



Masterarbeit

Vergleich und Interpretierbarkeit der Geschiebemesssysteme
Geophon und Hydrophon
am Beispiel der Geschiebemessanlage am Suggadinbach

Eingereicht von
Berktoold Maximilian, BSc.

Angefertigt am
Institut für Alpine Naturgefahren
Universität für Bodenkultur Wien

Zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom Ingenieur

Betreuer
Univ. Prof. DI Dr. Johannes Hübl
Univ. Ass. DI Dr. Michael Chiari

Wien, August 2015

Ich versichere:

Dass ich die Arbeit selbständig erstellt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt, und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

Dass ich dieses Masterarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsmittel vorgelegt habe.

Dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten übereinstimmt.

Datum:

Unterschrift:

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen nicht in Worte zu fassenden Dank meiner Frau und Mutter unserer vier Kinder, Sandra, aussprechen. Ich bedanke mich bei meiner Liebsten für Ihre allzeit andauernde Unterstützung und Motivation während der Jahre meines Studiums. Des Weiteren bedanke ich mich aus tiefstem Herzen bei Sandra für die Rolle, die Sie in meinem Leben und unserer Familie einnimmt.

Ebenfalls bedanke ich mich bei meinen Eltern und meinem Bruder für Ihre Unterstützung meiner Vorhaben und dass Sie in mich und mein Tun vollstes Vertrauen haben.

Ein besonderes Dankeschön möchte ich an dieser Stelle für die professionelle und überaus kollegiale Betreuung am Institut für alpine Naturgefahren an der Universität für Bodenkultur durch Herrn Univ. Prof. DI Dr. nat. techn. Johannes Hübl und Herrn Univ. Ass. DI Dr. Michael Chiari aussprechen. Die Aufgabenstellung meiner Masterarbeit wäre ohne die tatkräftige Unterstützung der Betreuer und das Zutun von Herrn Ing. Friedrich Zott nicht zu solch einer erfolgreichen Untersuchung geworden, dementsprechend außerordentlichen Dank an Sie. Für die Tipps und Unterhaltung während der Montage der Messanlage im Bauhof Vandans der WLV Sektion Bludenz in Vorarlberg möchte ich Erich abschließend meinen Dank aussprechen.

Ein genereller Dank ergeht auch an all meinen Freunde, welche mich schon lange Zeit meines Lebens begleiten.

Zusammenfassung

Den Bedarf an Geschiebemesstagen gibt es in vielen Belangen der Wasserwirtschaft. Am Wichtigsten sind diese Daten jedoch für das Prozessverständnis, respektive für das Entwickeln von Modellen zur Berechnung des Geschiebetransportes. Hierbei besteht gerade für Gerinne mit großen Gefällen ein Defizit, da die bestehenden Berechnungsansätze die Transportkapazität in diesen Bereichen oft überschätzen.

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt einerseits in der Realisierung der Geschiebemesstagen am Suggadinbach in Vorarlberg, welche mit Geophonen und Hydrophonen ausgestattet ist. Zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit werden Feldmessversuche mittels verschiedenen Kornklassen durchgeführt.

Andrerseits wird eine Analyse der Daten im Postprozess durchgeführt. Die Signale werden einer Frequenzanalyse unterzogen, gefiltert und die quadratische Energiesumme neu berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Anlage seit Inbetriebnahme vollfunktionstüchtig ist. Die Wiederholbarkeit der Versuche innerhalb der selben Kornklasse ist eindeutig gegeben. Die Abhängigkeit der Intensität, respektive der Energiewerte der Signale, zur Korngröße stellt sich als deutlich dar. Keiner der Ergebnisse der Versuche liegen im Bereich einer nicht zugehörigen Kornklasse. An Hand der Messungen der Hydrophonanlage lassen sich Geschiebetransport von Körnern mit dem $\varnothing 4-8\text{mm}$ zum geschiebelosem Abfluss unterscheiden. Die Geophonanlage ist nicht dermaßen sensibel, hierbei können 8-16mm große Geschiebekörner eindeutig detektiert werden.

Der Koppelungseffekt der Versuchszelle zur deren Nachbarzelle ist beim Geophon im unteren Frequenzbereich gegeben. Mittels eines Hochpassfilters kann dieser Effekt eliminiert werden, wodurch es zu keiner Einbuße des Informationsgehaltes der Signale kommt. Die Charakteristik der Frequenzanalysen der verschiedenen Kornklassen sind ident, welches eine mögliche Aussage über die Kornverteilung nicht möglich macht. Es ist des Weiteren nicht möglich die Anlage für Geschiebemischproben an Hand von Versuchen einzelner Geschiebekornklassen zu kalibrieren. Für eine Kalibrierung der Messanlage benötigt man Messversuche von Geschiebemischproben, wie sie im Einzugsgebiet des Suggadinbaches zu erwarten sind.

Abstract

There is need for bedload transport measuring data in many interests of the water economy. These data, nevertheless, are most important for the process understanding, respectively for the developing of models for the calculation of bedload transport. For torrents and mountain streams the knowledge about transport rates is rather limited, and existing calculation often overestimate the actual transport rate.

The main attention of this work lies on the one hand in the realization of the bedload transport measuring station at the Suggadinbach in Vorarlberg, which is equipped with Geophones and Hydrophones. To the examination of the functional ability field measuring attempts are carried out by means of different grain classes.

On the other hand an analysis of the data is carried out in the post process. The signals are submitted to a frequency analysis, are filtered and the square energy sum is calculated anew. The results show that the arrangement is full-functional since it is introduced. The repeatability of the attempts within the same grain class is given unambiguously. The dependence of the intensity, respectively the results of the attempts lie in the area of a not accompanying grain class, is given. In hand of the measurements of the Hydrophon-system can be distinguished between deposit transport of punch with $\varnothing 4-8\text{mm}$ and the drain without deposit. Within the Geophon-system it is possible to detect deposit transport of punch with $\varnothing 8-16\text{mm}$.

The coupling effect of the test cell to their neighbouring cell is given with the geophone in the lower frequency response. By means of a high-pass filter, this effect can be eliminated without loss of information content of the signals. The characteristic of the frequency analyses of the different grain classes are ident, which makes a possible declaration about the grain size distribution not possible. Further it is not possible to calibrate the arrangement for unknown sediment mixtures with help of attempts of single grain classes. For a calibration of the measuring arrangement tests with sediment mixtures, as expected in the catchment area of the Suggadinbach, are required.

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG	1
1.1 Projekthintergrund.....	3
1.2 Problemdarstellung.....	3
1.3 Zielsetzung.....	4
1.4 Methodik	6
2 GRUNDLAGEN	8
2.1 Grundlagen der Physik	8
2.1.1 Die Schwingung	8
2.1.2 Der Schall.....	9
2.1.3 Das Signal	10
2.2 Grundlagen der Geschiebemessung	10
2.2.1 Arten von Geschiebemesssystemen	10
2.2.2 Anwendungsmöglichkeiten Geophon und Hydrophon	11
3 DIE GESCHIEBEMESSSTATION AM SUGGADINBACH	13
3.1 Beschreibung der Örtlichkeit	13
3.2 Das Anlagenkonzept.....	15
3.2.1 Die Durchflussmessung	15
3.2.2 Der Messquerschnitt	16
3.2.3 Das Geschieberückhaltebecken	17
3.2.4 Der Messcontainer	18
3.2.5 Messdaten und – Datenmanagement	19
3.3 Der Geophonmessbalken am Suggadinbach.....	20
3.3.1 Bauteile.....	20
3.3.2 Der Geophonmessbalken	20

3.4 Hydrophonmessbalken am Suggadinbach.....	26
3.4.1 Bauteile.....	26
3.4.2 Der Hydrophonmessbalken.....	26
3.5 Sensorbestückung der Messanlage	29
3.6 Wasserdichtheit - Hochwasserschutz.....	31
3.7 Lieferantenübersicht und spezifische Datenblätter aller Komponenten.....	32
4 LABORVERSUCHE ZUR FRAGESTELLUNG DER HYDROPHONMESSZELLE.....	33
4.1 Allgemein.....	33
4.2 Methodik	33
4.2.1 Beschreibung der Varianten.....	33
4.2.2 Versuchsdurchführung.....	35
4.3 Ergebnis	36
5 FELDVERSUCHE	39
5.1 Allgemein.....	39
5.2 Methodik	40
5.2.1 Versuchsdurchführung.....	40
5.2.2 Geschwindigkeitsmessung	43
5.2.3 Problem Geschiebet Teppich	43
6 AUSWERTUNG FELDVERSUCHE.....	46
6.1 Analyse - Prozess.....	46
6.2 Ebene 1: Darstellung und Interpretation der Messergebnisse der Rohdaten.....	48
6.2.1 Aussage über die Intensität mittels dem Rohsignal.....	48
6.2.2 Aussage über die Intensität mittels der Rohdaten - Energiesummenlinie	49
6.2.3 Aussage über die Intensität mittels der Rohdaten - P.O.T Summenlinien	51
6.2.4 Aussage über die Reproduzierbarkeit mittel der Rohdaten - Energiesummenlinie...	52

6.2.5 Aussage über den Koppelungseffekt mittel der Rohdaten - Energiesummenlinie.....	54
6.3 Ebene 2: Frequenzanalyse	57
6.3.1 Grundlagen.....	57
6.3.2 Darstellung der Frequenzanalyse.....	58
6.3.3 Aussage über die Reproduzierbarkeit und Intensität mittels der Frequenzanalyse ..	60
6.3.4 Bestimmungsmöglichkeit der Kornverteilung mittels der Frequenzanalyse.....	63
6.3.5 Aussage über den Koppelungseffekt mittels der Frequenzanalyse.....	63
6.4 Ebene 3: Filter, erneute Frequenzanalyse und Neuberechnung der Energiesummen ..	65
6.4.1 Allgemein.....	65
6.4.2 Grundlage	65
6.4.3 Datenfilter via CATMAN – AP Verison 4.3.2.....	66
6.4.4 Daten EXPORT via CATMAN AP Version 4.3.2.....	68
6.4.5 Aussage über Datenverlust durch Filter.....	68
6.5 Ebene 4: Schlussinterpretation der generierten Daten	70
6.5.1 Überprüfung des Koppelungseffektes der gefilterten Daten	70
6.5.2 Korndurchmesser abhängige Intensität der Signale und Reproduzierbarkeit der Versuche.....	71
6.6 Zusammenfassung der Datenanalyse.....	74
7 AUSBLICK.....	75
8 QUELLENVERZEICHNIS.....	78
8.1 Literaturverzeichnis.....	78
8.2 Technische Grundlagen	79
8.3 Sonstige Grundlagen	79
9 ANHANG.....	81

Abbildungsverzeichnis

Abb.:1	Übersichtskarte Montafon M 1:100.000 (Vorarlbergatlas online, 2015)	14
Abb.:2	schematische Skizze der Anlagenkomponenten und deren Anordnung (Quelle: eigene Darstellung 2013)	15
Abb.:3	Foto - Querschnitt der verlorenen Schalung (Quelle: WLW 2013)	17
Abb.:4	Fotos - Kabelführung. Links: Schutzrohr unter Abdeckung im Bachbett; Rechts: Leerrohre aus dem Sperrenflügel, mit ausreichendem Kurvenradius (min. $r > 2,5$ m), welcher das Einziehen der Kabel ermöglicht (Quelle: eigene 2013)	18
Abb.:5	Foto: Korpus des Geophonmessbalkens. Links: der Korpus mit Rohrstützen als Kabeldurchführung vom Stegblech zum Abschlussdeckel. Rechts: ein verschlossenes Seitenende, die Auflagebleche sind bereits verschweißt (Quelle: eigene 2013)	21
Abb.:6	Foto - vormontierter Geophonmessbalken. Die Hauptfelder sind bereits mit den Abschlussdeckeln verklebt und verschraubt. Die Endfelder, zur Befestigung am Bauwerk, sind noch geöffnet (Quelle: eigene 2013)	22
Abb.:7	Abschlussdeckel der Hauptfelder des Geophonmessbalkens. Ausschnitt aus der Plangrundlage: „01d_Geophon_Suggadin_Format A0“ (Quelle: eigene Darstellung 2013) ...	23
Abb.:8	Foto - Komponenten der Geophonmesszelle: Messplatte (Abschlussdeckel), Adapter und Sensor (Quelle: eigene 2013)	23
Abb.:9	Schnittansicht des ersten Arbeitsschrittes der Vormontage des Geophonmessbalkens. Ausschnitt aus der Plangrundlage: „01d_Geophon_Suggadin_Format A0“ (Quelle: eigene Darstellung 2013, modifiziert nach Habersack 2010)	25
Abb.:10	Schnittansicht der vollendeten Vormontage des Geophonmessbalkens. Ausschnitt aus der Plangrundlage: „01d_Geophon_Suggadin_Format A0“ (Quelle: eigene Darstellung 2013, modifiziert nach Habersack 2010)	25
Abb.:11	Querschnittansichten des Hydrophonmessbalkens, Ausschnitt aus Plandarstellung 03d_Hydrophon_Suggadin_Format A1 (Quelle: eigene Darstellung 2013) ..	27
Abb.:12	Aufriss der Hydrophonmesszelle (ohne Sensor): Ausschnitt aus Plangrundlage 03d_Hydrophon_Suggadin_Format A1 (Quelle: eigene Darstellung 2013)	27
Abb.:13	Foto - Hydrophonmesszelle Vormontage (Quelle: eigene 2013)	28
Abb.:14	Schnittansicht des Kabelkanal des Hydrophonmessbalkens: Ausschnitt aus der Plangrundlage: „03d_Hydrophon_Suggadin_Format A1“ (Quelle: eigene Darstellung 2013) 29	

