y = 29,82x + 44,28$. (Abbildung 27) 44,28 mV ist die Spannung wenn nur das Eigengewicht der Adapterplatte Druck auf die Messzelle ausübt. Die Steigung von $29,82x$ sagt aus, dass bei einer Erhöhung der Gewichtskraft von einem Kilogramm auf den Penetrologger 29,82 mV mehr vom Spannungssensor geliefert wird.

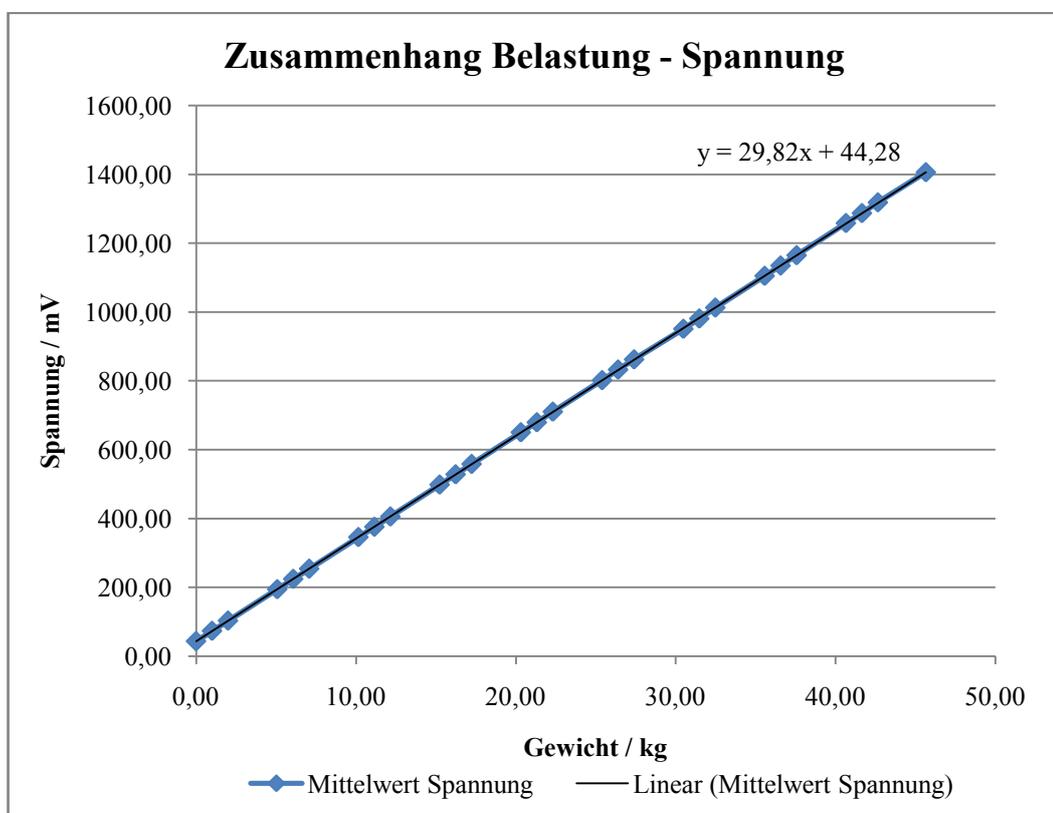


Abbildung 27: Zentrischer Belastungsversuch: Zusammenhang Belastung - Spannung

9.1.2 ANALOGE ANZEIGE

Tabelle 4: Belastungsschritte analoge Anzeige <20kg

Belastungsschritte	g	mV	%	kg
0,0	0,0	38	3	0,00
535,3	535,3	54	4	0,53
5082,0	5617,3	205	15	5,59
5080,3	10697,6	360	24	10,79
5084,9	15782,5	509	35	15,78
5077,9	20860,4	660	44	20,85

Tabelle 4 zeigt die Belastungsschritte. In der ersten Spalte findet sich das neu hinzugefügte Gewicht, in der Zweiten die Summe der Belastung in Gramm. Die dritte Spalte zeigt die bei der gegebenen Belastung gemessenen mV. In der vierten Spalte findet sich der von der analogen Anzeige abgelesene Prozentwert. In der letzten Spalte wurde aus der gemessenen Spannung das Gewicht errechnet welches sich ergibt wenn, wie in 9.1.1 errechnet, 29,82 mV per Kilogramm angesetzt wird. Die Basisspannung ergibt sich unter anderem aus dem Gewicht welches sich unterhalb des Sensors befindet.

Ab 20 kg wurde der Penetrologger auf den Boden gedrückt (siehe 8.4), somit ergeben sich keine Gewichtsmessungen für diesen Bereich (Tabelle 5). Jedoch kann über den zentrischen Belastungsversuch auf ein Gewicht zurückgerechnet werden. Für 100 % auf der Anzeige ergibt sich somit eine Belastung von rund 50 kg. Die Basisspannung ist bei diesen Messungen kleiner, da sich das unter dem Messensor befindliche Gewicht als Zug auswirkt und somit die gemessene Spannung verkleinert. Das in der rechten Spalte angeführte Gewicht ist mit 29,82 mV per Kilogramm errechnet.

Tabelle 5: Belastungsschritte analoge Anzeige >20kg

Belastungsschritte	mV	%	kg
0	18	1	0,00
	610	40	19,84
	900	60	29,56
	1200	80	39,62
	1500	100	49,68

Tabelle 5 ergibt eine Grafik die einen linearen Trend aufweist (Abbildung 28). Da eine Grundspannung von 38,3 mV vorhanden ist, zeigt die Anzeige auch ohne Belastung rund 3 % an. Bei einer Belastung bei welcher das Material unterhalb des Sensors als Zugelement fungiert, und eine Grundspannung von 18,4 mV angezeigt wird, steht die Nadel der analogen Ablese bei rund 1%. Dass die Linie nicht ganz geradlinig abläuft liegt an der eingeschränkten Möglichkeit der Ablesung. Bei größeren Schritten bzw. höheren Werten ist diese Ungenauigkeit nicht mehr so ausschlaggebend.

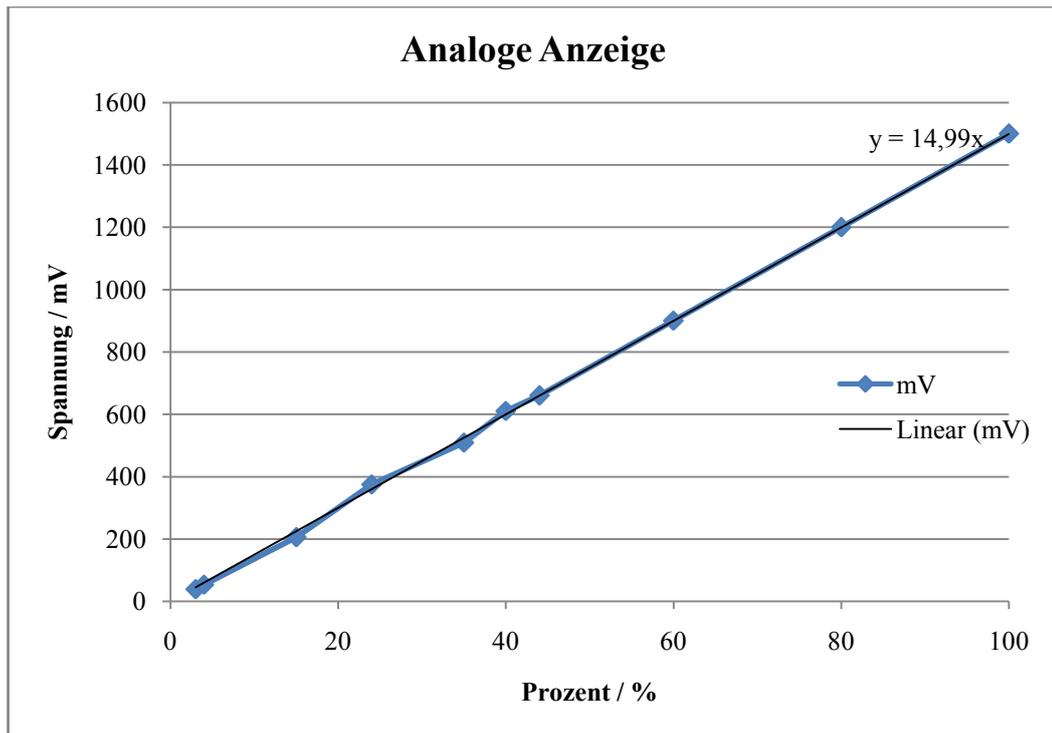


Abbildung 28. Zusammenhang mV - % analoge Anzeige

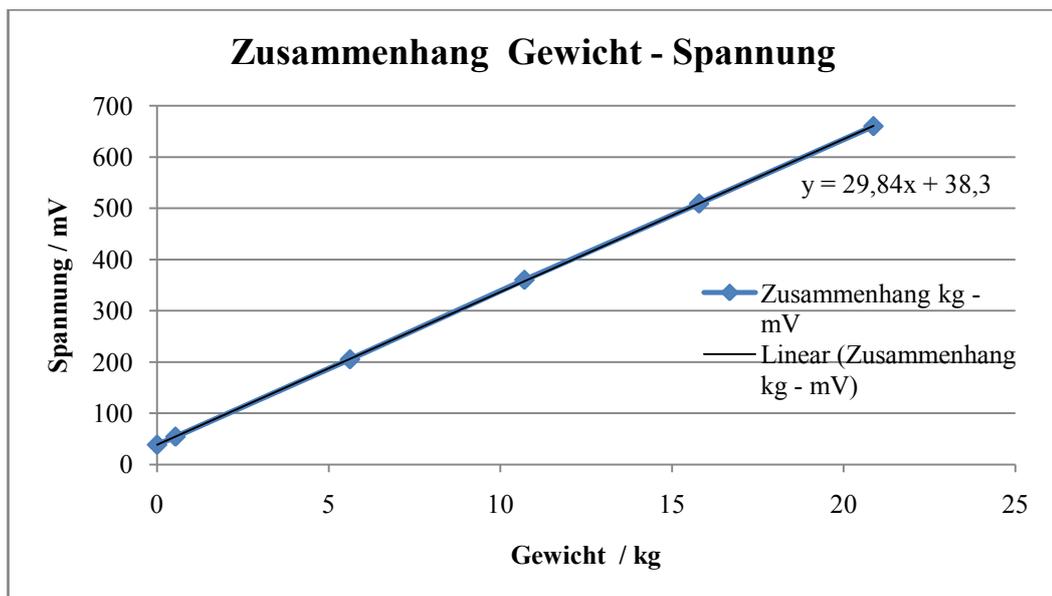


Abbildung 29: analoge Anzeige, Zusammenhang kg - mV

Interessant ist, dass sich wiederum ein linearer Zusammenhang zwischen Gewicht und angezeigter Spannung ergibt (Abbildung 29). Die Steigung von 29,84 mV per Kilogramm ist bis auf 0,02 mV der in Kapitel 9.1.1 entsprechend. Da es sich bei Abbildung 29 jedoch nur um den unteren Randbereich der in Kapitel 9.1.1 untersuchten Gewichtsbandbreite handelt kann diese Übereinstimmung als Validierung für die in den oberen Kapiteln erhaltenen Daten angesehen werden.