Abb.:15	Schematische Darstellung der Sensorbestückung und Kanalzuteilung des rechten Sperrflügels (Quelle: eigene Darstellung 2013)	30
Abb.:16	Schematische Darstellung der Sensorbestückung und Kanalzuteilung der mittleren Abflusssektion (Quelle: eigene Darstellung 2013).....	30
Abb.:17	Schematische Darstellung der Sensorbestückung und Kanalzuteilung des linken Sperrflügels (Quelle: eigene Darstellung 2013)	30
Abb.:18	Foto - Entwässerung inkl. Rückschlagventil (Quelle: eigene 2013)	31
Abb.:19	Foto - der untersuchten Befestigungsmöglichkeiten des Hydrophones : links Variante 1, mittig Variante 2, rechts Variante 3 (Quelle: eigene 2013).....	34
Abb.:20	Fotos - Versuchsaufbau im Labor, zur Optimierung der Hydrophonmesszelle (Quelle: eigene 2013)	35
Abb.:21	Darstellung: bereinigtes Messergebnis der Variante 3 - 90° Bogen (Quelle: eigene Darstellung 2013)	37
Abb.:22	Darstellung :Bereinigtes Messergebniss der Variante 2 – U-Profil (Quelle: eigene Darstellung 2013)	37
Abb.:23	Darstellung: Bereinigtes Messergebnis der Variante 1 - Rohrprofil (Quelle: eigene Darstellung 2013)	38
Abb.:24	Foto - Versuchsdurchführung am 18.09.2013 (Quelle: eigene 2013).....	39
Abb.:25	Foto - Versuchsrinne: Links Draufischt, rechts Versuchsrinne mit Geschiebezugabeeinrichtung (Quelle: eigene 2014)	41
Abb.:26	Foto- Ausbildung des Geschiebet Teppichs auf den Messplatten (Quelle: eigene 2014)	44
Abb.:27	Schematische Darstellung der vier Bearbeitungsebenen zur Analyse der Feldversuchsdaten (Quelle: eigene Darstellung 2015)	46
Abb.:28	Darstellung Geophon – Rohsignale; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)	48
Abb.:29	Darstellung Hydrophon – Rohsignale; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)	49
Abb.:30	Darstellung Geophon – Energiesummenlinien; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)	50
Abb.:31	Darstellung Hydrophon – Energiesummenlinien; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015).....	50

Abb.:32	Darstellung Geophon – POT- Summenlinien; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)	51
Abb.:33	Darstellung Hydrophon – POT- Summenlinien; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene 2015).....	52
Abb.:34	Darstellung Geophon - Rohsignal, Kornklasse 4-8mm, Versuchszelle versus Nachbarzelle (Quelle: eigene Darstellung 2014).....	55
Abb.:35	Darstellung Geophon - Energiesummenlinien der Nachbarzellen je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung2015)	56
Abb.:36	Darstellung Hydrophon - Energiesummenlinien der Nachbarzellen je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung2015)	56
Abb.:37	Formel der Fourierreihe (Quelle: Hoffmann 2005, S10)	57
Abb.:38	3 Darstellung Geophon - 3d Plot Beispiel Frequenzanalyse Geophon 6, Versuch 8, 16-32mm (Quelle: eigene Darstellung 2015).....	58
Abb.:39	Darstellung Hydrophon - 3d Plot Beispiel Frequenzanalyse Hydrophon 3, Versuch 8, 16-32mm (Quelle: eigene Darstellung2015).....	59
Abb.:40	Darstellung Hydrophon - 2D Diagramm Beispiel Frequenzanalyse, Mess- versus Nachbarzelle 16-32mm (Quelle: eigene Darstellung 2015).....	60
Abb.:41	Darstellung Geophon – Reproduzierbarkeit an Hand Frequenzanalyse: alle Versuche 8-16mm (Quelle: eigene Darstellung 2015).....	61
Abb.:42	Darstellung Geophon - Abhängigkeit der Intensität je Kornklasse an Hand Frequenzanalyse, Mittelwerte aller Versuche je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)	61
Abb.:43	Darstellung Hydrophon Reproduzierbarkeit an Hand Frequenzanalyse: alle Versuche 16-32mm (Quelle: eigene Darstellung 2015).....	62
Abb.:44	Darstellung Hydrophon - Abhängigkeit der Intensität je Kornklasse an Hand Frequenzanalyse, Mittelwerte aller Versuche je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)	62
Abb.:45	Darstellung Geophon – Koppelungseffekt der Nachbarzellen an Hand Frequenzanalyse, Mittelwerte der Nachbarzelle alle Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)	64

Abb.:46	Darstellung Hydrophonphon – Koppelungseffekt der Nachbarzellen an Hand Frequenzanalyse, Mittelwerte der Nachbarzelle alle Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)	64
Abb.:47	Darstellung Geophon - Gegenüberstellung der Frequenzanalyse des Rohsignales und des gefilterten Signals, Versuch 8 – Kornklasse 8-16mm (Quelle: eigene Darstellung 2015)	67
Abb.:48	Darstellung Hydrophon - Gegenüberstellung der Frequenzanalyse des Rohsignales und des gefilterten Signals, Versuch 8 – Kornklasse 8-16mm (Quelle: eigene Darstellung 2015)	67
Abb.:49	Darstellung Geophon - Gegenüberstellung der Energiesummenlinien der Rohdatensätze und der gefilterten Daten, jeweils Mittelwerte je Kornklassen (Quelle: eigene Darstellung 2015)	69
Abb.:50	Darstellung Hydrophon - Gegenüberstellung der Energiesummenlinien der Rohdatensätze und der gefilterten Daten, jeweils Mittelwerte je Kornklassen (Quelle: eigene Darstellung 2015)	69
Abb.:51	Darstellung Geophon – Koppelungseffekt der Nachbarzellen an Hand der Frequenzanalyse, Mittelwerte der gefilterter Daten aller Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)	70
Abb.:52	Darstellung Hydrophon – Koppelungseffekt der Nachbarzellen an Hand der Frequenzanalyse, Mittelwerte der gefilterter Daten aller Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)	71
Abb.:53	Darstellung Geophon - normierte Absolutwerte der Energiesumme aller gefilterten Versuchsdaten (Quelle: eigene Darstellung 2015)	72
Abb.:54	Darstellung Hydrophon - normierte Absolutwerte der Energiesumme aller gefilterten Versuchsdaten (Quelle: eigene Darstellung 2015)	73

Tabellenverzeichnis

Tab.1: Verwendete Kornklassen (Quelle: eigene Darstellung 2015)	6
Tab.2: Übersichtstabelle zur Dokumentation der Versuchsdurchführung am 25.02.2014 (Quelle: eigene Darstellung 2014).....	42
Tab.3: Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessung in der Versuchsrinne	43
Tab.4: Steigungen der Trendgeraden der Energiesummenlinien aller Versuche des Geophons (Quelle: eigene Darstellung 2015)	53
Tab.5: Steigungen der Trendgeraden der Energiesummenlinien aller Versuche des Hydrophons (Quelle: eigene Darstellung 2015).....	54
Tab.6: Übersicht der gewählten Einstellungen zur FFT Analyse im CATMAN- AP (Quelle: eigene Darstellung 2015)	58
Tab.7: Bewertung normierter Absolutwerte der Energiesumme aller gefilterten Versuchsdaten des Geophones (Quelle: eigene Darstellung 2015)	72
Tab.8: Bewertung normierter Absolutwerte der Energiesumme aller gefilterten Versuchsdaten des Hydrophons (Quelle: eigene Darstellung 2015)	73
Tab.9: Vergleich der IST- Massenwerte und den berechneten – Massenwerte (Quelle: Eigene Darstellung 2015)	76

1 Einleitung

Dem Stand der Technik entsprechend wird zur Dimensionierung von Flussbauvorhaben und Wasserbauten die fluviale Abflussmenge als Bemessungskriterium herangezogen. Im Kompetenzbereich für die Wildbach- und Lawinenverbauung und für den Bereich der Abteilungen der Wasserwirtschaft der Länder gilt das HQ 100 als Bemessungsgrundlage für den Hochwasserabfluss. Als Grundlage für das Bestimmen des Bemessungsabflusses stehen seitens der Hydrographie, vor allem im Kompetenzbereich der Länder, teilweise Jahrzehnte lange Messreihen zur Verfügung. Entweder sind für das Projektgebiet solche Messdaten direkt vorhanden oder es können mittels Regressionsrechnung von ähnlichen Einzugsgebieten Daten zur Bestimmung eines Bemessungsabflusses herangezogen werden. Im Kompetenzbereich der Wildbach- und Lawinenverbauung wird das Bemessungsereignis auch von einem Bemessungsniederschlag abgeleitet, da Messdaten der vorhandenen Abflüsse meist nicht vorhanden sind.

Die Folgeschäden eines Hochwassers, im weiteren Sinne von Ausuferungen und Uferanbrüchen werden maßgeblich vom transportierten Geschiebe bestimmt. Über den aktuellen Geschiebetransport in Abhängigkeit des Abflusses gibt es im Verhältnis zum Reinwasserabfluss sehr wenige Messdaten.

„Geschiebehaushaltsstudien sind die Grundlage für die Erstellung einer Sedimentbilanz des Einzugsgebietes. Sie dienen der Beantwortung der Frage, wie viel Sediment in einem Einzugsgebiet über längere Zeiträume und bei einer bestimmten Ereignisgröße produziert wird und wie dieses mobilisiert und abgelagert wird. Geschiebehaushaltsstudien und Sedimentbilanzen sind nützlich für längerfristige Verbauungs- und Maßnahmenplanung und für die Erstellung von Gefahrenkarten. Sie sind außerdem interessant als Grundlage für wissenschaftliche Studien“ (Turowski u.a., 2008).

Es ist naheliegend, dass es Ziel des Schutzwasserbaues sein muss, den fluviatilen Abfluss als auch den potentiellen Geschiebetransport als Bemessungsgrundlage heranzuziehen. Dadurch könnte unter anderem der starken Gewichtung des Schadensfaktors des Geschiebes im Hochwasserfall Rechnung getragen werden.

„Derzeit sind in Österreich nur wenige Daten zum Geschiebetransport für Gebirgsflüsse und Wildbäche verfügbar. Eine integrative Erfassung des Geschiebehaushaltes ist als Grundlage für einen nachhaltigen, ökologisch orientierten Flussbau unbedingt erforderlich. Aufgrund der Dringlichkeit und langfristig entscheidenden Bedeutung des Feststofftransportes und der Flussmorphologie für den Hochwasserschutz und den ökologischen Zustand der Fließgewässer in Österreich sind Entwicklungsarbeiten zur Messung des Feststofftransportes von zentraler Bedeutung. Der Bedarf an Geschiebemessdaten besteht für Planung in den Bereichen Flussbau, Hochwasserschutz, Wildbach- und Lawinenverbauung, Wasserstraßenmanagement sowie generell bei der Untersuchung von Transportprozessen und bei der Erstellung von langfristigen Geschiebebilanzen. Wichtig ist auch die Bereitstellung von Daten für die Fragen in Zusammenhang mit Ökologie und Kraftwerksbau. Naturmessdaten dienen als Grundlage für die Auswahl, Anwendung und Kalibrierung von Geschiebetransportformeln und numerischen Modellen. Weiters können die Daten direkt für die Dimensionierung von flussbaulichen Maßnahmen verwendet werden“ (Habersack u.a., 2010, Seite 3f).

Es ergibt sich der Bedarf an Messdaten zur Kalibrierung und Validierung der Formeln zur Berechnung von Geschiebetransportkapazitäten in vielen Gesichtspunkten der Wasserwirtschaft.

„Grundlegend stehen zur Simulation des Geschiebetransportes eine Reihe von Modellen für Flüsse mit Gerinnegefälle bis zu einigen % zur Verfügung. Diese Modelle eignen sich jedoch nur sehr bedingt für die Berechnung der Transportvorgänge in steileren Gerinnen und in Wildbacheinzugsgebieten. Die aus Laborversuchen hergeleiteten Geschiebetransportformeln überschätzen den tatsächlichen Geschiebetransport in Wildbächen oft erheblich. Das kann einerseits durch die limitierte Geschiebeverfügbarkeit erklärt werden, andererseits durch die raue Struktur der Gerinnesohle. Ein Teil der zum Transport zur Verfügung stehenden Energie wird zur Überwindung dieser Formrauheit verbraucht und steht nicht mehr für den Geschiebetransport zur Verfügung“ (Chiari u.a, 2009).

Für die weitere Entwicklung der Ansätze und dem Verstehen des Transportgeschehens in Gebirgsflüssen sind genaue Daten zur Geschiebebewegung in Abhängigkeit des vorhandenen Abflusses erforderlich.

1.1 Projekthintergrund

„Am 1. September 2012 wurde mit der erfolgreichen Implementierung des transnationalen EFRE (Europäischer Fond für regionale Entwicklung) Projektes „SedAlp – Sediment management in Alpine basins: integrating sediment continuum, risk mitigation and hydropower“ begonnen“ (BMLFUW online, 2013).

„Das vorrangige Ziel des EFRE Alpine Space Projekt ‘SedAlp’ ist es, die Entwicklung einer integrierten und grenzüberschreitenden Sedimentbewirtschaftung von Alpinen Einzugsgebieten zu unterstützen. Das Projekt umfasst 34 Aktivitäten an unterschiedlichen, repräsentativen alpinen Einzugsgebieten in Österreich, Deutschland, Italien, Frankreich und Slowenien. Der Schwerpunkt umfasst die Durchführung von Naturmessung und Analyse des Transportes von Sedimenten und Schwemmholt. Diese Aktivitäten fördern ein besseres Verständnis der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Transportprozesse und ermöglichen somit die Entwicklung neuer Werkzeuge für eine verbesserte Planung, Vorwarnung und Prognose des Transportes von Flusssedimenten“ (AIGNER u.a., 2014, S.1).

Im Rahmen des EU-Projektes SedAlp betreibt die Wildbach- und Lawinenverbauung Sektion Vorarlberg ein Projekt einer Geschiebemesstation am Suggadinbach. Als Kooperationspartner der Wildbach und Lawinenverbauung Sektion Vorarlberg hat das Institut Alpine Naturgefahren der Universität für Bodenkultur den Auftrag der Herstellung dieser Anlage erhalten. Die Konzeption, teilweise Planung und Inbetriebnahme der Anlage ist Teil dieser MA-Arbeit.

1.2 Problemdarstellung

Es werden sowohl in Österreich als auch in der Schweiz bereits Geschiebemesanlagen betrieben. Unter anderem sind diese Anlagen mit den „swiss-plate-geophon“- Messzellen ausgestattet. Am Suggadinbach soll eine Anlage

zur Messung des Geschiebetransportes installiert werden, welche mit Geophonen und Hydrophonen ausgestattet ist. Grundvoraussetzung des Auftragsgebers war es, die Daten unter bestehenden Messstationen und der zu planenden Messstation vergleichend auswerten zu können. Somit war das Hauptkriterium zur Konzeption der Messstation am Suggadinbach den selben Aufbau des Messsystems der Geophone gegenüber bestehenden Messstationen, welche von WLV betrieben werden, zu gewährleisten. Der Grundaufbau der bestehenden Anlagen im Bestand soll für die Einbausituation am Suggadinbach angepasst werden. Der Einbausituation am Suggadinbach ist ein Messquerschnitt in Form eines Doppeltrapezes zu Grunde gelegt. Die beidseitigen Flanken als auch die mittlere Abflusssektion sind 8m breit. Für eine geordnete Kabelführungen über die dazwischen liegenden 45° Flanken des Querschnitts inmitten des Wildbaches ist zu sorgen.

Neben den „swiss-plate-geophon“- Messzellen sollen auch Hydrophone zum Einsatz gelangen. Für diesen Sensortyp, welcher aus Japan bezogen wird, gibt es noch keine in Österreich angewandte standardisierte Messzelle. Vorerst wird die Anlage nur in der mittleren Abflusssektion mit 3 Messzellen bestückt. Es soll eine zukünftige Erweiterung der Messanlage möglich sein.

Für die Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der Messanlage und zur Erörterung der in der Masterarbeit definierten Fragestellungen sind Messdaten erforderlich. Diese Messdaten sollen durch Geschiebemessversuche produziert werden.

1.3 Zielsetzung

Die Messanlage soll im vorgesehenen Zeitplan den Anforderungen entsprechend geplant und umgesetzt werden. Der Zeitrahmen des Projektes sah vor, die Anlage im Frühjahr 2013 zu planen und fertigen zu lassen. Die Montage und erste Überprüfung der Funktionstüchtigkeit waren für den Sommer 2013 vorgesehen. Ab diesem Zeitpunkt ist die Anlage kontinuierlich in Betrieb. Es könnte unter anderem im September 2014 Geschiebetransport bei erhöhtem Abschluss aufgezeichnet

werden. Zur Dokumentation dessen wird auf den IAN Report 148 - Endbericht Teil 2 (Hübl u.a., 2014) verwiesen.

Im Rahmen von Laborversuchen soll zwischen drei verschiedenen Möglichkeiten der Adaptierung des Hydrophons an deren Messplatte untersucht werden. Ziel ist es eine optimale Messzelle für diese indirekte Geschiebemessart zu konzipieren. Als Entscheidungskriterium wird die Homogenität des Messsignales in Folge in verschiedenen Bereichen der Messplatte auftreffender Geschiebekörner herangezogen. Mittels Feldversuchen an der Messstation sollen Daten für eine Interpretation der angewandten Messsysteme produziert werden. Die Zielsetzungen der Arbeit beinhaltet die Untersuchung folgender Prozesse; jeweils für das System des Geophons und des Hydrophons.

- Den Vergleich, bzw. die Reproduzierbarkeit von Geschiebemessungen gleicher Korngröße.
- Die Untersuchung der Koppelung der nebeneinanderliegenden Messzellen. Gibt es eine Überlagerung der Signale der benachbarten Sensoren?
- Die Feststellung der Korndurchmesser abhängigen Sensibilität der Messsysteme. Gibt es eine Möglichkeit anhand der Versuchsdaten eine „Kalibrierkurve“ zu generieren, welche in Abhängigkeit des Korndurchmessers einen Zusammenhang des Messsignales und dem Gewicht, bzw. dem Volumen des transportierten Geschiebes herstellen lässt?
- Kann ein Verhältnis oder ein Bezug der Frequenzbereiche der Messsignale zu den Korndurchmessern des transportierten Geschiebes hergestellt werden?
- Die Bestimmung des Grundrauschens der Messsignale bei geschiebelosem Abfluss, zur Definition der erforderlichen Schwellenwerte für die „Peak-over-threshold“ Auswertung für das Hydrophon.

1.4 Methodik

Anhand von Bestandsplänen der Messanlage an der Urslau, welche durch das Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau (IWHW) Boku unter der Leitung von Herrn Professor Dipl. Ing. Dr. Helmut Habersack realisiert wurde und von der Wildbach- und Lawinenverbauung betrieben wird, werden Fertigungspläne für die erforderlichen Stahl- und Gummitteile für die Einbausituation am Suggadinbach erstellt. Die Herstellung diverser Fertigungsteile wird vergeben. Die Montage und Inbetriebnahme wird eigenständig, bzw. mit Unterstützung des Bauhofes der Wildbach- und Lawinenverbauung Sektion Bludenz, durchgeführt.

Für die Wahl der Adaptierung des Hydrophones an eine Messplatte anstatt einer Messröhre werden Laborversuche ohne fluvialen Abfluss gemacht. Hierbei wird mittels einer schiefen Ebene der Geschiebetransport simuliert. Der Versuchsaufbau sieht vor, Kieskörner in drei Bereichen der Messplatte auftreffen lassen zu können. Die Diskussion des Ergebnisses erfolgt über die graphische Darstellung der Rohdaten.

Im Feldversuch wird der Abfluss auf zwei hintereinander liegenden Messzellen kanalisiert. Mittels einem Autokran und einem Betonkübel wird jeweils eine Tonne je Kornklasse in vier Teilversuchen dem Abfluss kontinuierlich zugegeben. Die Versuche erfolgen mit vier verschiedenen Kornklassen (Siehe Tab.1.):

Tab.1: Verwendete Kornklassen (Quelle: eigene Darstellung 2015)

Position	Kornklasse [mm]	Zusatz
1	4-8	gewaschenes Kantkorn
2	8-16	gewaschenes Kantkorn
3	16-32	gewaschenes Kantkorn
4	32-64	gewaschenes Kantkorn

Während der Durchführung der Versuche werden folgende Signale, bzw. Kenngrößen der jeweiligen Versuchszelle und deren Nachbarzelle beider Messsysteme aufgezeichnet:

- Das Rohsignal

- Die fortlaufende quadratische Energiesumme des Signals
- die fortlaufende Summe des Peak Over Threshold (P.O.T.)

Die Auswertung erfolgt mittels der Software der Messeinheit „CATMAN-AP Version 4.3.2“. Diese ermöglicht die Messdaten während der Versuchsdurchführung online oder im Postprozess mittels weiteren Berechnungen zu analysieren. Es wird für alle Rohdatensätze eine Frequenzanalysen durchgeführt. In Folge der Analyse und Interpretation der Frequenzanalysen werden die Rohsignale gefiltert und die Energiesummen der gefilterten Daten neu berechnet. Nachdem die Daten dann exportiert werden, können diese mittels Graphen im MS- EXCEL dargestellt werden. Teilweise werden auch Graphen der Messsoftware „CATMAN-AP Version 4.3.2“ zur beispielhaften Darstellung der Daten herangezogen.

2 Grundlagen

2.1 Grundlagen der Physik

2.1.1 Die Schwingung

Neben den Bewegungsformen der unbeschleunigten, sowie der gleichmäßig beschleunigten Bewegung der Translation und Rotation, gilt auch die Bewegungsart des harmonischen Schwingens zu jenen, die für die Naturbeschreibung eine wichtige Rolle spielt.

„Diese Bewegungsform spielt vor allem deshalb eine so wichtige Rolle, weil sie – wie der französische Mathematiker Jean-Baptiste de Fourier zu Beginn des 19. Jahrhunderts beweisen konnte – ein wichtiger Baustein ist, aus dem sich alle periodischen Bewegungen zusammensetzen lassen“ (Sexl u.a., 1988, Seite 117).

„Die einfachste Anordnung, welche harmonisch schwingt, ist das Federpendel. Dieses besteht aus einer Schraubenfeder, an der ein Körper hängt. Bleibt der Körper in Ruhe, so wird das Gewicht des Körpers durch die Kraft der Feder aufgehoben. Wird die Feder etwas gedehnt und dann wieder los gelassen, so wird der Körper durch die Feder nach oben getrieben, schießt wegen der Trägheit über die Gleichgewichtslage hinaus, wird von der Feder abgebremst und wieder nach unten gezogen. Der Körper schießt wegen der Trägheit wiederum über die Gleichgewichtslage hinaus, wird von der Feder abgebremst und neuerlich nach oben getrieben. Der Körper schwingt auf und nieder – das Federpendel schwingt“ (Sexl u.a., 1988, Seite 118).

Durch dieses Modell kann die Bewegungsart des Schwingens sehr gut veranschaulicht werden. Physikalisch betrachtet kann dieses Modell für viele Sparten der Naturwissenschaften herangezogen werden. Unter anderem ist Schall eine Schwingung. Grundsätzliche Begriffe der Schwingungslehre sind folgendermaßen definiert:

„Die Elongation ist die momentane Auslenkung, die Amplitude ist die maximale Auslenkung aus der Gleichgewichtslage. Die Schwingungsdauer ist die Zeit, die der Körper für eine Hin- und Herbewegung (volle Schwingung) benötigt. Die Frequenz

ist die Zahl der Schwingungen pro Sekunde. Sie ist der Kehrwert der Schwingungsdauer und wird in Hertz (Hz) gemessen“ (Sexl u.a., 1988, Seite 118).

Der Schwinger führt eine harmonische Schwingung aus, wenn dieser die gleiche Frequenz wie der Erreger hat. Schwingungen können aber auch überlagert werden. Diesbezüglich kann sich das Phänomen der Resonanz, welches im Gegensatz zur Dämpfung steht, ergeben. „Die Resonanz tritt bei erzwungenen Schwingungen auf. Sie liegt vor, wenn die Erregerfrequenz mit der Eigenfrequenz übereinstimmt, und ist an der heftigen Bewegung, welche der Schwinger ausführt, erkenntlich. Die Schwingungsamplitude ist umso größer, je geringer die Dämpfung ist“ (Sexl u.a., 1988, Seite 123).

2.1.2 Der Schall

„Seiner physikalischen Natur nach besteht Schall aus mechanischen Schwingungen elastische Medien. Solche Schwingungen entstehen, wenn die kleinsten Teilchen eines elastischen Stoffes, seinen Moleküle, durch äußere Kräfte aus ihrer Gleichgewichtslage heraus bewegt und anschließend sich selbst überlassen werden. Infolge der ihnen innewohnenden Elastizitäts- und Trägheitskräften pendeln die Materieteilchen periodisch um ihre ursprüngliche Ruhelage hin und her. Man unterscheidet im Allgemeinen zwischen Körper-, Flüssigkeits- und Luftschall. Im Vakuum kann sich Schall nicht ausbreiten“ (Günther u.a. 2001, Seite 15).

Regt man einen festen Körper, der mit der umgebenden Luft in Berührung steht, zu elastischen Schwingungen an, so hat man damit eine luftschallerzeugende Quelle. Der dabei zunächst erzeugte Körperschall wird auf die angrenzende Luft übertragen, d.h. er wird in das Medium Luft abgestrahlt. Luftteilchen, die zum Schwingen angeregt worden sind, regen ihrerseits die ihnen benachbarten Luftteilchen zum Schwingen an, usw. Es tritt dabei eine Folge von Luftteilchenverdichtungen und -verdünnungen auf, die sich wellenartig ausbreiten. Bei der Schallausbreitung schwingen die Partikel des Ausbreitungsmediums stets nur um ihre Ruhelage, sie wandern nicht weiter. Mit der Wellenbewegung breitet sich lediglich die Schallenergie aus (vgl. Günther u.a. 2001, Seite 15f).