9.1.3 GEWICHT <> GESTÄNGE

Tabelle 6: Ergebnisse Belastung (Zug)

Länge in m	Zusammenstellung	Gewicht in g	Gewicht samt Konus und Adapter in g	Basisspannung in mV		
				Berechnet	Gemessen	Differenz
0,5	0,5	387,8	493,7	3,8	3,8	0,0
1	1	710,4	816,3	-5,8	-5,9	0,1
1,5	1+0,5	1098,2	1204,1	-17,4	-17,8	0,4
2	2	1369,6	1475,5	-25,5	-25,9	0,4
2,5	2+0,5	1757,4	1863,3	-37,1	-37,5	0,4
3	2+1	2080,0	2185,9	-46,7	-47,0	0,3
3,5	2+1+0,5	2467,8	2573,7	-58,2	-59,3	1,1
4	2+1+1	2790,4	2896,3	-67,9		
4,5	2+1+1+0,5	3178,2	3284,1	-79,4	-80,5	1,1
5	2+1+1+0,5+0,5	3566,0	3671,9	-91,0		

In Tabelle 6 ist die Zusammenstellung der Versuchsdurchführung angeführt. Diese ergibt für jede Länge ein gewisses Gewicht. Die berechnete Spannung ergibt sich aus der Basisspannung minus der Spannung welche durch das Gewicht des Gestänges induziert wird. Zur Berechnung wurden wieder die 29,82 mV per Kilogramm angesetzt. In der letzten Spalte findet man die Differenz zu der gemessenen Spannung. Diese hält sich in einem akzeptablen Rahmen. Hier muss angemerkt werden, dass auf Grund der Versuchsdurchführung auch schon gemessen wurde, während das Gestänge noch in Schwingung war. Da keine extra Aufbauten für diesen Versuch durchgeführt wurden, war keine Aufhängung des Instrumentes möglich, welche jedwede Schwingung unterbunden hätte. Jedoch zeigt dieser Versuch, wie in Abbildung 30 ersichtlich, dass auch im Zugbereich ein linearer Zusammenhang herrscht. Auch wenn der lineare Trend etwas von dem der zentrischen Belastung abweicht, was höchstwahrscheinlich auf die Versuchsdurchführung zurückzuführen ist, ist das Ergebnis als solches befriedigend.

Als Schlussfolgerung dieses Versuches kann für die Auswertung 29,82 mV/ kg auch im negativen Spannungsbereich der Messungen angesetzt werden. Der lineare Zusammenhang ist eindeutig gegeben.

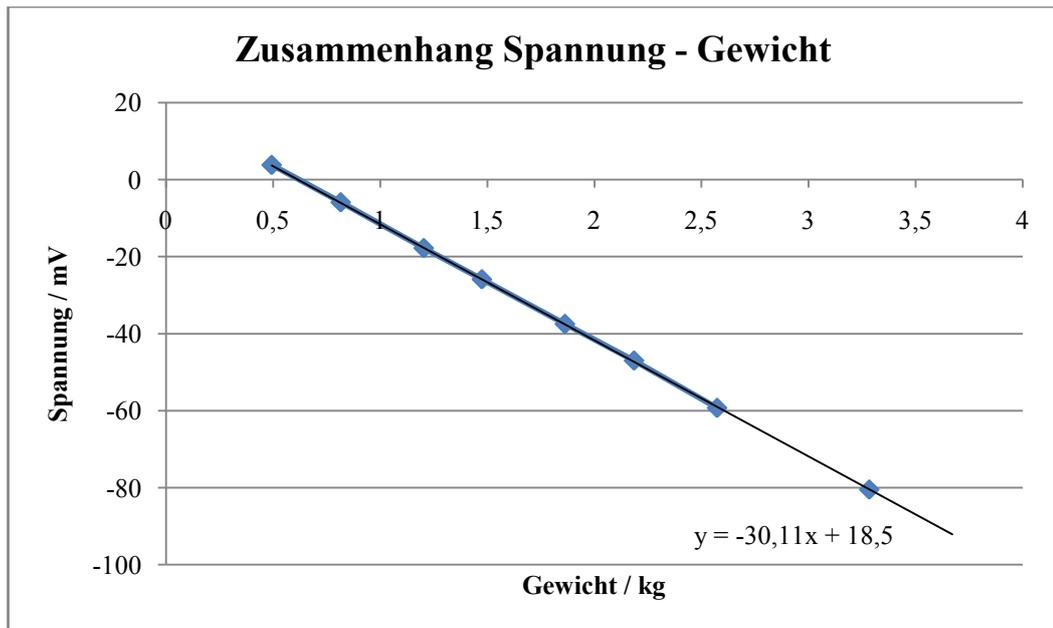


Abbildung 30: Zusammenhang Spannung – Gewicht

9.1.4 KRAFTAUFNEHMER

Da die Dehnmessstreifen des Kraftaufnehmers in der Mitte des Messblockes liegen, wirkt die sich unterhalb befindliche Masse als Zugkraft. Die in Kapitel 0 gemessenen 18,5 mV tatsächlicher Basisspannung ergibt sich aus der theoretischen Basisspannung und der Verminderung eben um die Masse, welche am Dehnmessstreifen zieht. Da in Kapitel 9.1.2 der Penetrologger auf den Kopf gestellt wird, verursacht eben diese Masse nun einen Druck und erhöht die theoretische Basisspannung auf eine gemessene Basisspannung (Offset) von 38,3 mV. Da jeweils die gleiche Masse auf den Messstreifen wirkt und, wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben, die Spannung per Kilogramm im Zug als auch Druckfall gleichzusetzen ist, kann somit die theoretische Basisspannung berechnet werden. $U_{\text{theor}} = (U_{\text{zug}} + U_{\text{druck}}) / 2$. Somit ergeben sich 28,4 mV als theoretische Basisspannung.

9.2 FELD

Die erfolgten Umbauten am System Penetrometer, welches durch Kalibrierungen validiert wurde, wurden als letzter Schritt im Feld getestet. Ing. Wolfgang Sokol, Technischer Mitarbeiter am Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, erstellte ein Programm, das die erhaltenen Daten auslesen und graphisch darstellen kann. (Beispiel Abbildung 31)

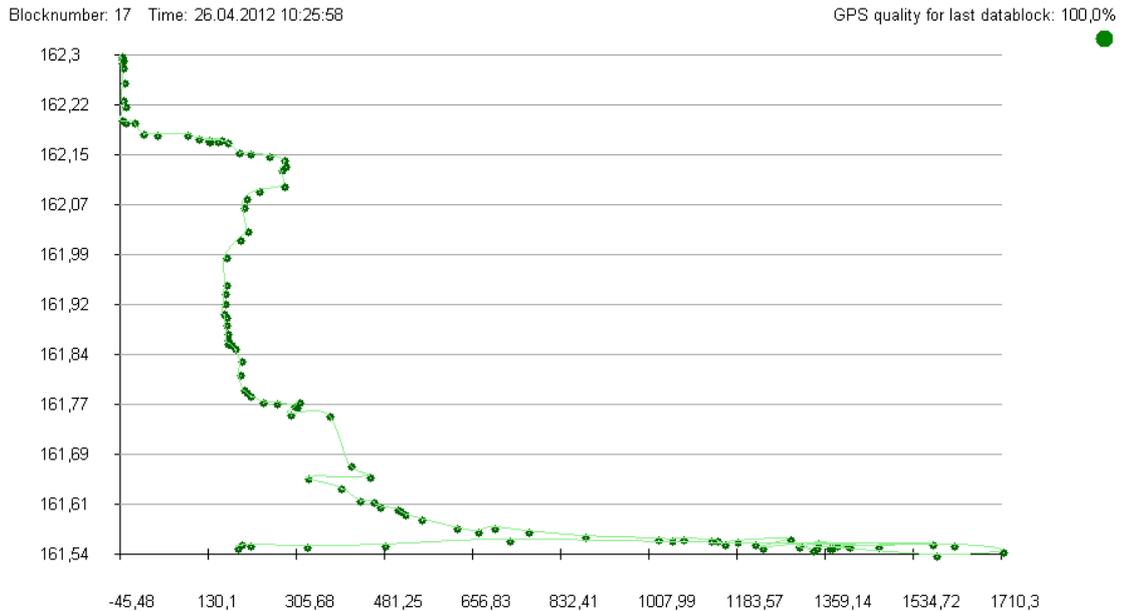


Abbildung 31: Messung Schotterinsel Neusiedlersee, 2012

Abbildung 31 ist mit diesem Programm erstellt worden und zeigt eine Messung in der Nähe der Schotterinsel im Neusiedlersee. Die Daten sind nicht höhenkorreliert, somit spiegelt die y-Achse nicht die genauen müA Informationen wieder. Der Beginn der Spannungsmessung liegt deshalb im negativen Bereich, da das Gewicht des Gestänges Zug auf den Messsensor ausübt. In den Obersten 10 cm der Messung ist das Gestänge noch frei im Wasser und erfährt keinen Widerstand. Danach nimmt der Widerstand deutlich zu. Zu erkennen ist, dass es hier eine Schichtung im Schlamm gibt. Nach dem Durchstoßen dieser Schicht wirkt wieder weniger dichtes Material dem Penetrometer entgegen. Nach rund 80 cm steigt der Widerstand stark an es wird eine Spannung von über 1500 mV abgegeben (die rund 50 kg Belastung entspricht).

Auch fällt auf, dass die Datenpunkte sehr dicht gelagert sind, dies ist ein Zeichen für die Genauigkeit des GPS-Signals.

10 BESCHRÄNKUNGEN DES SYSTEM PENETROLOGGER

Durch den Umbau des System- Penetrologger konnten viele, vom Original ausgehenden, Beschränkungen umgangen werden. Der Penetrologger wurde modifiziert und optimiert, soweit das System an sich dies zulässt. Trotz all dieser Modifizierungen ergeben sich, meist durch den Messvorgang an sich, Beschränkungen bzw. systematische Fehler, die hier angeführt und erläutert werden.

10.1 SYSTEMATISCHER FEHLER

Der Penetrologger wurde mit einem Kragarm für die Montage des GPS-Empfangsmoduls ausgestattet, um mögliche Abschirmungen durch den Körper des Messenden zu vermeiden (Abbildung 32). Da für die Messgenauigkeit von ein bis zwei Zentimetern eine gute Signalstärke vorhanden sein muss. Durch diesen Kragarm liegt der GPS- Empfänger nicht zentrisch über der Messzelle, und gibt somit nicht die genaue X-Y Position der Messung an. Durch die Exzentrizität von 34,5 Zentimetern, ergibt sich ein systematischer Fehler bei allen Messungen. Da die zu messenden Punkte auch nicht alle mit der Zille gleich angefahren wurden, bzw. die Zille nicht bei allen Messungen den Bug in die gleiche Himmelsrichtung stellen kann, kann nachträglich dieser Fehler nicht korrigiert werden. Weitere Tatsachen wie, dass nicht immer auf der gleichen Seite des Bootes gemessen wurde, und dass bei der Messung selbst sich das GPS-Modul nicht immer rechterhand befand machen nachträgliche Änderungen der Daten unmöglich.

Die somit gemessenen Punkte sind von der X-Y Lage her in Wirklichkeit 34,5 Zentimeter im Radius rund um die zu diesen Punkten angegebenen X-Y Koordinaten situiert. Da in jedem Messpunkt drei Messungen durchgeführt werden, wird das Ergebnis der Variabilität dieser Messungen Aufschluss darüber geben, ob dieser systematische Fehler schwerwiegend, oder negierbar ist.



Abbildung 32: Messung Penetrologger

Eine Lösung dieses Problems wäre das Umbauen der Ansteckanrichtung des GPS-Empfängers, so dass das Modul zentrisch über dem Kraftmesser sitzt. Dies müsste jedoch, in solch einer Form geschehen, dass der Messende dadurch nicht behindert wird.