2.1.3 Das Signal

„Die Übermittlung einer Information ist an eine physikalische Größe als Träger gebunden (Schalldruck bei der Akustik, Leuchtdichte bei optischer Information, Feldstärke bei Funksignalen, usw.). Die Kombination von Information und Träger wird als Signal bezeichnet. Die Signalverarbeitung ist die Behandlung des physikalischen Trägers durch technische Mittel mit dem Ziel, die an den Träger gebundene Information zu übertragen oder zu extrahieren. Im ersten Falle spricht man von Signalübertragung, im zweiten von Signalanalyse“ (Hoffmann 2005, Seite 1f).

„Ein in der Realität existierendes Signal muss für unsere Zwecke in geeigneter Form beschrieben werden. Dieser Prozess, der stets auch eine Reduktion des Signales auf wesentliche Komponenten zum Ziel hat, wird als Modellierung bezeichnet“. (Hoffmann 2005, Seite 3). Zum Beispiel ist das Sprachsignal ursprünglich ein Analogsignal, das man korrekter zeitkontinuierliches Signal nennt. Die Bezeichnung meint, dass zu jedem Zeitpunkt ein Wert des Schalldruckes existiert. Um das Signal abbilden zu können, muss es messtechnisch erfasst werden. Das abgebildete Signal ist somit nur eine Folge von Abtastwerten, also eine Datenstruktur. Ein solches Signal wird als zeitdiskret bezeichnet (vgl. Hoffmann 2005, Seite 3, Seite 36).

Bei der Geschiebmessanlage am Suggadinbach werden bei beiden verwendenden Sensoren die Informationen über einen Stromimpuls übermittelt. Beim Geophon wird der Bewegungsimpuls der Messplatte und beim Hydrophon der Schalldruck gemessen.

2.2 Grundlagen der Geschiebemessung

2.2.1 Arten von Geschiebemesssystemen

Zur Messung von Sedimenttransport in natürlichen Gerinnen lassen sich verschiedene Methoden anwenden, die in vier Klassen eingeteilt werden können:

- Das Erfassen von Geschiebe in einem Ablagerungsbecken

- Das Abschätzen der Bewegung von Tracersteinen entlang eines Gerinnes
- Das Auffangen von sich bewegenden Partikeln im Bachbett
- Die indirekte Messmethode von Transportintensitäten

Das Geophon und Hydrophon stellen eine indirekte Messmethode des Geschiebetransportes dar. Es werden die Impulse von auftreffenden Körnern auf eine Messplatte einerseits durch deren hervorgerufene Bewegung der Platte und andererseits durch den verursachten Schalldruck registriert (vgl. Turowski u.a., 2008).

Das Geophon ist ein passiver Sensor, sprich er benötigt keine eigene Stromversorgung. Das Signal entsteht durch Induktion in Folge von Erschütterung, welche den Sensor in Bewegung versetzt. Das Geophon agiert auf diese Bewegungen und gibt ein höheres Energiesignal aus, je größer der Impuls einer Bewegung auf den Sensor ist.

Das Hydrophon zählt zu den aktiven Sensoren. Dieser Sensor benötigt eine Stromversorgung. Das Hydrophon misst Luftdruckveränderungen, respektive den Schalldruck. Je größer die Veränderung des Luftdruckes ist, sprich je lauter der Schallpegel ist, desto höher ist der Energiegehalt des Messsignales.

2.2.2 Anwendungsmöglichkeiten Geophon und Hydrophon

Im Sinne der Forschung sind die Daten einer Messanlage mit indirekten Messmethoden sehr hilfreich. Diese sind zeitlich und räumlich aufgeschlüsselt und geben Anhaltspunkte über die komplexen Prozesse des Abflussgeschehens in steileren Gerinnen.

Solche Messstationen können auch als Frühwarnsystem dienen. Dadurch kann Zeit geschaffen werden, um diverse Sicherheitsvorkehrungen zu treffen oder Evakuierungen einzuleiten. Zudem können Geophone während des Ereignisses dazu verwendet werden, die Änderung des Geschiebetriebes in Echtzeit zu beobachten. Dies stützt weiterhin die Einsatzplanung eines etwaigen Krisenstabes (vgl. Turowski u.a., 2008).

Durch die Information des Geschiebetransportes können Geschiebebilanzen, bzw, Geschiebehaushaltstudien erstellt werden. Diese dienen als Rahmenbedingung für Verbauungs- und Maßnahmenplanung, sowie als Entscheidungskriterium beim Erstellen von Gefahrenkarten.

3 Die Geschiebemesstation am Suggadinbach

3.1 Beschreibung der Örtlichkeit

Die Geschiebemesstation wird am Suggadinbach in Vorarlberg realisiert. Der Suggadinbach durchfließt das Gargellental, welches sich im Gemeindegebiet von St.Gallenkirch im Montafon befindet (Siehe Abb.:1). Der Suggadinbach entwässert eine 75km² große Fläche und hat eine Länge von rund 8,7km. Er entsteht aus der Vereinigung des Vergaldabaches und des Valzifenbaches auf eine Seehöhe von 1450m. Die Vorflut ist die Ill, welche in den Rhein entwässert. Der Oberlauf des Baches weist eine Länge von ca. 1,5km auf und durchströmt in diesem Bereich den Ort Gargellen. Das mittlere Gefälle liegt bei 6%. Im Mittellauf wechseln sich flachere mit steileren Abschnitten mit einer Gesamtlänge von 6,4km ab. Das Gefälle schwankt zwischen 3% und 20%. Dabei ist der untere Teil dieses Bereiches mit steileren Strecken und zum Teil mit schluchtartigem Charakter versehen. Im Unterlauf durchfließt der Suggadinbach die Siedlung Galgenuel, mit einer Länge von 800m (vgl. Mair, 2008).



Abb.:1 Übersichtskarte Montafon M 1:100.000 (Vorarlbergatlas online, 2015)

Bei Flusskilometer 2,26km, dem Bereich des Mittellaufes zugehörend, wurde im Jahr 2001 bis 2003 von der Wildbach- und Lawinenverbauung Sektion Bludenz die Geschieberückhaltesperre Plantesch realisiert. Um die, im Bereich der Sperre, durch das Hochwasser 2005 verursachten Schäden an der Landesstraße L192 nach Gargellen zu beseitigen und für die Zukunft die Landesstraße und die Infrastrukturachse, welche in der Straße verläuft, hochwassersicher zu gestalten, wurden 2006 drei Konsolidierungssperren oberhalb des Rückhaltebeckens von der WLW geplant und bis 2012 errichtet. Die Brücke der Zubringerstraße zum Ortsteil Neuberg wurde durch das Hochwasser 2005 ebenfalls zerstört und wurde im Zuge des Projekts „Suggadinbach 2006“ neu errichtet (vgl. WLW, 2006).

Die unterste der drei Konsolidierungssperren wurde für die Bestückung einer Geschiebemesseinrichtung vorbereitet und der Abflussquerschnitt als Doppeltrapez profiliert.

3.2 Das Anlagenkonzept

Das Anlagenkonzept der Messstation besteht aus 5 Komponenten:

- Der Abflussmessung.
- Der Geschiebemesung.
- Dem Geschieberückhaltebecken zur Bestimmung des Volumens des Grobgeschiebeanteiles.
- Einem Messcontainer zur Beherbergung der Datenverarbeitung, der Datenspeicherung und einer Notstromversorgung.

Anlagenkonzept

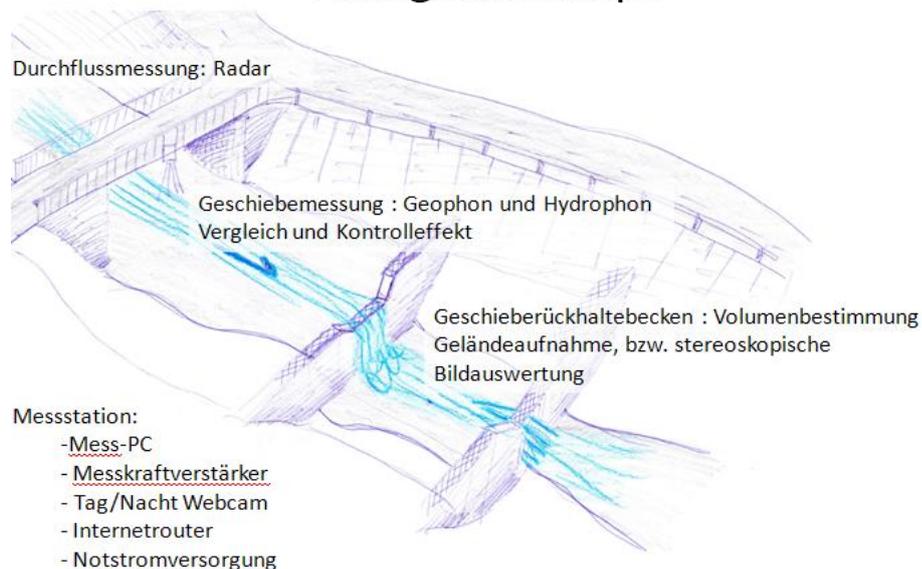


Abb.:2 schematische Skizze der Anlagenkomponenten und deren Anordnung (Quelle: eigene Darstellung 2013)

3.2.1 Die Durchflussmessung

Die Durchflussmessung erfolgt mittels einer berührungslosen Radarmessmethode zur Bestimmung der Oberflächengeschwindigkeit und des Wasserstrandes. Zum Einsatz kommt das Messgerät RQ-30, welches von der Firma Sommer Messtechnik

bezogen wurde. Die Messung erfolgt im Bereich der Brücke Richtung Neuburg. Dadurch konnte der Sensor in Mitten des Bachquerschnittes und dennoch außerhalb des Abflussgeschehens angebracht werden. Die Widerlager der Brücke sind aus Stahlbeton hergestellt. Demensprechend ist der Bachquerschnitt seitlich begrenzt und bis auf An- und Ablandungen unveränderlich. Der Radar wurde etwas aus der Mitte der Flussachse angebracht, da sich der Abfluss bei geringen Wassermengen auf der orografisch rechten Außenseite des Abflussquerschnittes konzentriert.

Die Messung der Oberflächenfließgeschwindigkeit basiert auf dem Prinzip des Doppler-Effektes. Das ausgesendete Signal wird teilweise an der Wasseroberfläche reflektiert und aufgrund des Dopplereffektes durch die Bewegung der Wasseroberfläche in der Frequenz verschoben. Das reflektierte Signal wird einer Spektralanalyse unterzogen und die Oberflächengeschwindigkeit berechnet. Der Wasserstand wird über die Laufzeitmessung ermittelt. Dabei sendet das Radargerät kurze Impulse senkrecht auf die Wasseroberfläche. Die Zeitspanne der Übertragung und dem Empfang des Impulses wird gemessen und daraus die Entfernung zur Wasseroberfläche berechnet und somit auch der Wasserstand im Bachbett bestimmt.

Das Profil des gegebenen Bachquerschnitts wird im Gerät eingegeben, wodurch über die gegebene Wasserstand – Querschnitt – Beziehung auf die benetzte Querschnittsfläche geschossen werden kann. Mittels der Kontinuitätsgleichung wird dann der Abfluss berechnet (vgl. Sommer online, 2014).

3.2.2 Der Messquerschnitt

An der untersten der drei vorhandenen Konsolidierungssperren wurde der Messquerschnitt in Form eines Doppeltrapezes vorbereitet. An der Oberkante der Sperre sind Stahlprofile als verlorene Schalung eingebaut, welche Platz für das Anbringen der Messbalken bieten.



Abb.:3 Foto - Querschnitt der verlorenen Schalung (Quelle: WLV 2013)

Die 50cm breite und 11cm tiefe Vertiefung bietet Platz die eigentliche Messanlage in der Wehrkrone einzulegen, bzw. zu montieren. Diese Vertiefung wurde fertigungstechnisch aus gebogenen Stahltafeln hergestellt. Dadurch hat sich an den inneren Ecken ein 15mm Biegeradius eingestellt, welcher bei der Geschiebemessanlage und deren Zusatzteilen recht aufwendige Maßnahmen in der Herstellung zur Folge hatte. Empfehlenswert ist die Vertiefung in der Schalung rechteckig zu gestalten.

Durch die Querschnittsausbildung in Form eines Doppeltrapezes konzentrieren sich der Abfluss und der Geschiebetransport bei Nieder- und Mittelwasserstand in der mittleren Abflusssektion. Diese ist 8m breit und ist mit 7 Geophonen und 3 Hydrophonen bestückt. Die seitlichen zwei Flügel sind ebenfalls 8m breit und es sind im Viertelpunkt jeweils drei Geophone angebracht.

3.2.3 Das Geschieberückhaltebecken

Im darunter liegendem Geschieberückhaltebecken beruhigt sich der Abfluss und die Schleppspannungen werden geringer. Dadurch setzt sich das registrierte Geschiebe in diesem Bereich ab. Mittels einer Geländeaufnahme oder der Auswertung einer stereoskopischen Bildaufnahme kann das Volumen des Geschieberückhaltebeckens

abgeschätzt werden. Voraussetzung ist eine Aufnahme des leeren Geschieberückhaltebeckens.

3.2.4 Der Messcontainer

Die Kabel der Sensoren werden innerhalb der Messbalken selbst und unterhalb den Abdeckungen der 45°-Flanken in Schutzrohren durch die Bachsohle und dann in Leerrohren durch die Sperrenflügel bis zum Messcontainer geführt.



Abb.:4 Fotos - Kabelführung. Links: Schutzrohr unter Abdeckung im Bachbett; Rechts: Leerrohre aus dem Sperrenflügel, mit ausreichendem Kurvenradius (min. $r > 2,5$ m), welcher das Einziehen der Kabel ermöglicht (Quelle: eigene 2013)

Im Messcontainer sind ein Messkraftverstärker (Spezifikationen lt. Datenblatt: siehe Anhang A) und ein PC zur Datenverarbeitung und Datenspeicherung installiert. Via Internetrouter kann eine Verbindung zum Mess-PC hergestellt werden. Dadurch ist es möglich Messergebnisse auszulesen, bzw. zu übertragen. Neben einer fix installierten Stromanbindung, gibt es eine Notstromversorgung mittels USV. Dadurch ist gerade im Hochwasserfall eine kontinuierliche Aufzeichnung der Messdaten gewährleistet. Am Container ist eine Tag/Nacht Webcam (Mobotix) angebracht. Es wird alle 30 Minuten ein Bild der Situation gespeichert.

Durch das Zusammenführen der Daten der Abflussmessung, der Geschiebemessung und der Volumenbestimmung des Geschiebes können die Signale in Relation gestellt werden. Das Konzept der Messanlage erlaubt es eine Aussage über die Beziehung des Abflusses und des transportierten Geschiebes, sowie die zeitliche Auflösung dessen, zu treffen. Dadurch erhält man Information über den Beginn, über die Menge des Geschiebes in Abhängigkeit des Abflusses und das Ende des Geschiebetransportes, sowie die räumliche Verteilung in der Achse des Messquerschnittes.

3.2.5 Messdaten und – Datenmanagement

Es werden die analogen Signale von 13 Geophonen und 3 Hydrophonen erfasst. Die Signale werden mit einer Frequenz von 9,6kHz verarbeitet. Dies geschieht mit dem Softwarepaket des Messkraftverstärkers QuantumX MX 1601B von HMB, CATMAN-AP Version 4.3.2. Die Software ermöglicht während der Aufzeichnung der Rohsignale, diese zu berechnen. Im normalen Dauerbetriebe wird während der Messung die quadratische Energiesummen der Signale berechnet und die Anzahl der Überschreitungen eines bestimmten Schwellenwertes (P.O.T.: Peak-over-Threshold) gezählt. Jede Minute werden folgende Werte gespeichert:

- Die absolute Summe der quadratischen Energiesumme je Messzelle.
- Die Anzahl der Überschreitungen des Schwellenwertes je Messzelle.
- Der jeweils maximale Amplitude des Signales je Messzelle.

Alle 24 Stunden wird automatisch ein File mit dem Datum und der Uhrzeit erstellt und abgelegt, sodass die Routine wieder von neu begonnen werden kann. Dadurch lassen sich die überaus großen Datenmengen der Rohsignale im überschaubaren Rahmen halten und es ergibt sich die Möglichkeit die Daten via Internet zu übertragen.

3.3 Der Geophonmessbalken am Suggadinbach

3.3.1 Bauteile

Die Geophonmessanlage besteht auf Grund der Querschnittform der Konsolidierungssperre als Doppeltrapez aus zwei Arten von Teilen. Jeweils in den horizontalen Abschnitten sind der eigentlichen Geophonmessbalken mit den Sensoren angebracht. Die drei installierten Messbalken sind in ihrer Ausführung und Größe, bis auf die Ausbildung der seitlichen Rohrstützen zur Kabelführung, welche von der Position der Balken abhängt, ident. Auf den 45° steilen Flanken des Querschnittsprofils, zwischen der mittleren Abflusssektion und den Flügeln, sind Abdeckungen angebracht. Diese haben die Funktion als Kabelkanal und bilden eine absatzlose Oberfläche an der Wehroberkante, sodass es zu keiner zusätzlichen Turbulenz beim Überströmen der Anlage kommt.

3.3.2 Der Geophonmessbalken

Der Geophonmessbalken ist in Stahl realisiert. Dieser besteht aus zwei Einheiten, die sich durch deren Funktion unterteilen lassen:

3.3.2.1 Der Grundgerüst des Messbalkens

Das Grundgerüst bildet ein U-Profil 400 (U-Profil ON EN 10024-400 S235-JRG1) mit einer Länge von 7994mm. Das U-Profil bildet den Korpus des Messbalkens, welcher beidseitig mittels Abschlussplatte dicht verschweißt ist (Siehe Abb.:5). In den Abschlussplatten sind, je nach Variante einseitig oder beidseitig Rohrstützen eingeschweißt, die bis zum ersten Hauptfeld (Messzelle) des Balkens führen.



Abb.:5 Foto: Korpus des Geophonmessbalkens. Links: der Korpus mit Rohrstützen als Kabeldurchführung vom Stegblech zum Abschlussdeckel. Rechts: ein verschlossenes Seitenende, die Auflagebleche sind bereits verschweißt (Quelle: eigene 2013)

In den Korpus sind die Auflagebleche eingeschweißt, welche den Messbalken in 15 Hauptfelder und 2 Endfelder unterteilen und für die Lagerung der Abschlussplatten, respektive der Messzellen dient. Bei den Endfeldern sind unterhalb des Aufagerrahmens Stegbleche vorgesehen, welche einen Abschluss der 15 Hauptfelder vorgeben. Die Kabel der Sensoren werden durch die Rohrstützen an die Seiten des Balkens geführt. Dies bietet die Möglichkeit einer Vormontage aller 15 Abschlussdeckel der Hauptfelder, respektive der Messzellen, sodass bis auf den Kabelausgang (Rohrstützen) ein in sich geschlossenes und dichtes System entsteht. Im Bereich der Endfelder kann der Messbalken Vorort im Bachbett mittels Bohranker am Bauwerk befestigt und dann verschlossen werden (Siehe Abb.:6).

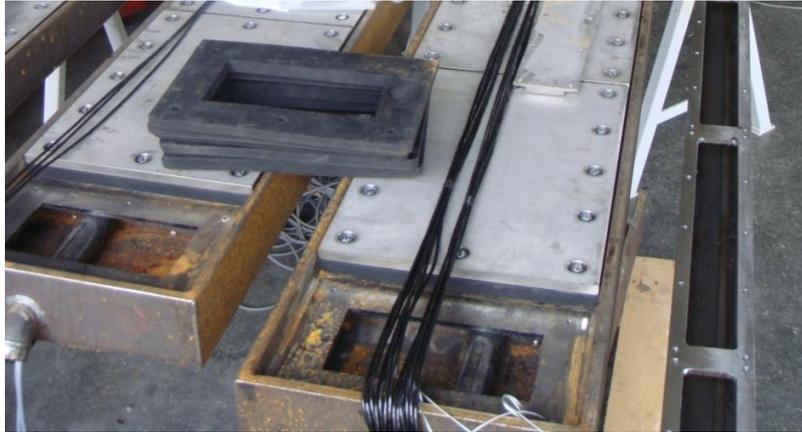


Abb.:6 Foto - vormontierter Geophonmessbalken. Die Hauptfelder sind bereits mit den Abschlussdeckeln verklebt und verschraubt. Die Endfelder, zur Befestigung am Bauwerk, sind noch geöffnet (Quelle: eigene 2013)

3.3.2.2 Die Messzelle des Geophonmessbalkens

Die Messzellen, bzw. Abschlussplatten bestehen aus Edelstahlplatten (Abmaße 500x356x15mm, Material 1.4301), an welchen der Sensor befestigt ist (Siehe Abb.:7). Das Geophon ist mittels eines Adapters aus Aluminium an der Unterseite einer Edelstahlplatte befestigt (Siehe Abb.:8). Der Sensor ist über das Adapterteil mit der Messplatte direkt verbunden und gibt die Impulse der Bewegungsänderung der Platte, welche durch das Aufprallen und Abrollen des Geschiebes verursacht werden, wieder.

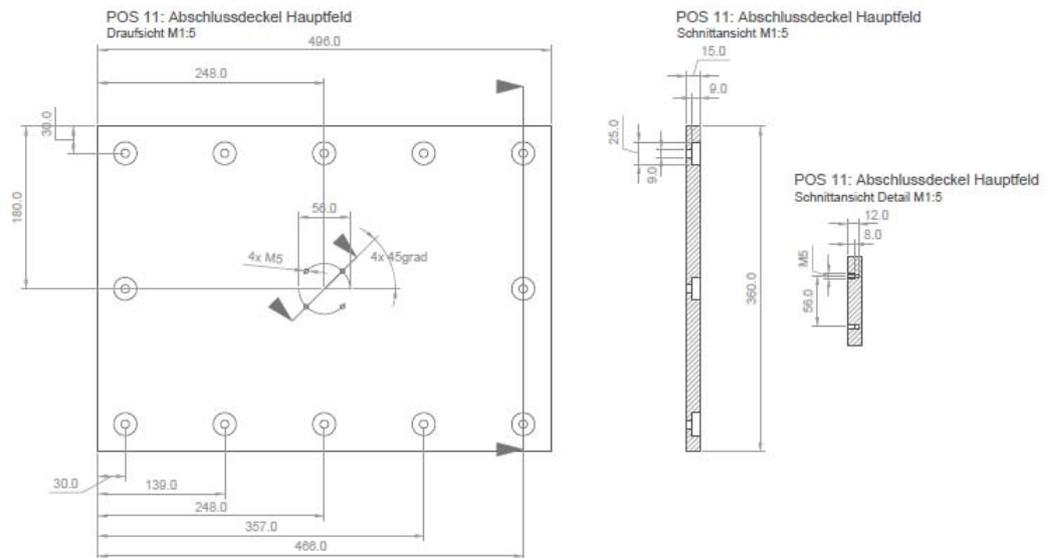


Abb.:7 Abschlussdeckel der Hauptfelder des Geophonmessbalkens. Ausschnitt aus der Plangrundlage: „01d_Geophon_Suggadin_Format A0“ (Quelle: eigene Darstellung 2013)



Abb.:8 Foto - Komponenten der Geophonmesszelle: Messplatte (Abschlussdeckel), Adapter und Sensor (Quelle: eigene 2013)

Die Lagerung erfolgt anhand eines Gummilagerringes aus Neoprene (Spezifikationen lt. Datenblatt: siehe Anhang A). Auch die Anschraubleisten, welche unterhalb der Auflagerbleche angebracht sind und mittels welchen die Messplatten angeschraubt sind, liegen an einem Gummilagerring aus Neoprene an den Auflagerblechen an. Dadurch ist gewährleistet, dass es zu keiner direkten Koppelung der Schwingungen des Messbalkens auf die Messplatte und umgekehrt kommt. Auch die Messplatten

nebeneinander sind durch einen Abstand körperschalltechnisch entkoppelt und können theoretisch nur ihre eigene Schwingungen messen.

3.3.2.3 Die Vormontage - Endmontage

Die Montage der Messplatten erfolgt im Vorfeld der eigentlichen Montage der Messanlage vorort. Die Arbeitsgänge erfordern trockene Umstände. Empfehlenswert ist eine Werkstatt inkl. Hebekran, um die Balken zu manipulieren. Der Arbeitsaufwand die Geophonmessbalken für die Montage im Suggadinbach selbst vorzubereiten betrug ca. 110 Arbeitsstunden.

Es werden die Montagebleche im Korpus positioniert und dann die untere Lagermatte eingelegt. Auf der oberen Seite des Auflagerrahmens wird Silikon aufgebracht, bevor dann die obere Lagermatte eingelegt wird (siehe Abb.:9). An der Oberseite dieser Lagermatte wird ebenfalls, zur Gewährleistung der Dichtheit, Silikon aufgetragen. Nun werden Gewindestangen in die Anschraubbleche eingeschraubt und die Messplatte inkl. vormontiertem Geophonadapter und Sensor aufgelegt. Es können dann die Gewindestangen je Montageblech hochgezogen und die ersten Schrauben inkl. Schraubensicherungsmasse eingebracht werden (siehe Abb.:10).