Anzumerken ist hier auch, dass der in Abbildung 32 gezeigte Ausleger die zweite Version darstellt. Die erste Version hatte eine größere Auskrägung als auch eine größere Höhe. Dies führte zu gewissen Instabilitäten, welche durch die neue Version verringert wurden. Auch konnte in der neuen Version keine Verschlechterung der Abschirmung durch den Körper des Messenden nachgewiesen werden.

10.2 HÖHENBESCHRÄNKUNGEN

Durch den Wegfall der Abstandsmessung mittels Infrarotsensor als auch der Referenzplatte ist zwar theoretisch eine unendlich tiefe Messung möglich, wird aber in der Praxis durch zwei Faktoren verhindert:

Erstens entsteht eine Beschränkung durch die Körpergröße des Messenden. Würde man den Penetrologger an der Sondierstange an sich halten, so bekäme man als Messergebnis nur das Eigengewicht des Gerätes. So kann wie in Abbildung 32 ersichtlich, der Penetrologger nicht höher gehalten werden als an den Auskrägungen des Fixiersystems des GPS-Empfängermoduls. Da diese oberhalb des Messensors montiert ist kann auch von dieser Position Druck ausgeübt werden. Jedoch sollte hier bedacht werden, dass nicht zu viel Druck ausgeübt wird, da das Aluminiumgestänge nicht zentrisch über der Messzelle montiert ist. Näheres zu exzentrischen Belastung in Kapitel 8.2.

Diese Höheneinschränkung von etwas mehr als zwei Metern kann durch erhöhten Stand z.B. auf einer Zille oder Steg vermindert werden. Bei großen Schlammtiefen, welche im Schilf vermutet werden, kann eine erhöhte Messtiefe durch Messung von einer Plattform und Übergabe des Messinstrumentes an einen Mitarbeiter auf niedrigerem Niveau erreicht werden.

Zweitens entsteht eine Messtiefeneinschränkung durch das Gestänge des Penetrologgers. Trotz des neuen Gestänges mit größerem Durchmesser und somit höherer Biegesteifigkeit als das Original, ergeben sich bei Längen über drei Metern bei erhöhter Krafteinwirkung beträchtliche Biegungen. So ist bei durchdringbaren Schichten zu empfehlen, dass ein Mitarbeiter, trotz möglicher Verfälschung der Werte, die Stange zentrisch hält. Da sich die Ausbiegungen nur bei erhöhter Kraftaufbringung ausbilden, und sich somit nicht im „sensiblen Bereich“ am Anfang des messbaren Spektrums befinden, wird eine gewisse Unschärfe der Spannungsdaten zum Wohle der Intaktheit des Messequipments akzeptiert.

Eine weitere Einschränkung für eine zu große Messlänge liegt darin, dass das System nur sehr instabil haltbar wird.

10.3 KRAFTAUFNEHMER

Wie genaue Leser dieser Arbeit feststellen werden, ist die Basisspannung der Versuche 9.1.1 Zentrischer Belastungsversuch und 8.2 Exznetrische Belastung unterschiedlich. Zwischen diesen beiden Belastungsversuchen wurde eine ganze Messreihe mit rund 200 Messungen durchgeführt. Hierbei kann es sein, dass durch die teils exzentrische Belastung (das Boot wurde, während der Messung, vom Wind auf das Messgestänge gedrückt) zu einer Verformung des Messkörpers kam. Dies kann zu Verformungen des Federkörpers an sich führen und somit die Basisspannung verändern. Am Anfang einer Messserie empfiehlt es sich, die Basisspannung nachzumessen um Abweichungen in der Auswertung möglichst gering zu halten. Wichtig hierbei ist, dass die Feststellschraube dabei in den Adapter geschraubt ist.

11 ZUSAMMENFASSUNG & AUSBLICK

Das Basissystem Penetrologger wurde erfolgreich umgebaut. Es wurde die Reichweite der Messung auf theoretisch unendlich erweitert, wobei die Messpunkte nun per GPS mit 2 cm Genauigkeit vermessen werden können. Die erhaltenen Daten werden mit einem externen Datalogger gesammelt und mit einem Zeitstempel versehen. Somit ist die mögliche Anzahl von Messungen nur durch die Speicherkapazität des Computers begrenzt. Das neu entwickelte System wurde im Labor kalibriert und Hintergrundinformation generiert. Das neue Penetrologger-System wurde bereits auf Feldtauglichkeit geprüft. Die Dauer einer Messkampagne wird nur durch die Kapazität der Batterie begrenzt. Somit ist es möglich einen ganzen Tag oder, bei Batteriewechsel, auch länger zu messen.

Um den Systematischen Fehler des exzentrischen GPS-Empfängers auf dem Penetrometer auszuschalten, wurde ein neues Gestänge, welches diesen Empfänger genau über der Messzelle platziert, angefertigt.

Der Fehler der Kraftmesszelle wird ausgeschaltet, indem vor jeder Messreihe die Basisspannung erhoben wird und nachträglich im Postprocessing die Daten damit abgeglichen werden.

Die durchgeführten Messungen ergeben plausible Werte. Es ist möglich unterschiedlich dichte Schichtungen im Schlamm zu erkennen (Abbildung 31). Diese wurden stichprobenartig mit den Echolotmessungen verglichen und stimmen an den gemessenen Orten im Wesentlichen mit diesen überein (Kogelbauer, 2011).

Mit dem neuen System können systematisch Messungen an definierten Punkten im See durchgeführt werden. Weiters werden Messungen am Schilfrand seeseitig- als auch landseitig erfolgen. Somit entstehen Transekte durch den Schilfgürtel. Dadurch werden auch dort, wo es dem Messboot nicht möglich war Echolotmessungen durchzuführen, Daten generiert, auf das Feldnotebook übertragen und gemeinsam mit den GPS-Daten gespeichert.

12 ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

Abbildung 1: Kernprobe Neusiedlersee 2012	4
Abbildung 2: Beziehung zwischen Belastbarkeit und Wassergehalt (moisture content) für Torferde mit einem Organikanteil von 40 bis 50% (Schothorst, 1982)	7
Abbildung 3: Beziehung zwischen Eindringwiderstand und Matrixpotential (in cm Wassersäule) (Schothorst, 1982).....	7
Abbildung 4: Beziehung zwischen Eindringwiderstand und Lagerungsdichte bei unterschiedlichen organischen Anteilen, für zwei verschiedene Matrixpotentiale ($pF = 0,4 = 2,5 \text{ cm}$ und $pF 2,0 = 100\text{cm}$) (Schothorst, 1982).....	8
Abbildung 5: Aufbau Penetrologger (Eijkelkamp, 2007)	9
Abbildung 6: Messungen im Sandkübel - Start aufgesteigt, 5.12.2011, LAB01121- PLOTX004 ...	13
Abbildung 7: Messungen im Sandkübel – Start in der Luft, 5.12.2011, LAB01121- PLOTX002..	13
Abbildung 8: Biologische Station/Steg (Google – Kartendaten 2012, besucht am 13.03.2012, 47.769979N, 16.752816W, http://maps.google.at/maps?q=47.769979,16.752816&hl=de&num=1&t=h&z=16).....	14
Abbildung 9: Anordnung Messpunkte Station Illmitz - Steg (Kogelbauer, 2011)	14
Abbildung 10: Ergebnis der Messung in Illmitz bei der Biologische Station; bearbeitet	16
Abbildung 11: Illmitz Seebad; (Google – Kartendaten 2012, besucht am 13.03.2012, 47.753045N, 16.74181W, http://maps.google.at/maps?q=47.753045,16.74181&hl=de&num=1&t=h&z=17) ...	17
Abbildung 12: Anordnung Messpunkte Seebad Illmitz (Kogelbauer, 2011).....	18
Abbildung 13: Ergebnis Pen01-Pen06 Illmitzer Seebad.....	19
Abbildung 14: Ergebnis MP4 - Pen07 bis Pen10 - Illmitzer Seebad	20
Abbildung 15: Offener Penetrologger.....	22
Abbildung 16: Systemaufbau GPS	23
Abbildung 17: Steckerplatte	25
Abbildung 18: Einbau Steckerplatte	25
Abbildung 19: Einbau Gitter.....	26
Abbildung 20: Einbau Datalogger / GPS.....	26
Abbildung 21: fertige Box im Feldeinsatz.....	27
Abbildung 22: Verschraubte Adaptionplatte.....	28
Abbildung 23: Adaptionplatte für den Belastungsversuch.....	28
Abbildung 24: Belastungsversuch	29
Abbildung 25: Schema exzentrische Belastung.....	30
Abbildung 26: Zentrischer Belastungsversuch	33
Abbildung 27: Zentrischer Belastungsversuch: Zusammenhang Belastung - Spannung.....	34
Abbildung 28. Zusammenhang mV - % analoge Anzeige.....	36
Abbildung 29: analoge Anzeige, Zusammenhang kg - mV	36
Abbildung 30: Zusammenhang Spannung – Gewicht	38
Abbildung 31: Messung Schotterinsel Neusiedlersee, 2012.....	39
Abbildung 32: Messung Penetrologger.....	40
Tabelle 1: Konus (Eijkelkamp, 2007)	9
Tabelle 2: Exzentrische Belastung.....	30
Tabelle 3: Gewichte \diamond Gestänge.....	31
Tabelle 4: Belastungsschritte analoge Anzeige <20kg	35

Tabelle 5: Belastungsschritte analoge Anzeige >20kg.....	35
Tabelle 6: Ergebnisse Belastung (Zug).....	37

13 LITERATURVERZEICHNIS

Becher, H. (1998). Resistances to penetration of aggregates from loess-driven topsoils at different soil water tensions. *Soil Till. Res.*, 47 , pp. 73-81.

BOKU. (2011). Projektantrag 31.01.2011 *Geodätische Neuerfassung des Systems Neusiedler See - Hanságkanal*. Wien: Version / HU 1.06 (B156), 04.02.2009.

Csaplovics, E. (1985b). *Die land- und seeseitige Ausdehnung des Schilfgürtels des Neusiedler Sees*. Bgld. Landesmuseum (ed.). Eisenstadt: AGN-Forschungsbericht Neusiedler See.

D'Amboise, C. J. (2012). *Development of Profile Measurements using a Frequency Domain Reflectometry Sensor in a Soft Sludge, and Calibration for use in the Neusiedlersee*. MSc thesis, Vienna.

Eijkelkamp. (2007). *Gebrauchsanweisung 06.15.SA Penetrologger-Set*.

Eitzinger, J., Kubu, G., Formayer, H., Haas, P., Gerersdorfer, T., Kromp-Kolb, H. (2009):. *Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt des Neusiedlersees (Endbericht im Auftrag der Burgenländischen Landesregierung vom 15. Juli 2005)*. BOKU-Met Report 1 ISSN 1994-4179. ISSN 1994-4187 (on-line) – <http://www.boku.ac.at/met/report/>.

Gattinger, T. (1975). Das hydrologisch Einzugsgebiet des Neusiedlersees. In *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* (pp. 331-346). Wien: Verh. Geol. B.-A.