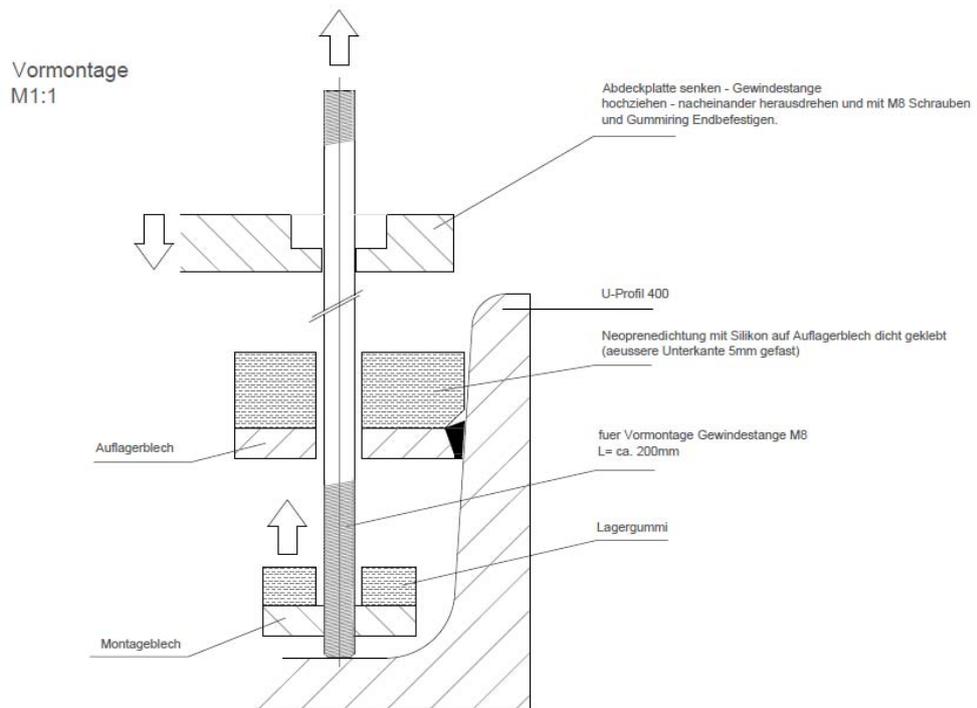


Abb.:9 Schnittansicht des ersten Arbeitsschrittes der Vormontage des Geophonmessbalkens. Ausschnitt aus der Plangrundlage: „01d_Geophon_Suggadin_Format A0“ (Quelle: eigene Darstellung 2013, modifiziert nach Habersack 2010)

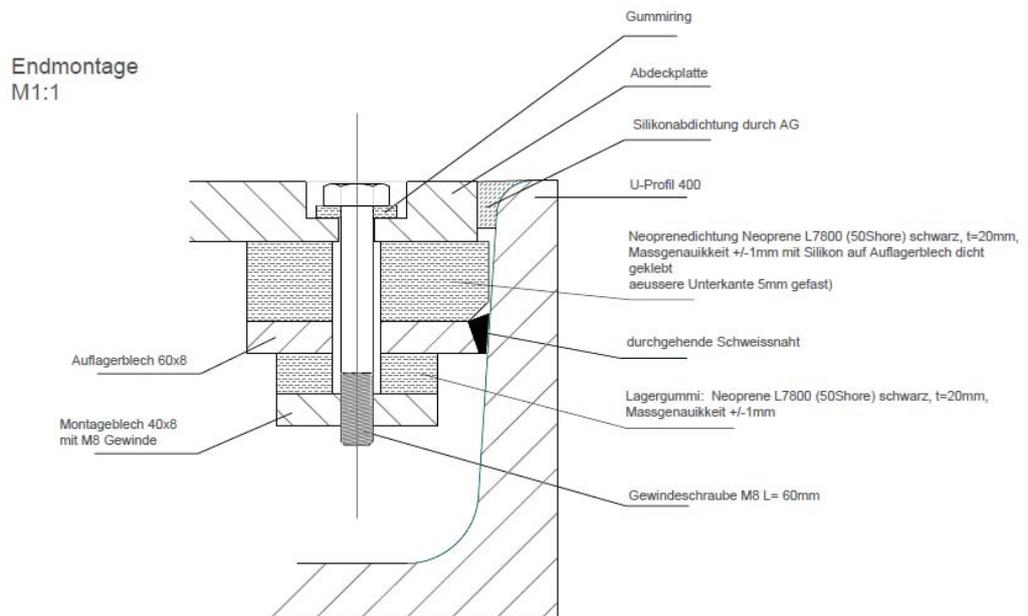


Abb.:10 Schnittansicht der vollendeten Vormontage des Geophonmessbalkens. Ausschnitt aus der Plangrundlage: „01d_Geophon_Suggadin_Format A0“ (Quelle: eigene Darstellung 2013, modifiziert nach Habersack 2010)

3.4 Hydrophonmessbalken am Suggadinbach

3.4.1 Bauteile

Die Messanlage am Suggadinbach wurde vorerst mit drei Hydrophonen in der mittleren Abflussektion bestückt. Dadurch ergeben sich zwei Arten von Bauteilen der Messanlage des Hydrophones. Einerseits ein Hydrophonmessbalken und andererseits eine Art Kabelkanal, welcher vorerst als Platzhalter dient und unterhalb dessen die Kabel der Sensoren in einem Schutzschlauch durch das Bachbett geführt werden.

3.4.2 Der Hydrophonmessbalken

Der Hydrophonmessbalken ist in Stahl realisiert. Dieser besteht aus zwei Einheiten, die sich durch deren Funktion unterteilen lassen:

3.4.2.1 Das Grundgerüst des Messbalkens

Der Korpus des Balkens besteht aus zusammengeschweißten Flachstählen (Material S235 JO, siehe Abb.:11). Bei der Fertigung musste besonderes Augenmerk auf den Verzug, welcher durch die erforderlichen Schweißnähte und die Länge des Bauteiles hervorgerufen wurde, gegeben werden. Mit Kenntnis dessen ist es jedoch möglich den Balken auf diese Bauweise innerhalb der geforderten Allgemeintoleranz ISO 2768-m zu fertigen.

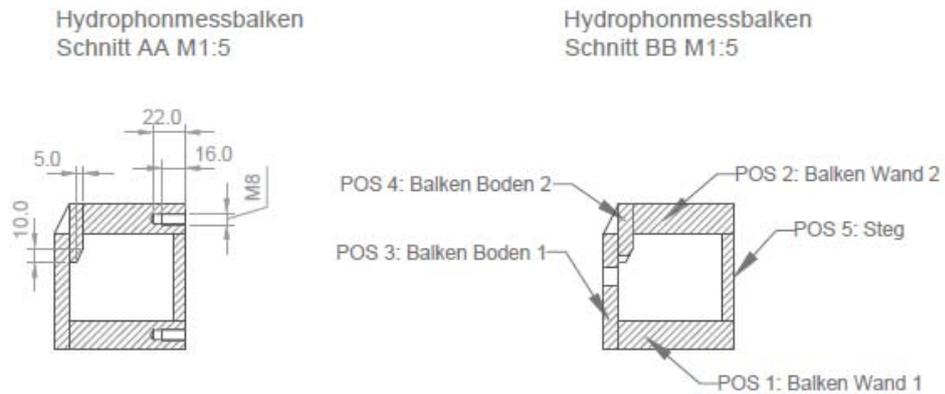


Abb.:11 Querschnittansichten des Hydrophonmessbalkens, Ausschnitt aus Plandarstellung
 03d_Hydrophon_Suggadin_Format A1 (Quelle: eigene Darstellung 2013)

Die etwas überdimensionale Breite der Balkenwände resultiert aus dem erforderlichen Gewindelochbild für die Befestigung der Messplatten, als auch zur Gewährleistung eines ausreichenden Flächenausmaßes der Auflagerfläche zur Schalldämpfung durch die Lagermatten aus Neoprene.

3.4.2.2 Die Messzelle des Hydrophonmessbalkens

Die Bestimmung der Bauart der Ausführung der Hydrophonmesszelle, bzw. die Optimierung dessen ist Teil dieser Arbeit. Der Weg zur Lösungsfindung ist unter Punkt 4 erörtert. Das Ergebnis und somit die gewählte Bauart ist hier vorab schon beschrieben. Die Messzellen, bzw. Abschlussplatten bestehen aus Edelstahlplatten (Abmaße 500x100x15mm, Material 1.4301) an welchen der Sensor befestigt ist.

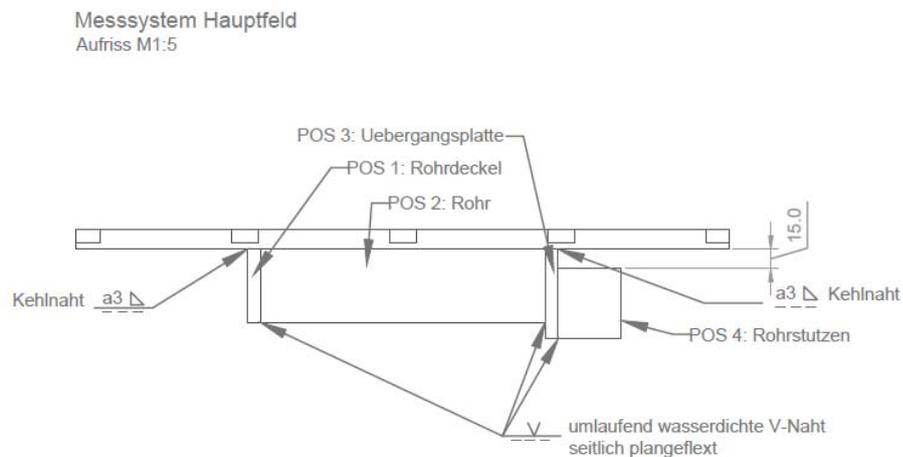


Abb.:12 Aufriss der Hydrophonmesszelle (ohne Sensor): Ausschnitt aus Plangrundlage
 03d_Hydrophon_Suggadin_Format A1 (Quelle: eigene Darstellung 2013)

Auf der Unterseite der Messplatte ist ein Rohrstück über zwei Stege mit der Platte verschweißt. Das Hydrophon ist im angebrachten Rohrstutzen verschraubbar (siehe Abb.:13). Der Körperschall der Messplatte wird über diese Stege in das Rohr übertragen und von dem Hydrophon als Schalldruck des Luftraumes im Rohr gemessen.



Abb.:13 Foto - Hydrophonmesszelle Vormontage (Quelle: eigene 2013)

Durch die Wahl der Sensoradaptierung des Hydrophons ist die fertige Messzelle etwas länger als die Messplatte. Dadurch kann im Hydrophonmessbalken nur jedes zweite Hauptfeld mit einem Sensor bestückt werden.

Die Messplatte des Hydrophones ist auf einer Gummiplatte aus Neoprene gelagert. Ziel ist es, eine Überlagerung des Schalles, welcher durch das Aufprallen der Geschiebekörner verursacht wird, zu minimieren. Die absorbierende Eigenschaft der Gummimatte dämpft den Körperschall in der Messplatte.

3.4.2.3 Der Kabelkanal

Der Kabelkanal wird durch folgende zusammen geschweißte Stahl Profile nach ON EN 10024 hergestellt: U-Profil 100x50, U-Profil 50x25 und L-Winkel 50x30x5 (siehe Abb.:14). Es ergibt sich ein Querschnitt, welcher den Radius in der verlorenen Schalung, welche in der Konsolidierungssperre eingelegt wurde berücksichtigt und ausreichende Querschnittfläche für die Beherbergung des Schutzschlauches bietet.

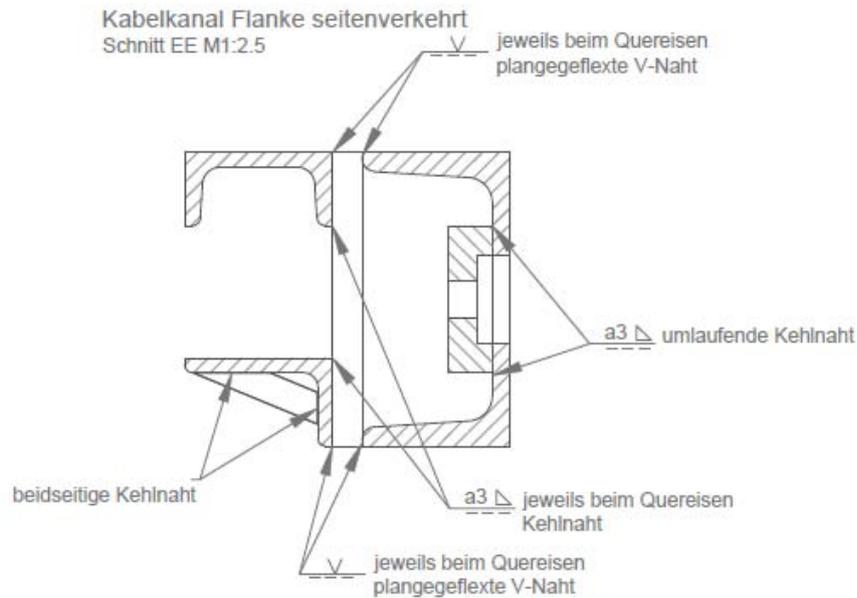


Abb.:14 Schnittansicht des Kabelkanal des Hydrophonmessbalkens: Ausschnitt aus der Plangrundlage: „03d_Hydrophon_Suggadin_Format A1“ (Quelle: eigene Darstellung 2013)

3.5 Sensorbestückung der Messanlage

Anstehend wird die Sensorbestückung der Messanlage graphisch dargestellt. Die Übersichten zeigen die jeweilige Position im Bachbett, die Sensorbezeichnung und die zugeteilten Kanalnummer des Messkraftverstärkers. Die Position im Bachbett wird entsprechend der Form des Querschnitts eines Doppeltrapezes in drei Bereichen eingeteilt: linker und rechter Sperrenflügel, sowie die mittlere Abflussektion. Innerhalb der Bereiche sind die Hauptfelder durch eine vorlaufende Feldnummer durchnummeriert. Die gedachte Blickrichtung der Graphiken (siehe Abb.:15,Abb.:16,Abb.:17) ist in Fließrichtung.