Hottinger Baldwin Messtechnik. (n.d.). <http://www.qe-online.de>. Retrieved März 16., 2012, from Quality Engineering: http://www.qe-online.de/html/portlet/ext/articles-portlet/articles_content/print.jsp?groupId=16537499&articleId=32610454&companyId=1&accountId=7&version=1.0&p_1_i_d=27527751&articlePk=32610453&layId=5&langId=de_DE

Jungwirth, M. (1977). *Ein Beitrag zur Beziehung Strömung - Sedimentbeschaffenheit - Bodenfauna des Neusiedlersees*. Sonderdruck aus dem BFB, 29, 52-57 .

Kalmar, I., 1982: Hydrographische Verhältnisse des Neusiedlersees. In: Antal, E., Kalmar, I., Kovats.Z., Kozma, F., Kozmane T.E., Nagyne, D.A., Pannonhalmi, M., Walkovsky, A., 1982: (1982). *Naturverhältnisse des Neusiedlersees (A fertő-to termeszeti adottsagai)*. *Az Eszaki-dunántuli Vizügyi Igazgatóság és az Országos Meteorológiai Szolgálat*, Budapest, : ISBN 9630221284; ISBN 9637701591,.

Kogelbauer, I. (2011, Dezember 06). Präsentation, GENESEE Treffen, Messmethodik für Hydraprobe / Penetrologger / GPS. Sopron, Hungary.

Löffler, H. (. (1979). *Neusiedlersee: The Limnology of a shallow lake in central europe. (Monographiae biologicae)*. The Hague: Dr. W. Junk bv Publishers.

Österreichisch- Ungarische Gewässerkommission, 1996:. (Ministerium für Verkehr, Nachrichtenwesen und Wasserwirtschaft, H-1077 Budapest, Jubiläumsschrift.). *40 Jahre Österreichisch- UngarischeGewässerkommission (1956-1996), Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft, A-1010 Wien;*.

Preisinger, A. (1979). *Sedimentbildung im Neusiedlersee*.

Schothorst, C. (1982). Drainage and behaviour of peat soils. Institute for Land and Watermanagement Research (ICW), Wageningen, Netherlands.

Tauber, A. (1959). *Geologische Stratographie und Geschichte des Neusiedlerseegebietes*. Wiss. Arb. Bgld. 23: 18-24.

Wind, G., & Schothorst, C. (1964). The influence of soil properties on suitability for grazing and of grazing soil properties. 8th Congr. Soil Sci., Bucarest. Misc. Rep. 56, ICW, Wageningen, Netherlands.

14 ANHANG

14.1 EIJKELKAMP LAB01121 – PLOTX002

EIJKELKAMP PENETROLOGGER SN 0

Projectname : LAB01121
Username : CHM
Plotname : PLOTX002
Plotdate : 05.12.2011
Nr. of pen/plot : 3
Nr of pen done : 12
Cone type : 3.3cm2 60deg
Penetrationspeed : 2 cm/s
Depth meas unit : cm
Pressure meas unit : MPascal

Depth	Pen01	Pen02	Pen03
0	0,00	0,01	0,01
1	0,00	0,01	0,01
2	0,00	0,03	0,01
3	0,01	0,07	0,01
4	0,02	0,10	0,03
5	0,06	0,14	0,07
6	0,09	0,20	0,14
7	0,15	0,25	0,18
8	0,19	0,30	0,23
9	0,25	0,36	0,30
10	0,31	0,41	0,30
11	0,38	0,47	0,38
12	0,44	0,53	0,38
13	0,52	0,58	0,48
14	0,59	0,66	0,58
15	0,68	0,72	0,58
16	0,76	0,82	0,66
17	0,85	0,88	0,86
18	0,96	1,09	0,96
19	1,04	1,21	1,12
20	1,11	1,27	1,12
21	1,22	1,28	1,21
22	1,27	1,35	1,38
23	1,30	1,45	1,38

14.2 EIJKELKAMP LAB01121 – PLOTX004

EIJKELKAMP PENETROLOGGER SN 0

Projectname : LAB01121
 Username : CHM
 Plotname : PLOTX004
 Plotdate : 05,12,2011
 Nr, of pen/plot : 3
 Nr of pen done : 12
 Cone type : 3,3cm2 60deg
 Penetrationspeed : 2 cm/s
 Depth meas unit : cm
 Pressure meas unit : MPascal

Depth	Pen01	Pen02	Pen03
0			
1			
2			
3			
4	0,14	0,11	0,12
5	0,16	0,14	0,15
6	0,22	0,19	0,19
7	0,28	0,27	0,25
8	0,34	0,32	0,31
9	0,39	0,36	0,31
10	0,43	0,42	0,39
11	0,5	0,46	0,46
12	0,55	0,5	0,55
13	0,62	0,55	0,58
14	0,72	0,63	0,65
15	0,79	0,68	0,75
16	0,89	0,82	0,83
17	0,93	0,98	0,95
18	1,09	1,05	1,01
19	1,19	1,1	1,09
20	1,29	1,18	1,13
21	1,29	1,17	1,19
22	1,37	1,23	1,2

14.3 EIJKELKAMP ISTE0831

EIJKELKAMP PENETROLOGGER SN

0

Projectname : ISTE0831
 Username : IHLW2011
 Plotname : PLOT-001
 Plotdate : 31.08.2011
 Nr, of pen/plot : 20
 Nr of pen done : 7
 Cone type : 3,3 cm2 60deg
 Penetrationspeed : 2 cm/s
 Depth meas unit : cm
 Pressure meas unit : MPascal

Depth	Pen01	Pen02	Pen03	Pen04	Pen05	Pen06	Pen07
0	0,25	0,85	0,29	0,29	0,15	0,13	0,2
1	0,3	1,03	0,29	0,29	0,15	1,22	0,2
2	0,34	1,11	0,29	0,29	0,15	0,98	0,2
3	0,34	1,08	0,29	0,29	0,15	0,98	0,23
4	0,38	1,08	0,29	0,38	0,15	0,98	0,23
5	0,43	0,97	0,35	0,48	0,15	0,98	0,23
6	0,48	0,97	0,35	0,47	0,15	0,98	0,23
7	0,61	0,95	0,35	0,47	0,15	0,98	0,23
8	0,65	0,95	0,35	0,47	0,15	0,98	0,23
9	0,65	1,01	0,7	0,47	0,15	0,98	0,24
10	0,65	0,82	0,7	0,62	0,15	0,98	0,24
11	0,65	1,13	0,7	0,63	0,15	0,98	0,24
12	0,65	1,2	0,7	0,63	0,15	0,98	0,24
13	0,65	1,22	0,7	0,63	0,15	0,98	0,25
14	0,55	1,23	0,7	0,63	0,15	0,98	0,25
15	0,9	1,26	0,7	0,63	0,15	0,98	0,25
16	1,13	1,28	0,7	0,88	0,15	0,98	0,25
17	1,12	1,28	0,7	1	0,15	0,98	0,25
18	0,85	1,31	0,75	0,98	0,15	0,98	0,25
19	0,83	1,35	0,75	0,98	0,15	0,98	0,28
20	0,81	1,39	0,75	0,83	0,15	0,98	0,28
21	0,71	1,4	0,75	0,73	0,15	0,98	0,28
22	0,71	1,44	0,75	0,73	0,15	0,98	0,28
23	0,71	1,42	0,65	0,73	0,15	0,98	0,28
24	0,71	1,45	0,81	0,73	0,15	0,98	0,34
25	0,71		0,81	0,54	0,15	0,98	0,34
26	0,71		0,75	0,54	0,15	0,98	0,34
27	0,53		0,75	0,54	0,15	0,98	0,39
28	0,53		0,75	0,54	0,75	0,98	0,39
29	0,53		0,75	0,35	0,75	0,98	0,39
30	0,53		0,75	0,35	1,36	0,98	0,45
31	0,53		0,75	0,35	1,36	0,98	0,45
32	0,53		0,75	0,35	1,36	0,98	0,45
33	0,53		0,75	0,35	1,36	0,98	0,54
34	0,46		0,75	0,35	1,36	0,98	0,54
35	0,46		0,31	0,35	1,36	0,98	0,61
36	0,46		0,31	0,35	1,36	0,98	0,61
37	0,46		0,31	0,29	1,36	0,98	0,7
38	0,46		0,31	0,29	1,36	0,98	0,88
39	0,46		0,31	0,29	1,36	0,98	1,02
40	0,46		0,31	0,29	1,36	0,98	1,14

41	0,36		0,31	0,3	1,28	1,04	1,16
42	0,36		0,31	0,3	1,14	1,04	1,06
43	0,36		0,31	0,3	1,14	1,28	1,06
44	0,4		0,31	0,3	1,24	1,25	1,06
45	0,4		0,31	0,3	1,3	1,21	1,06
46	0,4		0,31	0,3	1,32	1,14	0,88
47	0,4		0,31	0,3	1,5	1,14	0,88
48	0,4		0,31	0,28	1,59	1,14	0,88
49	0,4		0,31	0,28	1,58	1,14	0,87
50	0,4		0,31	0,28	1,56	1,09	0,87
51	0,4		0,31	0,29	1,52	1,09	1,11
52	0,4		0,31	0,28	1,52	1,09	1,31
53	0,4		0,31	0,27	1,52	1,09	1,31
54	0,4		0,31	0,28	1,48	1,09	1,29
55	0,4		0,35	0,28	1,48	1,09	1,32
56	0,42		0,35	0,3	1,46	1,09	1,24
57	0,42		0,35	0,33	1,46	1,09	1,24
58	0,48		0,35	0,39	1,7	1,09	1,18
59	0,48		0,35	0,43		1,09	1,18
60	0,55		0,38	0,48		1,15	1,18
61	0,55		0,38	0,51		1,24	1,2
62	0,63		0,42			1,23	1,2
63	0,68		0,42			1,33	1,18
64	0,68		0,48			1,34	1,18
65	0,68		0,48			1,34	1,09
66	0,7		0,53			1,6	1,03
67	0,7		0,53				
68	0,7		0,47				
69	0,69		0,47				
70	0,69		0,68				
71	0,69		0,68				
72	0,75		0,68				
73	0,68		0,76				
74	0,8		0,76				
75	0,8		0,81				
76	0,9		0,81				
77	0,94		0,89				
78	0,96		1				
79	0,99		1,16				
80	1,03		1,22				

Penetrologger

Datum	31.08.2011
Messstelle	III Seebad
Bearbeiter	
Beschreibung	vom Boot
Seewasserstand	

PL Projekt	IBAD 08301
Konustyp	IBAD 08301 [3]
Penetrationsgeschwindigkeit	2
Nr. Plots / Nr. Pen	2/1
Länge Gestänge	orig + 2x1 ~290
Speicherpfad	

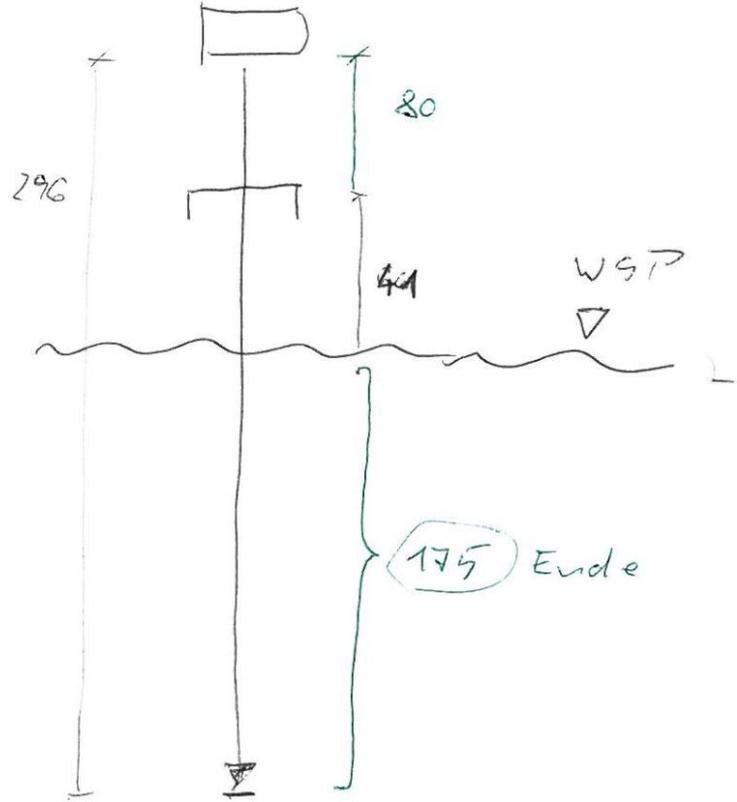
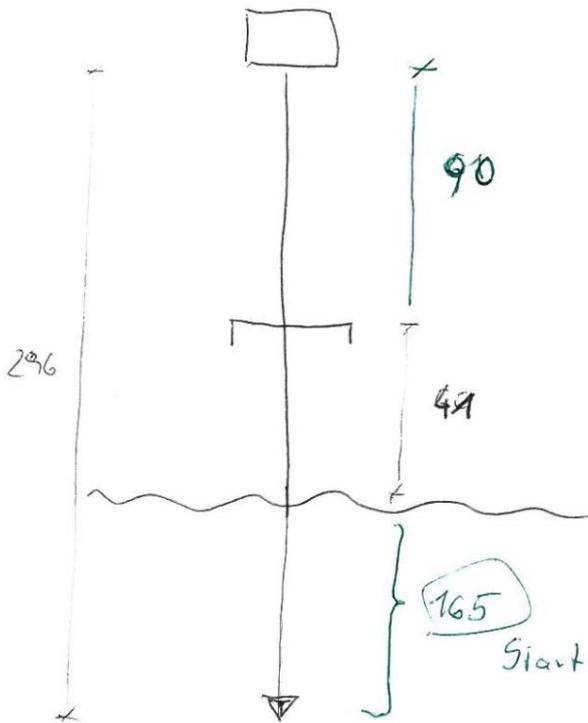
Messpunkt	Zeit	Plot	Pen	Referenzabstand	Abstand		Anzeige		WST RTTL	Anmerkung
					nach	vor	Fixpkt- WSP	nach		
MP1	Niedrig	1	1	59	vor 61	vor 28 27	nach 18	32	66	2x1 + original
			2	58	23	vor 18			65	
MP2			3	80	90	vor -3		+3	61	
MP3	5 hrs Ende		4	—	65	+26			58	piepmal 3x1 + original
			5	19	42	+50			59	piepmal
			5	28	60	+31			57	
MP4	5 hrs Ende Boot		6	0	80	+14/12			54,5	reunige Seebad Lt
			7	46	19.25-54	+36		45	0	Faktor 0,7

Anmerkungen: Core 4 substituiert durch

MP2 / Part 3

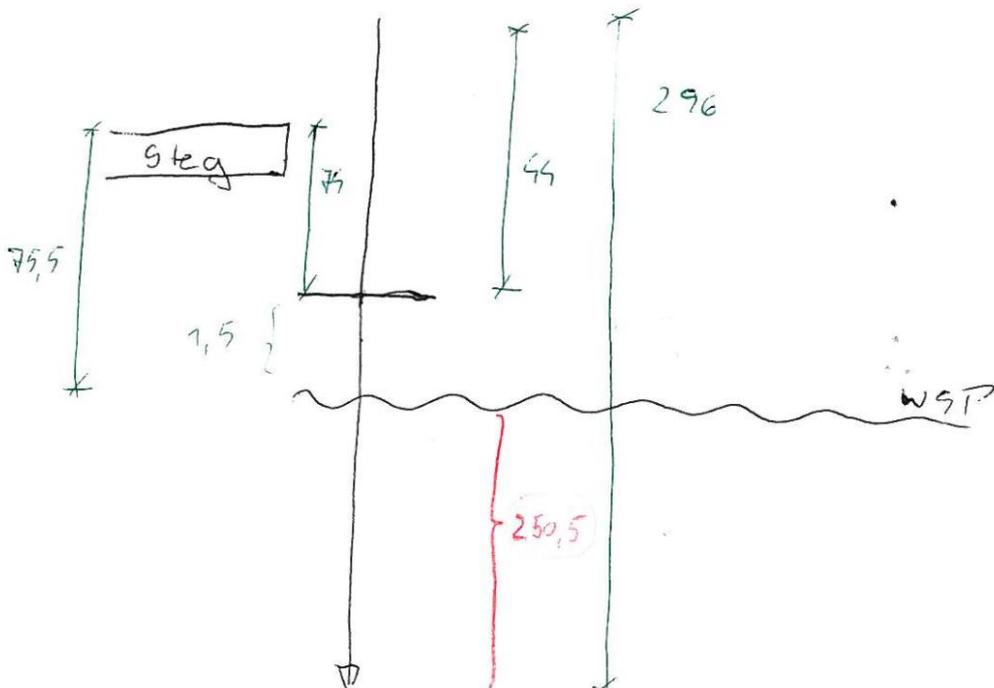
VOR

NACH



$$296 - 90 - 41 = 165$$

$$296 - 80 - 41 = 175 - \text{Pz Messiefe}$$



$$296 - 41 - (75.5 - 74) = 250.5$$

$$250 - \text{Pz-Tiefe} \rightarrow \text{Start}$$

14.5 EIJKELKAMP IBAD0831

EIJKELKAMP
PENETROLOGGER SN 0

Projectname : IBAD0831
 Username : IHLW2011
 Plotname : PLOT-001
 Plotdate : 31.08.2011
 Nr. of pen/plot : 20
 Nr of pen done : 10
 Cone type : 3,3 cm2 60deg
 Penetrationspeed : 2 cm/s
 Depth meas unit : cm
 Pressure meas unit : MPascal

Depth	Pen01	Pen02	Pen03	Pen04	Pen05	Pen06	Pen07	Pen08	Pen09	Pen10
0	0,51	0	0,24	0,2	0,19	0,12	0,34	0,47	0,19	0,81
1	0,8	0,02	0,35	0,27	0,27	0,13	0,4	0,47	0,19	0,81
2	0,86	0,08	0,35	0,49	0,51	0,34	0,44	0,56	0,25	1,05
3	1,12	0,13	0,46	0,62	0,76	0,42	0,48	0,65	0,28	1,11
4	1,3	0,13	0,56	0,76	0,82	0,65	0,49	0,67	0,28	1,19
5	0,16	0,17	0,7	0,86	0,91	0,75	0,59	0,67	0,28	1,22
6		0,17	0,75	0,59	0,99	0,83	0,66	0,78	0,28	1,29
7		0,2	0,78	1,06	1,01	0,94	0,71	1,04	0,28	0,7
8		0,23	0,97	1,08	1,06	0,97	0,72	0,94	0,28	
9		0,36	1,01	1,07	0,99	1,01	0,72	1,35	0,21	
10		0,51	1,16	1,17	1,03	0,99	0,72		0,21	
11		0,73	1,17	1,14	1,06	0,96	0,68		0,21	
12		0,82		1,18	1,08	0,99	0,68		0,21	
13		0,93		1,16	1,12	1,13	0,68		0,21	
14		1,37		1,16	1,15	1,23	0,68		0,21	
15		0,71		1,16	1,18	1,26	0,68		0,21	
16				1,16	1,2	1,24	0,33		0,09	
17				1,16	1,22	1,22	0,33		0,09	
18				1,16	1,19	1,24	0,33		0,09	
19				1,15	1,22	1,27	0,33		0,09	
20				1,22	1,22	1,37	0,33		0,09	
21				1,28	1,28	1,29	0,33		0,07	
22				1,31	1,29	1,38	0,33		0,07	
23				1,35	1,41	1,44	0,33		0,07	
24				1,32		1,47	0,33		0,07	
25				1,3		1,46	0,33		0,07	
26				1,29		1,38	0,33		0,07	
27				1,28		1,51	0,33		0,07	
28						1,48	0,33		0,07	
29						1,44	0,33		0,08	
30						1,53	0,33		0,08	
31						1,55	0,21		0,08	
32						1,62	0,21		0,08	
33						1,65	0,21		0,08	
34							0,21		0,09	

35							0,21		0,09	
36							0,21		0,09	
37							0,21		0,09	
38							0,21		0,1	
39							0,21		0,1	
40							0,21		0,1	
41							0,21		0,1	
42							0,21		0,1	
43							0,21		0,1	
44							0,21		0,1	
45							0,21		0,1	
46							0,21		0,1	
47							0,21		0,1	
48							0,21		0,1	
49							0,21		0,1	
50							0,21		0,16	
51							0,21		0,18	
52							0,12		0,19	
53							0,12		0,19	
54							0,12		0,19	
55							0,12		0,18	
56							0,12		0,18	
57							0,12		0,18	
58							0,12		0,23	
59							0,12		0,3	
60							0,12		0,32	
61							0,12		0,31	
62							0,12			
63							0,12			
64							0,12			
65							0,12			
66							0,12			
67							0,12			
68							0,12			
69							0,12			
70										

14.6 ZENTRISCHE BELASTUNG

Gewicht [g]	Spannung [mV]	Mittelwert [mV]
0,00	0,00	
0,00	44,02	
0,00	44,28	
0,00	43,96	
0,00	44,55	
0,00	44,22	
0,00	43,96	
0,00	44,55	
0,00	44,28	
0,00	44,22	
0,00	44,48	
0,00	44,35	
0,00	44,68	
0,00	44,35	
0,00	44,35	
0,00	44,35	
0,00	44,09	
0,00	44,02	
0,00	44,35	
0,00	44,22	44,28
1,00	74,16	
1,00	74,03	
1,00	73,96	
1,00	74,36	
1,00	74,09	
1,00	73,76	
1,00	74,09	
1,00	74,03	
1,00	74,49	
1,00	74,49	
1,00	74,42	74,17
2,00	103,51	
2,00	103,84	
2,00	104,23	
2,00	104,16	
2,00	103,97	
2,00	103,84	
2,00	103,90	
2,00	104,03	103,94
5,08	194,97	
5,08	195,10	
5,08	195,04	
5,08	195,04	
5,08	195,10	
5,08	194,91	
5,08	194,84	
5,08	195,10	
5,08	194,77	
5,08	194,91	
5,08	195,37	
5,08	194,77	
5,08	194,97	

5,08	194,90	194,99
6,08	224,58	
6,08	225,30	
6,08	224,97	
6,08	225,11	
6,08	225,17	
6,08	225,04	
6,08	224,25	
6,08	224,32	
6,08	224,97	
6,08	224,58	
6,08	225,24	
6,08	225,11	
6,08	225,04	
6,08	225,17	
6,08	224,78	
6,08	224,91	
6,08	224,84	
6,08	224,84	224,90
7,08	254,78	
7,08	255,18	
7,08	254,52	
7,08	254,39	
7,08	254,85	
7,08	254,19	
7,08	254,91	
7,08	254,32	
7,08	254,98	
7,08	254,59	
7,08	254,32	
7,08	255,11	
7,08	253,86	
7,08	254,85	254,63
10,16	346,64	
10,16	346,25	
10,16	346,05	
10,16	346,18	
10,16	346,18	
10,16	346,57	
10,16	346,97	
10,16	346,90	
10,16	345,98	
10,16	345,78	
10,16	345,85	
10,16	346,18	
10,16	346,64	
10,16	346,97	
10,16	346,38	
10,16	346,25	
10,16	346,25	346,35
11,16	375,79	
11,16	375,86	
11,16	376,25	
11,16	376,51	
11,16	376,84	