3.6 Wasserdichtheit - Hochwasserschutz

Bei dem Hydrophonmessbalken wird davon ausgegangen, dass auf Grund der geringen Auflagefläche der Lagermatte und die daraus fehlende Möglichkeit des Verklebens dessen mit den Stahlteilen, eine 100%ige Dichtheit nicht gewährleistet werden kann. Die Messzellen und die Verbindung mit dem Sensor sind zwar zu 100% wasserdicht. Jedoch gibt es ein Einspülen von Feinteilen in den Messbalken zu befürchten, wodurch die schalltechnischen Eigenschaften des Messbalken bei einer möglichen Verfüllung während des Betriebes sich ändern würden.

Als Gegenmaßnahme zur geschilderten Problematik wird eine Entwässerungsmöglichkeit des Messbalkens vorgesehen. Als Rahmenbedingung gilt es den möglichen Rückstau aus dem darunter liegenden Rückhaltebecken zu berücksichtigen, welcher während des Hochwassers 2005 schon gegeben war. Dementsprechend ist die Entwässerungsmöglichkeit mit einem Rückschlagventil der Firma Iasso GmbH aus der Schweiz ausgestattet. Der Vorteil dessen bezieht sich auf die Verträglichkeit gegenüber Feinteilen und der geringen erforderlichen Überstauhöhe, damit sich das Ventil öffnet. Das Ventil besteht aus einem gelochten Konus aus Edelstahl, an welchem auf der Innenseite eine Membrane anliegt. Diese ist in eine übliche Temperegussverschraubung nach ISO/EN U2 untergebracht (siehe Abb.:18). Die Überstauhöhe, bei welcher sich die Membrane von dem Konus löst und das Ventil Wasser ableitet, ergibt sich zu 65cm.



Abb.:18 Foto - Entwässerung inkl. Rückschlagventil (Quelle: eigene 2013)

Die dadurch erforderlichen Rohrverlängerung ist mit einem lebensmitteltaugliches Frostschutzmittel gefüllt. Des Weiteren ist ein Stück Schlauch eingebracht, welcher mittels Edelstahlkugeln verschlossen ist. Es kann dadurch gewährleistet werden, dass nach Verschliessen der Membrane das überbleibende Medium in der Rohrverlängerung vorerst durch den gegebenen Frostschutz nicht gefrieren kann. Sollte der Messbalken widererwartend stark undicht sein und das Frostschutzmittel rasch verdünnt werden, ist der Schutz des Rohres, durch das vorhandene Luftvolumen des Schlauches als Puffervolumen, gegenüber Eisbildung gegeben.

3.7 Lieferantenübersicht und spezifische Datenblätter aller Komponenten.

Eine Übersicht aller beteiligten Lieferanten und spezifischen Datenblätter diverser verwendeter Produkte befinden sich im Anhang A.

4 Laborversuche zur Fragestellung der Hydrophonmesszelle

4.1 Allgemein

Da es für die Hydrophonmesszelle sowohl keine planerische als auch funktionalen Vorgaben gibt, galt es diverse Möglichkeiten des Anbringens des Sensors an der Messplatte zu untersuchen. Im Rahmen von Laborversuchen soll zwischen drei verschiedenen Möglichkeiten der Adaptierung des Hydrophones an deren Messplatte untersucht werden (siehe Abb.:19). Als Entscheidungskriterium wird die Homogenität des Messsignales in Folge in verschiedenen Bereichen der Messplatte auftreffender Körner herangezogen. Die Laborversuche werden ohne fluvialen Abfluss durchgeführt. Der Geschiebetransport wird mittels einer schiefen Ebene simuliert. Der Versuchsaufbau sieht vor Kieskörner gleicher Größe in drei Bereichen der Messplatte auftreffen zu lassen. Die Diskussion des Ergebnisses erfolgt über die graphische Darstellung der Rohdaten.

Die Vermutung war, dass das Aufschlagen der Körner sehr nahe am Hydrophon, stärkere Signale erzeugen würden als die weiter Entfernteren. Auch war ein kurzer dumpfer Schallimpuls gewünscht, sodass sich der Schall der unzähligen aufprallenden Körner nicht allzu sehr überlagern würde.

4.2 Methodik

4.2.1 Beschreibung der Varianten

Folgende Befestigungsmöglichkeiten wurden untersucht.



Abb.:19 Foto - der untersuchten Befestigungsmöglichkeiten des Hydrophones : links Variante 1, mittig Variante 2, rechts Variante 3 (Quelle: eigene 2013)

Variante 1: Zur Anbringung des Sensors an der Messplatte dient ein Stahlrohr mit der Länge über 350mm und dem Innendurchmesser 2-Zoll, welches mittels zweier Stege aus Stahl jeweils am Anfang und am Ende dicht abgeschlossen ist. Die Stege sind ca. in den Drittelpunkten der Messplatte mittels einer Schweißverbindung angebracht. Ein Steg besitzt eine Durchgangsöffnung. Im Anschluss dessen ist eine Stahlhülse mit Innengewinde umlaufend dicht verschweißt. Auf diese Stahlhülse kann der Sensor verschraubt werden. Die Dichtheit der Verbindung soll durch Gewindedichtmaße und Schrumpfschläuche gewährleistet sein.

Variante 2: Zur Anbringung des Sensors an der Messplatte dient ein U-Profil mit der Länge über 350mm und den Abmaßen von 50x30x5mm nach ON EN 10024, welches mittels zwei Stegen aus Stahl jeweils am Anfang und am Ende dicht abgeschlossen ist. Das Profil ist umlaufend mit der Messplatte durch eine Schweißverbindung verbunden. Ein Steg besitzt eine Durchgangsöffnung im Anschluss dessen sitzt eine Stahlhülse mit Innengewinde, die umlaufend dicht verschweißt ist. An dieser Stahlhülse kann der Sensor verschraubt werden. Die Dichtheit dieser Verbindung soll ebenfalls mittels Gewindedichtmaße und Schrumpfschläuche gewährleistet sein.

Variante 3: Zur Anbringung des Sensors dient ein handelsüblicher ÖVGW zertifizierter 2-Zoll 90° Rohrbogen mit Innengewinde, der an der Messplatte im Dreipunkt positioniert und umlaufend verschweißt ist. Im Rohrbogen kann der Sensor verschraubt werden. Die Dichtheit soll mittels Gewindedichtmaße und Schrumpfschläuche gewährleistet sein.

4.2.2 Versuchsdurchführung

Die Versuche erfolgten im Labor des Institutes für alpine Naturgefahren an der Universität für Bodenkultur in Wien.

Es wurde ein 1m langes Teilstück des geplanten Hydrophonmessbalkens im Maßstab 1:1 gefertigt, an welcher die Versuchsmesszellen mit der vorgesehenen Gummimatte aus Neopren zu befestigen war (siehe Abb.:20). Die Versuchsdurchführung erfolgte im Trockenen. Der Geschiebetransport, bzw. das Rollen und Hüpfen der Kieskörner wurde an Hand einer schiefen Ebene produziert.



Abb.:20 Fotos - Versuchsaufbau im Labor, zur Optimierung der Hydrophonmesszelle (Quelle: eigene 2013)

Es wurde die Messplatte in drei gleichgroße ca.15cm lange Bereiche unterteilt und der Schallpegel, hervorgerufen durch das Anstoßen einzelner gleichgroßer Kieskörner (\varnothing =ca. 12mm) in den drei verschiedenen Bereichen (links, Mitte, rechts) der Messplatte, gemessen. Zur Untersuchung des Versuches wurde vorerst das Rohsignal des Hydrophons mit 9,6 kHz verarbeitet und aufgezeichnet.

4.3 Ergebnis

Die Analyse der Messdaten erfolgt mittels CATMAN-AP Version 4.3.2. Das Softwarepaket bietet eine Möglichkeit Datenteile des Rohsignals, welche unterhalb eines Schwellenwertes liegen, zu exkludieren. Um eine bessere Entscheidungsgrundlage zu erhalten und die Möglichkeit die Daten mittels Excel – Graphen darstellen zu können, wurde das Grundrauschen der Messdaten abgeschnitten. Dadurch bedingt ist der Wegfall der zeitlichen Diskretisierung der Aufzeichnungen. Durch das „Abschneiden“ des Grundrauschens werden die Daten entlang der Zeitachse zusammengeführt. Die zeitliche Diskretisierung der Daten ist für die Beantwortung der Fragestellungen des Versuches nicht erforderlich.

Die Signalaufzeichnungen lassen sich nach der Bereinigung wie folgt darstellen. In jedem der drei Bereiche der Messplatte wurden Geräusche von fünf nacheinander aufprallenden Kieskörnern detektiert. Die Interpretation der Messergebnisse erfolgt nach der visuellen Beurteilung der abgebildeten Graphen.

Bei der Darstellung des Messsignals der Variante 3 – 90°Bogen (siehe Abb.:21) lässt sich erkennen, dass nur ein kleiner Resonanzraum vorhanden ist. Die Impulse schlagen klar an und verklingen rasch, ohne sich gegenseitig zu überlagern. Es ist ersichtlich, dass die Impulse im linken Bereich der Messplatte, an dem der Rohrbogen befestigt ist, ca. um Faktor 2 stärker detektiert werden.

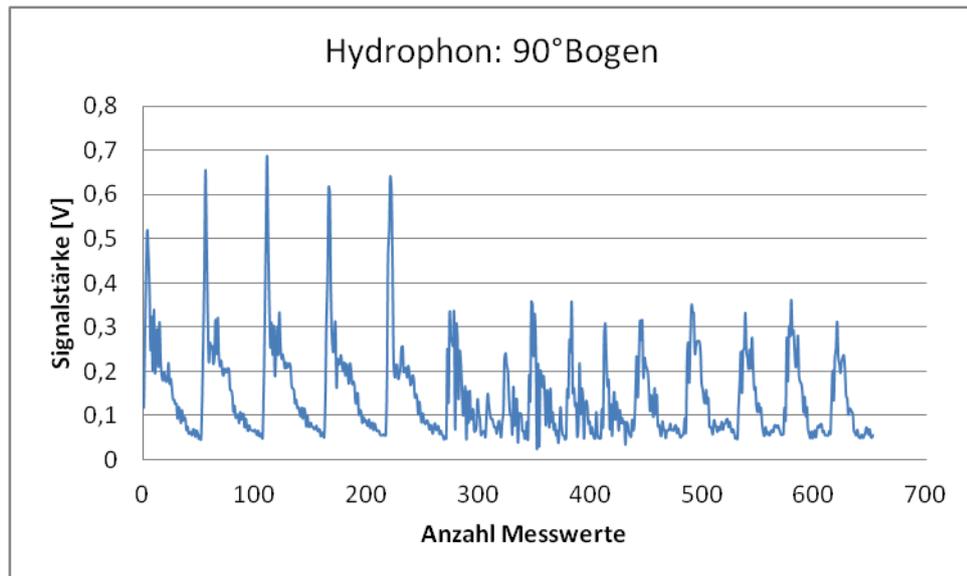


Abb.:21 Darstellung: bereinigtes Messergebnis der Variante 3 - 90° Bogen (Quelle: eigene Darstellung 2013)

Bei der Darstellung des Messsignals der Variante 2 – U-Profil (siehe Abb.:22) wird interpretiert, dass das gegenüber der Variante 90°Bogen ca.3fach größere Volumen des Resonanzkörpers zum Überlagern der Schallpegel neigt. Eine deutlichere Homogenität der Signale über die verschiedenen Bereiche ist gegeben.

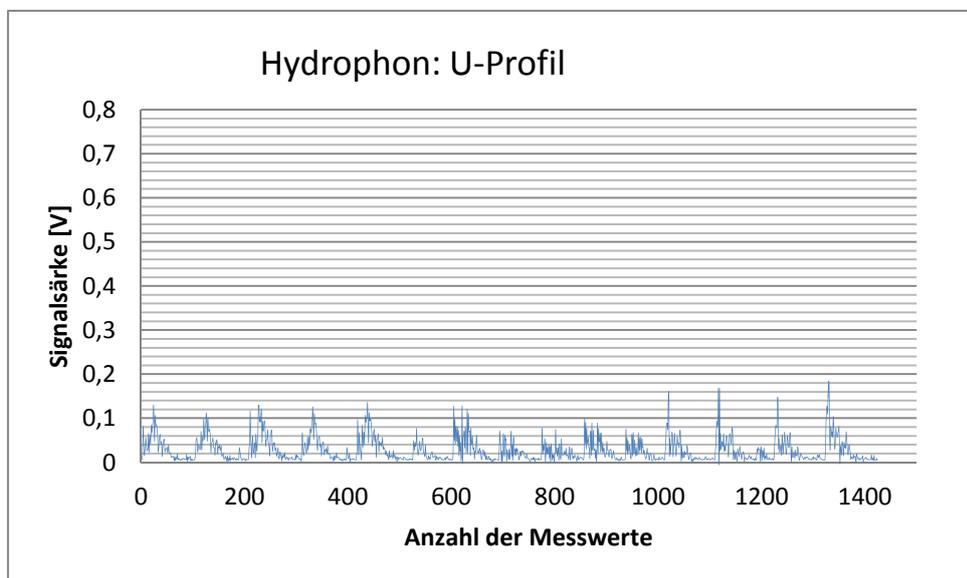


Abb.:22 Darstellung :Bereinigtes Messergebnis der Variante 2 – U-Profil (Quelle: eigene Darstellung 2013)

Das bereinigte Messergebnis des Versuches der Variante 1 – Rohrprofil (siehe Abb.:23) zeigt sowohl ein deutliches Anschlagen der Impulse, als auch eine

zufriedenstellende Homogenität der Impulse in den verschiedenen Bereiche der Messplatte.