11,16	375,59	
11,16	376,45	
11,16	376,58	
11,16	376,84	
11,16	376,91	
11,16	375,92	
11,16	376,25	
11,16	375,99	
11,16	375,99	
11,16	375,92	
11,16	376,45	376,26
12,16	406,12	
12,16	405,80	
12,16	406,78	
12,16	406,19	
12,16	408,23	
12,16	405,99	
12,16	405,80	
12,16	405,93	
12,16	405,60	
12,16	406,72	
12,16	405,99	
12,16	405,27	
12,16	405,86	
12,16	406,18	
12,16	405,98	
12,16	405,52	
12,16	406,31	
12,16	406,77	
12,16	405,66	
12,16	405,98	
12,16	406,25	406,14
15,24	498,30	
15,24	499,16	
15,24	498,70	
15,24	498,89	
15,24	498,43	
15,24	497,58	
15,24	499,22	
15,24	498,70	
15,24	498,76	
15,24	499,55	
15,24	498,37	
15,24	498,70	
15,24	498,96	
15,24	498,89	
15,24	498,96	
15,24	499,03	
15,24	499,35	
15,24	498,04	
15,24	498,30	
15,24	498,83	
15,24	498,63	
15,24	499,55	
15,24	498,96	

15,24	498,17	
15,24	499,29	498,77
16,24	528,70	
16,24	529,36	
16,24	528,18	
16,24	527,91	
16,24	528,31	
16,24	528,64	
16,24	528,44	
16,24	528,44	
16,24	528,64	
16,24	528,44	
16,24	529,10	
16,24	528,18	
16,24	528,57	
16,24	528,18	
16,24	529,49	528,57
17,24	558,64	
17,24	559,69	
17,24	557,98	
17,24	559,23	
17,24	559,56	
17,24	558,05	
17,24	557,85	
17,24	559,63	
17,24	559,04	
17,24	559,17	
17,24	559,69	
17,24	557,79	
17,24	556,67	
17,24	558,97	
17,24	559,04	
17,24	558,44	
17,24	557,13	
17,24	558,18	
17,24	557,46	
17,24	559,23	
17,24	558,97	558,59
20,32	649,77	
20,32	649,91	
20,32	649,91	
20,32	651,29	
20,32	650,37	
20,32	650,50	
20,32	649,91	
20,32	650,89	
20,32	650,43	
20,32	649,77	
20,32	650,37	
20,32	650,24	
20,32	650,50	
20,32	650,37	
20,32	650,04	
20,32	651,55	
20,32	651,81	
20,32	650,89	
20,32	651,35	
20,32	651,62	
20,32	650,76	

20,32	650,17	
20,32	650,10	
20,32	649,97	650,52
21,32	679,85	
21,32	679,38	
21,32	679,78	
21,32	680,17	
21,32	676,03	
21,32	678,79	
21,32	679,98	
21,32	680,96	
21,32	681,36	679,59
22,32	709,46	
22,32	710,44	
22,32	713,14	
22,32	710,24	
22,32	711,23	
22,32	710,64	
22,32	711,03	
22,32	710,31	
22,32	709,13	
22,32	708,14	
22,32	710,97	
22,32	709,65	
22,32	708,99	
22,32	710,18	
22,32	711,36	
22,32	711,56	
22,32	711,96	
22,32	709,19	710,42
25,40	799,27	
25,40	799,67	
25,40	800,26	
25,40	801,31	
25,40	802,69	
25,40	801,84	
25,40	804,08	
25,40	804,73	
25,40	804,87	
25,40	802,89	
25,40	801,97	
25,40	802,69	
25,40	799,93	
25,40	800,33	
25,40	801,25	801,85
26,40	832,04	
26,40	832,77	
26,40	832,90	
26,40	833,55	
26,40	833,09	
26,40	832,11	
26,40	833,62	
26,40	832,63	
26,40	832,96	
26,40	832,11	
26,40	831,65	832,68
27,40	862,64	
27,40	862,18	
27,40	862,24	

27,40	862,64	
27,40	861,85	
27,40	861,52	
27,40	861,32	
27,40	862,64	
27,40	861,39	
27,40	860,67	
27,40	863,23	
27,40	863,30	
27,40	862,11	
27,40	863,63	
27,40	865,27	
27,40	862,31	
27,40	861,45	
27,40	861,65	
27,40	860,80	
27,40	861,65	862,22
30,48	952,26	
30,48	952,00	
30,48	949,56	
30,48	950,35	
30,48	952,26	
30,48	950,68	
30,48	950,55	
30,48	951,67	
30,48	949,89	
30,48	949,96	
30,48	951,47	
30,48	951,86	
30,48	951,40	
30,48	952,52	
30,48	949,30	
30,48	949,04	
30,48	953,18	
30,48	950,88	
30,48	949,23	950,95
31,48	981,28	
31,48	977,86	
31,48	980,88	
31,48	979,30	
31,48	983,45	
31,48	980,36	
31,48	982,59	
31,48	979,30	
31,48	981,80	
31,48	981,21	
31,48	981,54	
31,48	980,55	980,84
32,48	1014,70	
32,48	1012,30	
32,48	1013,50	
32,48	1010,00	
32,48	1012,90	
32,48	1011,90	
32,48	1016,20	
32,48	1011,50	
32,48	1013,80	
32,48	1012,90	
32,48	1009,40	

32,48	1012,90	1012,67
35,57	1105,40	
35,57	1107,00	
35,57	1105,20	
35,57	1105,10	
35,57	1104,90	
35,57	1106,80	
35,57	1104,80	
35,57	1102,00	
35,57	1105,70	
35,57	1105,60	
35,57	1103,40	
35,57	1105,20	
35,57	1102,30	
35,57	1103,30	
35,57	1104,10	1104,72
36,57	1133,70	
36,57	1136,50	
36,57	1134,20	
36,57	1133,00	
36,57	1132,20	
36,57	1134,70	
36,57	1138,00	
36,57	1134,00	
36,57	1134,50	
36,57	1135,50	
36,57	1140,00	
36,57	1138,80	
36,57	1133,60	
36,57	1131,80	
36,57	1135,20	
36,57	1135,40	
36,57	1134,20	
36,57	1135,20	
36,57	1130,90	
36,57	1134,40	
36,57	1132,50	
36,57	1132,80	
36,57	1131,80	
36,57	1136,60	
36,57	1136,30	1134,63
37,57	1166,10	
37,57	1163,20	
37,57	1164,60	
37,57	1163,60	
37,57	1165,30	
37,57	1164,10	
37,57	1164,30	
37,57	1164,10	
37,57	1165,10	
37,57	1163,10	
37,57	1164,90	
37,57	1164,90	
37,57	1166,30	
37,57	1164,00	
37,57	1164,90	1164,57
40,65	1256,80	
40,65	1257,10	
40,65	1255,90	

40,65	1258,60	
40,65	1262,00	
40,65	1259,00	
40,65	1257,60	
40,65	1253,60	
40,65	1258,50	
40,65	1260,60	1257,97
41,65	1287,50	
41,65	1284,70	
41,65	1284,50	
41,65	1285,30	
41,65	1289,70	
41,65	1289,30	
41,65	1290,40	
41,65	1288,60	
41,65	1290,10	
41,65	1287,10	
41,65	1283,00	
41,65	1286,60	
41,65	1284,90	
41,65	1285,50	
41,65	1286,80	
41,65	1288,40	
41,65	1287,20	
41,65	1291,40	
41,65	1290,40	
41,65	1288,00	
41,65	1284,50	
41,65	1284,90	
41,65	1281,30	
41,65	1286,00	
41,65	1285,30	
41,65	1286,80	
41,65	1288,30	
41,65	1289,10	
41,65	1284,70	
41,65	1287,00	
41,65	1285,30	
41,65	1284,80	
41,65	1289,30	1286,87
42,65	1321,30	
42,65	1320,00	
42,65	1321,10	
42,65	1314,30	
42,65	1314,30	
42,65	1317,80	
42,65	1323,90	
42,65	1321,50	
42,65	1317,20	
42,65	1313,70	
42,65	1318,90	
42,65	1312,60	
42,65	1317,20	1317,98
45,65	1406,40	
45,65	1408,00	
45,65	1405,10	
45,65	1403,40	
45,65	1407,60	
45,65	1405,60	

45,65	1409,80	
45,65	1407,20	
45,65	1404,80	
45,65	1402,60	
45,65	1402,80	
45,65	1407,70	
45,65	1405,50	
45,65	1407,40	
45,65	1405,70	
45,65	1404,10	
45,65	1407,10	
45,65	1402,50	
45,65	1402,60	
45,65	1406,70	
45,65	1402,40	
45,65	1402,80	
45,65	1400,90	
45,65	1409,00	
45,65	1409,80	
45,65	1411,40	
45,65	1409,60	
45,65	1405,30	
45,65	1407,00	
45,65	1407,80	
45,65	1405,60	
45,65	1404,10	
45,65	1403,20	
45,65	1405,60	
45,65	1404,50	
45,65	1404,30	
45,65	1404,60	
45,65	1403,90	
45,65	1404,50	
45,65	1401,20	
45,65	1403,60	
45,65	1399,90	
45,65	1403,40	
45,65	1406,60	
45,65	1409,60	
45,65	1409,70	
45,65	1405,50	
45,65	1405,50	
45,65	1407,90	
45,65	1403,50	1405,51
40,65	1255,90	
40,65	1253,40	
40,65	1257,60	
40,65	1258,30	
40,65	1255,40	
40,65	1255,30	
40,65	1259,30	
40,65	1255,20	
40,65	1256,50	
40,65	1256,50	
40,65	1259,40	
40,65	1260,50	
40,65	1257,00	
40,65	1259,00	
40,65	1256,50	

40,65	1255,90	
40,65	1256,30	
40,65	1258,70	
40,65	1261,60	
40,65	1257,30	
40,65	1260,40	
40,65	1258,80	
40,65	1259,80	
40,65	1258,10	
40,65	1255,70	1257,54
35,57	1102,20	
35,57	1105,90	
35,57	1103,00	
35,57	1102,80	
35,57	1104,00	
35,57	1108,80	
35,57	1105,70	
35,57	1106,80	
35,57	1104,90	
35,57	1107,00	
35,57	1107,80	
35,57	1107,10	
35,57	1105,10	
35,57	1103,00	
35,57	1106,80	
35,57	1103,60	
35,57	1101,90	
35,57	1106,80	
35,57	1106,50	
35,57	1107,20	
35,57	1102,60	
35,57	1106,70	
35,57	1108,80	
35,57	1107,80	
35,57	1107,30	
35,57	1106,00	1105,62
30,48	957,33	
30,48	953,25	
30,48	955,95	
30,48	954,96	
30,48	955,36	
30,48	956,61	
30,48	952,66	
30,48	953,06	
30,48	954,57	
30,48	956,74	
30,48	954,57	
30,48	957,00	
30,48	955,95	
30,48	952,73	
30,48	955,16	
30,48	954,17	
30,48	954,83	
30,48	956,28	
30,48	956,35	
30,48	954,11	
30,48	953,65	
30,48	955,49	
30,48	956,74	

30,48	955,82	
30,48	955,16	
30,48	954,24	
30,48	953,91	955,06
25,40	802,90	
25,40	801,65	
25,40	802,11	
25,40	800,92	
25,40	802,57	
25,40	801,52	
25,40	801,91	
25,40	800,33	
25,40	801,58	
25,40	802,17	
25,40	802,90	
25,40	801,65	
25,40	801,65	
25,40	802,70	
25,40	801,71	
25,40	800,40	
25,40	803,03	
25,40	801,19	
25,40	801,52	
25,40	801,32	
25,40	801,25	
25,40	801,78	
25,40	801,32	
25,40	801,19	
25,40	801,06	
25,40	802,96	
25,40	800,86	
25,40	801,38	
25,40	802,50	
25,40	802,11	801,74
20,32	649,71	
20,32	648,79	
20,32	649,06	
20,32	651,23	
20,32	649,85	
20,32	649,91	
20,32	650,83	
20,32	650,11	
20,32	650,50	
20,32	651,43	
20,32	651,03	
20,32	650,44	
20,32	649,91	
20,32	650,70	
20,32	649,78	
20,32	649,25	
20,32	650,24	
20,32	650,96	
20,32	650,44	
20,32	650,96	
20,32	650,64	
20,32	651,10	650,31
15,24	498,70	
15,24	498,77	
15,24	499,16	

15,24	504,03	
15,24	499,49	
15,24	499,49	
15,24	500,41	
15,24	500,48	
15,24	499,82	
15,24	498,83	
15,24	499,10	
15,24	500,02	
15,24	499,16	
15,24	499,75	
15,24	499,29	
15,24	499,03	
15,24	498,90	
15,24	499,62	
15,24	499,43	
15,24	499,75	
15,24	499,03	
15,24	498,83	
15,24	499,36	
15,24	499,89	
15,24	500,08	
15,24	500,15	
15,24	500,08	
15,24	499,49	499,65
10,16	348,08	
10,16	348,02	
10,16	347,62	
10,16	347,36	
10,16	347,89	
10,16	348,28	
10,16	351,70	
10,16	347,23	
10,16	347,56	
10,16	347,69	
10,16	347,95	
10,16	348,28	
10,16	348,48	
10,16	348,28	
10,16	347,63	
10,16	347,63	
10,16	348,55	
10,16	347,89	
10,16	348,09	
10,16	347,96	
10,16	346,97	
10,16	347,69	348,04
5,08	195,82	
5,08	195,23	
5,08	194,97	
5,08	195,63	
5,08	195,30	
5,08	195,36	
5,08	195,23	
5,08	195,36	
5,08	195,63	
5,08	194,97	
5,08	195,49	
5,08	195,43	

5,08	195,43	
5,08	195,36	
5,08	195,49	
5,08	195,17	
5,08	194,84	
5,08	195,30	
5,08	195,10	
5,08	195,49	
5,08	195,43	
5,08	195,56	
5,08	195,49	
5,08	195,36	
5,08	195,36	
5,08	195,36	
5,08	195,36	
5,08	195,17	
5,08	195,23	195,34
0,00	44,35	
0,00	44,55	
0,00	44,42	
0,00	44,15	
0,00	44,48	
0,00	44,42	
0,00	43,96	
0,00	44,55	
0,00	44,22	
0,00	44,55	
0,00	44,61	
0,00	44,55	
0,00	44,61	
0,00	44,68	
0,00	44,22	
0,00	44,55	
0,00	44,15	
0,00	44,61	
0,00	44,48	
0,00	44,61	
0,00	44,74	
0,00	44,68	
0,00	44,55	
0,00	44,42	
0,00	45,01	
0,00	44,42	
0,00	44,81	
0,00	44,48	
0,00	44,48	
0,00	44,42	44,49

Zusammenfassung:

Belastung [kg]	Mittelwert Spannung
0,00	44,28
1,00	74,17
2,00	103,94
5,08	194,99
6,08	224,90
7,08	254,63
10,16	346,35
11,16	376,26
12,16	406,14
15,24	498,77
16,24	528,57
17,24	558,59
20,32	650,52
21,32	679,59
22,32	710,42
25,40	801,85
26,40	832,68
27,40	862,22
30,48	950,95
31,48	980,84
32,48	1012,67
35,57	1104,72
36,57	1134,63
37,57	1164,57
40,65	1257,97
41,65	1286,87
42,65	1317,98
45,65	1405,51

14.7 EXZENTRISCHE BELASTUNG

Zeit	pentro [mV]	interne Logger temp °C	Versorgungsspannung	Mittelwert [mV]
11:56:04	53,777	23,812	12,082	
11:56:05	53,843	23,812	12,096	
11:56:06	53,513	23,812	12,082	
11:56:07	53,579	23,812	12,077	
11:56:08	53,777	23,812	12,099	
11:56:09	53,579	23,812	12,088	
11:56:10	53,645	23,812	12,099	
11:56:11	53,448	23,812	12,102	
11:56:12	53,711	23,812	12,082	
11:56:13	53,448	23,812	12,093	
11:56:14	53,777	23,812	12,099	
11:56:15	53,711	23,812	12,088	
11:56:16	53,71	23,812	12,096	23,81
11:57:42	205,36	23,838	12,027	
11:57:43	205,43	23,838	11,966	
11:57:44	205,43	23,838	12,088	
11:57:45	205,62	23,838	11,949	
11:57:46	205,36	23,838	11,993	
11:57:47	205,36	23,838	12,029	
11:57:48	205,16	23,838	11,963	
11:57:49	205,49	23,838	12,074	
11:57:50	205,36	23,838	12,082	
11:57:51	205,62	23,838	12,079	
11:57:52	205,43	23,838	12,093	
11:57:53	205,29	23,846	12,082	
11:57:54	205,56	23,846	12,099	
11:57:55	205,43	23,838	12,091	
11:57:56	205,43	23,846	12,104	
11:57:57	205,16	23,846	12,085	
11:57:58	205,49	23,846	12,102	
11:57:59	205,43	23,846	12,118	
11:58:00	205,42	23,846	12,107	
11:58:01	205,16	23,846	12,102	
11:58:02	205,29	23,846	12,121	

11:58:03	205,36	23,846	12,107	
11:58:04	205,29	23,846	12,116	
11:58:05	205,62	23,846	12,118	
11:58:06	204,76	23,846	12,121	
11:58:07	208,65	23,846	12,116	
11:58:08	205,62	23,846	12,104	
11:58:09	205,75	23,846	12,113	
11:58:10	205,55	23,846	12,007	
11:58:12	205,16	23,846	12,118	
11:58:12	205,62	23,846	12,093	
11:58:14	205,36	23,846	12,104	
11:58:14	205,62	23,846	12,11	
11:58:15	205,49	23,846	12,121	
11:58:16	205,75	23,846	12,107	
11:58:17	205,75	23,853	12,093	
11:58:19	205,36	23,846	12,116	
11:58:20	205,55	23,853	12,118	
11:58:21	205,29	23,853	12,113	
11:58:22	205,36	23,853	12,096	
11:58:23	204,96	23,853	12,124	
11:58:24	205,49	23,853	12,096	
11:58:25	205,36	23,853	12,124	
11:58:26	205,75	23,853	12,124	
11:58:27	205,62	23,853	12,124	
11:58:28	205,49	23,853	12,113	
11:58:29	205,29	23,853	12,118	
11:58:30	205,82	23,853	12,102	
11:58:31	205,22	23,853	12,124	23,85
11:58:50	204,7	23,859	12,104	
11:58:51	204,96	23,859	12,057	
11:58:52	204,57	23,865	12,096	
11:58:53	204,9	23,865	12,107	
11:58:54	204,96	23,865	12,104	
11:58:55	204,5	23,865	12,107	
11:58:56	205,03	23,865	12,107	
11:58:57	204,9	23,865	12,11	

11:58:58	204,77	23,865	12,11	
11:58:59	204,7	23,865	12,11	
11:59:00	204,9	23,865	12,104	
11:59:01	204,96	23,865	12,11	
11:59:02	205,89	23,872	12,102	
11:59:03	204,57	23,872	12,096	
11:59:04	205,03	23,872	12,107	
11:59:05	204,57	23,872	12,074	
11:59:06	204,37	23,872	12,113	
11:59:07	204,31	23,872	12,121	
11:59:08	204,7	23,872	12,124	
11:59:10	204,9	23,872	12,096	
11:59:10	204,44	23,872	12,118	
11:59:11	204,7	23,872	12,121	
11:59:12	204,9	23,872	12,11	
11:59:13	204,7	23,88	12,121	
11:59:14	204,5	23,872	12,11	
11:59:15	204,5	23,872	12,116	
11:59:16	204,44	23,872	12,124	
11:59:18	204,57	23,872	12,124	
11:59:18	204,64	23,88	12,124	
11:59:20	204,64	23,88	12,113	
11:59:21	204,5	23,88	12,096	
11:59:21	204,7	23,88	12,124	
11:59:23	204,44	23,88	12,113	
11:59:24	204,24	23,88	12,113	
11:59:25	204,57	23,88	12,127	
11:59:26	204,24	23,88	12,121	
11:59:27	204,5	23,88	12,121	23,87
11:59:41	201,54	23,887	12,074	
11:59:42	201,61	23,887	12,079	
11:59:43	201,81	23,887	12,093	
11:59:44	201,41	23,893	12,102	
11:59:45	201,61	23,893	12,099	
11:59:46	201,67	23,893	12,093	
11:59:47	201,87	23,893	12,096	
11:59:48	201,94	23,893	12,096	
11:59:49	201,41	23,893	12,096	
11:59:50	201,8	23,893	12,11	
11:59:51	201,67	23,893	12,113	
11:59:52	202,2	23,893	12,102	
11:59:53	202,33	23,893	12,099	
11:59:54	201,54	23,9	12,104	
11:59:55	202	23,893	12,11	

11:59:56	201,74	23,9	12,113	
11:59:57	201,94	23,9	12,121	
11:59:58	201,48	23,9	12,124	
11:59:59	201,74	23,9	12,121	
12:00:00	201,87	23,9	12,118	
12:00:01	202,13	23,9	12,124	
12:00:02	202	23,9	12,124	
12:00:03	201,94	23,9	12,115	
12:00:04	201,54	23,9	12,121	
12:00:05	201,67	23,9	12,113	
12:00:06	201,48	23,9	12,124	
12:00:07	201,74	23,906	12,127	
12:00:08	201,87	23,906	12,102	
12:00:09	201,74	23,906	12,121	
12:00:10	202,07	23,906	12,113	
12:00:11	201,61	23,906	12,099	
12:00:12	201,54	23,906	12,127	
12:00:13	201,28	23,906	12,115	
12:00:14	201,54	23,906	12,115	
12:00:15	201,74	23,906	12,11	
12:00:16	201,61	23,906	12,124	
12:00:17	201,67	23,906	12,113	
12:00:18	201,41	23,906	12,127	
12:00:19	201,61	23,912	12,124	
12:00:20	201,61	23,912	12,127	
12:00:21	201,74	23,912	12,124	23,90
12:00:40	202,59	23,927	12,085	
12:00:41	202,46	23,921	12,107	
12:00:42	202,33	23,927	12,096	
12:00:43	202,13	23,927	12,11	
12:00:44	202,33	23,927	12,11	
12:00:45	202,46	23,927	12,11	
12:00:46	202,39	23,927	12,093	
12:00:47	202,72	23,927	12,107	
12:00:48	202,72	23,927	12,11	
12:00:50	202,59	23,927	12,11	
12:00:50	202,53	23,927	12,11	
12:00:52	202,79	23,934	12,104	
12:00:52	202,72	23,934	12,107	
12:00:54	202,33	23,934	12,11	
12:00:55	202,39	23,934	12,113	
12:00:56	202,53	23,934	12,099	
12:00:56	202,53	23,934	12,113	
12:00:58	202,33	23,934	12,079	

12:00:59	202,59	23,934	12,101	
12:01:00	202,33	23,934	12,124	
12:01:01	202,79	23,94	12,121	
12:01:02	202,66	23,94	12,11	
12:01:03	202,86	23,934	12,121	
12:01:04	202,66	23,94	12,124	
12:01:05	202,59	23,94	12,113	
12:01:06	202,33	23,94	12,113	
12:01:07	202,66	23,94	12,107	
12:01:08	202,39	23,94	12,124	
12:01:09	202,59	23,94	12,126	
12:01:10	202,39	23,94	12,099	
12:01:11	202,59	23,94	12,121	
12:01:12	202,86	23,947	12,118	
12:01:13	202,46	23,947	12,126	
12:01:14	202,46	23,947	12,124	
12:01:15	202,59	23,947	12,118	
12:01:16	202,53	23,947	12,126	
12:01:17	202,33	23,947	12,118	
12:01:18	202,66	23,947	12,085	
12:01:19	202,59	23,947	12,115	
12:01:20	202,53	23,947	12,126	
12:01:21	202,46	23,947	12,126	23,94
12:01:38	203,58	23,962	12,113	
12:01:39	203,58	23,962	12,124	
12:01:40	203,45	23,962	12,115	
12:01:41	203,65	23,962	12,121	
12:01:42	203,45	23,962	12,124	
12:01:43	203,58	23,968	12,115	
12:01:44	203,52	23,968	12,118	
12:01:45	203,71	23,968	12,121	
12:01:46	203,32	23,968	12,096	
12:01:47	203,32	23,968	12,123	
12:01:48	203,12	23,968	12,112	
12:01:49	203,71	23,968	12,112	
12:01:50	203,39	23,968	12,115	
12:01:51	203,78	23,968	12,126	
12:01:52	203,71	23,974	12,126	
12:01:53	203,58	23,968	12,096	
12:01:54	203,25	23,974	12,098	
12:01:55	203,45	23,974	12,126	
12:01:56	203,39	23,974	12,115	
12:01:57	203,58	23,974	12,121	
12:01:58	203,71	23,974	12,121	

12:01:59	203,32	23,974	12,112	
12:02:00	203,85	23,974	12,118	
12:02:02	203,52	23,974	12,126	
12:02:02	203,65	23,981	12,123	
12:02:04	203,78	23,981	12,121	
12:02:04	203,71	23,981	12,115	
12:02:05	203,45	23,981	12,126	
12:02:06	203,52	23,981	12,121	
12:02:08	203,25	23,981	12,129	
12:02:08	203,45	23,981	12,129	
12:02:09	203,25	23,981	12,115	
12:02:10	203,52	23,981	12,126	
12:02:12	203,58	23,981	12,118	
12:02:12	203,45	23,981	12,115	
12:02:14	203,65	23,987	12,126	
12:02:14	203,45	23,987	12,123	
12:02:16	203,65	23,987	12,126	
12:02:17	203,52	23,987	12,121	
12:02:18	203,78	23,987	12,11	
12:02:19	203,58	23,987	12,115	23,97
12:02:33	206,67	24,002	12,101	
12:02:34	206,67	24,002	12,112	
12:02:35	207,2	24,002	12,101	
12:02:36	206,94	24,002	12,112	
12:02:37	206,74	24,002	12,11	
12:02:38	206,41	24,002	12,096	
12:02:39	206,87	24,009	12,11	
12:02:40	207,13	24,009	12,098	
12:02:41	206,74	24,009	12,115	
12:02:42	206,81	24,009	12,06	
12:02:43	206,87	24,009	12,093	
12:02:44	206,61	24,009	12,112	
12:02:45	206,41	24,002	12,112	
12:02:46	206,54	24,009	12,112	
12:02:47	206,87	24,009	12,104	
12:02:48	206,74	24,009	12,107	
12:02:49	206,94	24,009	12,112	
12:02:50	206,94	24,015	12,121	
12:02:51	206,87	24,015	12,115	
12:02:52	206,67	24,015	12,096	
12:02:53	206,87	24,015	12,118	
12:02:54	207	24,015	12,123	
12:02:55	207,2	24,015	12,101	
12:02:56	206,81	24,015	12,115	

12:02:57	207,13	24,015	12,121	
12:02:58	206,74	24,021	12,115	
12:02:59	206,94	24,021	12,126	
12:03:00	206,61	24,015	12,115	
12:03:01	206,81	24,021	12,129	
12:03:02	206,74	24,021	12,129	
12:03:03	206,48	24,021	12,126	
12:03:04	206,54	24,021	12,126	
12:03:05	206,87	24,021	12,126	
12:03:07	206,81	24,021	12,115	
12:03:08	206,48	24,021	12,123	
12:03:08	206,87	24,021	12,126	
12:03:10	207,13	24,03	12,107	
12:03:11	206,94	24,03	12,115	
12:03:11	206,94	24,03	12,112	
12:03:13	206,67	24,03	12,112	
12:03:14	206,8	24,03	12,126	
12:03:15	206,74	24,03	12,126	24,01
12:03:28	209,7	24,036	12,098	
12:03:29	209,7	24,036	12,115	
12:03:30	209,7	24,036	12,109	
12:03:31	210,16	24,036	12,109	
12:03:32	209,7	24,036	12,115	
12:03:33	209,63	24,036	12,09	
12:03:34	210,16	24,036	12,095	
12:03:35	209,9	24,043	12,095	
12:03:36	209,7	24,036	12,112	
12:03:37	210,16	24,043	12,112	
12:03:38	209,77	24,043	12,112	
12:03:39	209,83	24,043	12,104	
12:03:40	209,5	24,043	12,104	
12:03:41	210,16	24,043	12,115	
12:03:42	209,04	24,043	12,101	
12:03:43	209,77	24,043	12,123	
12:03:44	209,83	24,043	12,123	
12:03:45	210,09	24,043	12,107	
12:03:46	210,49	24,043	12,126	
12:03:47	210,03	24,049	12,126	
12:03:48	209,83	24,049	12,115	
12:03:49	210,23	24,049	12,12	
12:03:50	209,9	24,049	12,115	
12:03:51	209,83	24,049	12,129	
12:03:52	209,83	24,049	12,129	
12:03:53	209,96	24,049	12,123	

12:03:54	209,57	24,056	12,115	
12:03:55	209,7	24,056	12,115	
12:03:56	209,63	24,056	12,129	
12:03:57	209,83	24,056	12,115	
12:03:58	210,03	24,056	12,123	
12:03:59	209,83	24,056	12,123	
12:04:00	209,9	24,056	12,115	24,05
12:04:16	209,76	24,071	12,109	
12:04:16	209,5	24,071	12,112	
12:04:18	208,64	24,071	12,115	
12:04:19	209,17	24,071	12,115	
12:04:20	209,04	24,077	12,112	
12:04:21	209,04	24,071	12,104	
12:04:22	208,71	24,077	12,115	
12:04:23	208,38	24,077	12,109	
12:04:24	209,24	24,077	12,115	
12:04:25	209,1	24,077	12,112	
12:04:26	208,97	24,077	12,104	
12:04:27	208,97	24,077	12,109	
12:04:28	208,84	24,077	12,101	
12:04:29	208,97	24,083	12,101	
12:04:30	208,45	24,083	11,976	
12:04:31	209,1	24,083	11,918	
12:04:32	208,64	24,083	11,948	
12:04:33	208,97	24,083	12,106	
12:04:34	208,38	24,083	12,07	
12:04:35	208,97	24,083	12,104	
12:04:36	208,77	24,083	12,115	
12:04:37	208,71	24,083	12,109	
12:04:38	209,37	24,09	12,109	
12:04:39	209,5	24,09	12,123	
12:04:40	209,04	24,09	12,126	
12:04:41	208,97	24,09	12,098	
12:04:42	208,58	24,09	12,115	
12:04:43	208,77	24,09	12,112	
12:04:44	208,64	24,09	12,112	
12:04:45	208,97	24,09	12,118	
12:04:46	208,51	24,09	12,12	
12:04:47	208,91	24,096	12,126	24,08
12:05:04	208,05	24,105	12,101	
12:05:05	207,92	24,105	12,112	
12:05:06	207,85	24,111	12,109	
12:05:07	207,72	24,111	12,115	

12:05:08	208,12	24,111	12,093	
12:05:09	208,38	24,111	12,106	
12:05:10	208,12	24,111	12,112	
12:05:11	208,31	24,111	12,115	
12:05:12	207,85	24,118	12,084	
12:05:13	208,25	24,118	12,104	
12:05:14	207,92	24,118	12,095	
12:05:15	208,25	24,118	12,115	
12:05:16	208,45	24,118	12,104	
12:05:17	207,92	24,118	12,101	
12:05:18	207,85	24,118	12,109	
12:05:19	208,05	24,118	12,118	
12:05:20	207,92	24,118	12,104	
12:05:21	207,92	24,118	12,126	
12:05:22	207,79	24,124	12,12	
12:05:23	207,99	24,124	12,098	
12:05:24	207,99	24,124	12,123	
12:05:25	207,79	24,124	12,115	
12:05:26	207,92	24,124	12,129	
12:05:27	208,05	24,124	12,129	
12:05:28	208,12	24,124	12,123	
12:05:29	208,05	24,124	12,118	
12:05:30	208,12	24,13	12,129	
12:05:31	207,85	24,13	12,093	
12:05:32	208,12	24,124	12,112	
12:05:33	207,99	24,13	12,129	
12:05:34	208,05	24,13	12,115	
12:05:35	208,05	24,13	12,129	
12:05:36	208,18	24,13	12,112	
12:05:37	207,99	24,139	12,107	
12:05:38	207,99	24,13	12,126	24,12
12:05:55	205,81	24,145	12,115	

12:05:56	205,81	24,145	12,12	
12:05:57	205,61	24,152	12,109	
12:05:58	205,61	24,152	12,126	
12:05:59	205,68	24,152	12,104	
12:06:00	205,54	24,152	12,126	
12:06:01	205,81	24,152	12,129	
12:06:02	206	24,152	12,123	
12:06:03	205,94	24,158	12,115	
12:06:04	205,61	24,158	12,126	
12:06:05	205,94	24,158	12,129	
12:06:06	205,74	24,158	12,112	
12:06:07	206,07	24,158	12,115	
12:06:08	205,61	24,158	12,126	
12:06:09	205,74	24,158	12,115	
12:06:10	205,61	24,158	12,112	
12:06:11	205,54	24,165	12,112	
12:06:12	205,41	24,165	12,051	
12:06:13	205,81	24,165	12,126	
12:06:14	205,54	24,165	12,126	
12:06:15	205,74	24,165	12,12	
12:06:16	205,54	24,165	12,129	
12:06:17	205,87	24,165	12,126	
12:06:18	205,87	24,165	12,115	
12:06:19	205,41	24,165	12,129	
12:06:20	205,68	24,165	12,112	
12:06:21	205,54	24,173	12,118	
12:06:22	206,14	24,173	12,129	
12:06:23	205,61	24,173	12,126	
12:06:24	205,74	24,173	12,126	
12:06:25	205,68	24,173	12,129	
12:06:26	205,54	24,173	12,129	24,16