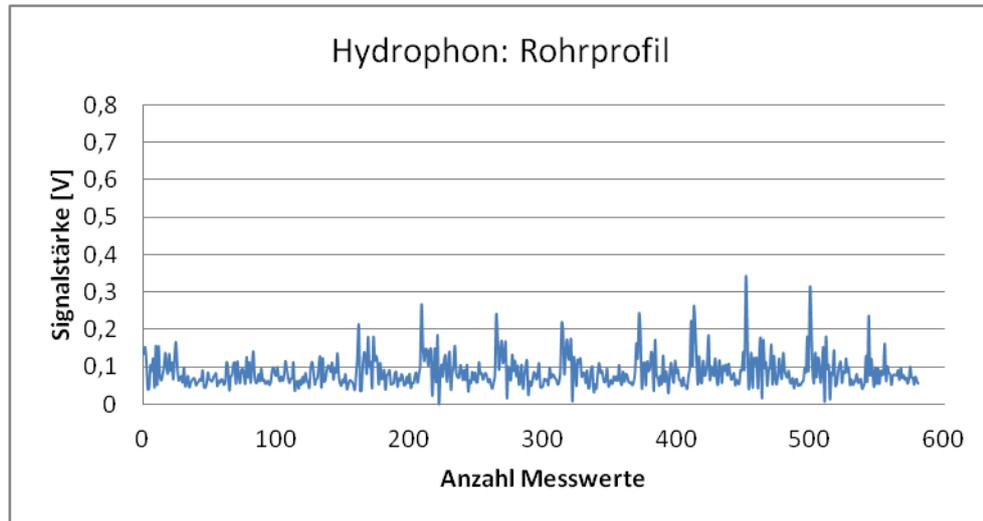


Abb.:23 Darstellung: Bereinigtes Messergebnis der Variante 1 - Rohrprofil (Quelle: eigene Darstellung 2013)

Die Variante 1 Rohrprofil wird favorisiert. Die Messplatte auf diese Art mit dem Hydrophon „abzuhören“ und den daraus resultierenden Aufbau bedingt den Platzbedarf von zwei Feldern je Sensor, da dieser über die Messplatte hinaus ragt. Es ist für die Messanlage am Suggadin geplant drei Hydrophone zu verwenden. Dem entsprechend bedingt die gewählte Bauweise der Messzelle keine Einbußen

5 Feldversuche

5.1 Allgemein

Am 18.09.2013 wurden die ersten Geschiebemessversuche durchgeführt. Es wurde ein Stahlseil in der Flucht der hinteren Wehroberkante über die Konsolidierungssperre gespannt. Dadurch war es möglich das Geschiebe ca. 0,7m flussauf der Messzellen dem Abfluss beizugeben siehe (Abb.:24). Das verwendete Sortiment wurde dem Bachlauf Wochen zuvor entnommen und gesiebt. Am Tag der Versuchsdurchführung konnte ein relativer hoher Abfluss gegenüber dem Normalabfluss festgestellt werden. Es ist anzunehmen, dass im vorhandenen Abfluss Geschiebe mittransportiert wurde.



Abb.:24 Foto - Versuchsdurchführung am 18.09.2013 (Quelle: eigene 2013)

Die Resultate der Versuchsreihe sind zusammenfassend folgende:

- Das zugegebene Geschiebe konnte größten Teils detektiert werden. Durch die gegebene Versuchsanordnung und dem erhöhten Abfluss war es nicht möglich die kleinen Sedimentklassen zu messen, da diese die Messplatte berührungslos passierten.

- Es war nicht festzustellen, bzw. zu gewährleisten, dass exakt das selbe Geschiebe über die hintereinander angeordneten Messsysteme gelaufen ist.
- Mit der gewählten Art der Zugabe, mittels Kübel, war es nicht möglich diese kontinuierlich zu gestalten.
- Über die geringe zugegebene Menge an Kies konnte keine der Fragestellungen ausreichend beantwortet werden.

Die daraus erforderlichen erneuten Versuche, zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der Messanlage, wurden am 25. Februar 2014 durchgeführt. Als Zielsetzung galt es Messdaten zu produzieren, bei welchen man in Kenntnis der jeweils gemessenen Geschiebemenge ist. Es soll möglich sein die Messdaten exakt in Relation zum transportierten Volumen der Feststoffe zu bringen. Die Gewährleistung des definierten Geschiebetransportes über zwei hintereinander liegende Messsysteme und dass die benachbarten Messzellen kein Anprallen von Geschiebe erfahren, erfordert eine Kanalisation eines Teilabflusses mit definierten Rahmenbedingungen. Die Länge der Versuchsrinne sollte ausreichen, dass sich die Körner nach der Zugabe an die Sohle anlegen können bevor sie über die Messzellen gleiten. Die Zugabe des Geschiebes sollte regulierbar und dadurch reproduzierbar sein.

5.2 Methodik

5.2.1 Versuchsdurchführung

Zur Kanalisierung des Abflusses wurde eine Versuchsrinne geplant und gebaut. Die Versuchsrinne, welche aus zusammengeschraubten Teilen von Schalttafeln besteht, wurde zweiteilig konzipiert und mittels Autokran ins Bachbett gehoben. Die Befestigung erfolgte mit einigen Eisenstangen und mit Steinen beschwerten Winkelflügel an der Rinne selbst (siehe Abb.:25). Um etwas erhöhten Abfluss im Versuchsgerinne zu erreichen, wurde der Zufluss durch Sandsäcke trichterförmig gestaltet. Der Durchfluss wurde mittels Messflügel bestimmt.



Abb.:25 Foto - Versuchsrinne: Links Draufsicht, rechts Versuchsrinne mit Geschiebezugabeeinrichtung (Quelle: eigene 2014)

Die Zugabe des Geschiebes erfolgt mittels einem Betonkübel und einem Autokran. Zur Bestimmung des Gewichtes wurde der Betonkübel an einer Zugwaage angebracht. Durch die Öffnungsbegrenzung des Betonkübels war es möglich, die Zugabe des Geschiebes zu begrenzen und somit manuell relativ konstant zu halten. Zur Analyse der Messdaten wurden folgende Aufzeichnungen, bzw. online Berechnungen durchgeführt.

- Die Rohdaten je Versuch und relevante Messzellen
- Die Energiesummenlinie je Versuch und relevante Messzellen
- Die P.O.T - Summenlinie je Versuch und relevante Messzellen

Es wurde jeweils eine Tonne Kies je Kornklasse (siehe Tab.1:) in vier Teilversuchen zugegeben. Es wurden auch Leerversuche zur Feststellung des Grundrauschens aufgezeichnet. Auch wurden 250kg der Sortimentmischung aus allen vier Kornklassen zu je 25% Gewichtsanteil in die Versuchsrinne eingebacht und gemessen. Am 25.02.2014 konnten 7,1 Giga Byte Messdaten produziert werden. Zur Dokumentation der Versuchsdurchführung (siehe Tab.2:).

Tab.2: Übersichtstabelle zur Dokumentation der Versuchsdurchführung am 25.02.2014 (Quelle: eigene Darstellung 2014)

Nr.	Datum	Uhrzeit	Kornklasse [mm]	Gewicht [kg]	Dateibezeichnung	Datengröße [KB]
A	25.02.2014	12:08	-	-	A leer 2014 02 25 12 08 29	321.293
1	25.02.2014	12:16	4-8	230	1 sortiment 4-8 230 kg 2014 02 25 12 15 47	467.217
B	25.02.2014	13:05	-	-	B leer 2014 02 25 13 05 08	172.124
2	25.02.2014	13:13	4-8	250	2 sortiment 4-8 250kg 2014 02 25 13 13 00	575.691
C	25.02.2014	13:48	-	-	C leer 2014 02 25 13 48 11	159.191
3	25.02.2014	13:52	32-64	230	3 sortiment 32-64 230kg 2014 02 25 13 52 12	336.633
4	25.02.2014	14:01	32-64	230	4 sortiment 32-64 230kg 2014 02 25 14 00 51	285.892
5	25.02.2014	14:12	32-64	230	5 sortiment 32-64 230kg 2014 02 25 14 11 44	213.537
6	25.02.2014	14:19	32-64	222	6 sortiment 32-64 222kg 2014 02 25 14 18 47	219.816
7	25.02.2014	14:35	16-32	230	7 sortiment 16-32 230kg 2014 02 25 14 35 27	292.233
8	25.02.2014	14:43	16-32	230	8 sortiment 16-32 230kg 2014 02 25 14 42 46	304.451
9	25.02.2014	14:51	16-32	228	9 sortiment 16-32 228kg 2014 02 25 14 51 41	217.276
10	25.02.2014	14:59	16-32	330	10 sortiment 16-32 330kg 2014 02 25 14 59 34	350.878
11	25.02.2014	15:16	8-16	343	11 sortiment 8-16 343kg 2014 02 25 15 15 56	610.631
12	25.02.2014	15:24	8-16	228	12 sortiment 8-16 228kg 2014 02 25 15 23 42	402.322
13	25.02.2014	15:32	8-16	230	13 sortiment 8-16 230kg 2014 02 25 15 31 36	383.293
14	25.02.2014	15:39	8-16	210	14 sortiment 8-16 210kg 2014 02 25 15 39 35	345.522
15	25.02.2014	15:54	4-8	310	15 sortiment 4-8 310kg 2014 02 25 15 54 21	501.269
16	25.02.2014	16:07	4-8	230	16 sortiment 4-8 230kg 2014 02 25 16 16 39	620.141
17	25.02.2014	16:21	4-64	250	17 sortmix 4-64 250kg 2014 02 25 16 20 41	339.513
Summe						7.1 GB

5.2.2 Geschwindigkeitsmessung

Zur Dokumentation der Versuchsreihe wurde eine Messung der vorhandenen Fließgeschwindigkeit in der Versuchsrinne durchgeführt. Zur Anwendung kam ein Flügelmessgerät. (Dokumentation und Auswertung siehe Anhang B).

In der Versuchsrinne konnte eine mittlere gerundete Wassertiefe von ca. 6cm und eine mittlere gerundete Fließgeschwindigkeit von ca. 2,0 m/s gemessen werden. Der spezifische Abfluss ergibt sich zu 114,6 l/sm. Die Froude-Zahl beträgt 0,9 und somit herrschten strömende Abflussverhältnisse.

Tab.3: Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessung in der Versuchsrinne

mittlere Fließgeschwindigkeit	1,995	[m/s]
mittlere Wassertiefe	5,75	[cm]
Gesamtabfluss	0,0573	[m ³ /s]
spezifischer Abfluss	0,1146	[m ³ /s und m]
spezifischer Abfluss	114,6	[l/s und m]
Froude Zahl Fr	0,901	[-]

5.2.3 Problem Geschiebeteppich

Die Zugabe der Kiese verschiedener Kornklassen wurde mittels eines handelsüblichen Betonkübels durchgeführt. Dieser bietet die Möglichkeit die Öffnung des Kübels zu steuern und somit die Zugabe zu regeln. Bei der Versuchsdurchführung wurde die Zugabe des Geschiebes gesteuert, sodass die Gewährleistung des Geschiebetransportes durch die vorhandenen hydraulischen Bedingungen, bzw. die vorhandene Abflusskapazität möglich war. Es konnte während der Durchführung der Versuche dennoch die Bildung eines hierbei genannter Geschiebeteppichs beobachtet werden (siehe Abb.:26). Es kam zu einer Unterbrechung des Transportes der Kieskörner und zu einer teilweisen Verlegung der Messplatten.



Abb.:26 Foto- Ausbildung des Geschiebeteppichs auf den Messplatten (Quelle: eigene 2014)

Dieses Phänomen ist durch die Haltepunkte, bzw. Haltehöcker in den Energiesummenlinien abbildbar (siehe Abb.:30, Abb.:31) und hat mehrere Folgerungen für die Messsysteme:

Für das Geophon:

- Die Auflast auf die Gummilagermatte ist erhöht. Das Material Noeprene verhält sich nicht exakt dem linearen Hook'schen Gesetz entsprechend, dennoch werden sie bei höherer Auflast ebenfalls vorgespannt und sind dadurch härter. Dies dämmt das Schwingungsverhalten der Messplatte.
- Durch die Auflast des liegengebliebenen Kiesel wird die Masse der Messplatte vergrößert. Dadurch steigert sich die Massenträgheit der Messplatte und es verhindert, dass die Messplatte durch den Anprall des Kiesel in Schwingung versetzt wird.

Für das Hydrophon

- Durch das Ausbilden des Geschiebeteppichs über der Messplatte wird diese quasi abgeschirmt. Das Anprallen der Kieselkörner und damit verbundene Erzeugen des Körperschalles wird verhindert, bzw. abgedämpft.

Der Wert des Energiesignales, bzw. der Masse des transportierten Geschiebes wird dadurch etwas verfälscht, da ein gewisser Anteil des Geschiebes die Messzelle

passiert ohne gemessen zu werden. Im Verlauf der Versuchsdurchführung wurde gleich nach Verlegen der Messzellen die weitere Zugabe gestoppt und gewartet bis sich der hierbei genannte Geschiebeteppich aufgelöst hat. Durch besonderes Augenmerk auf diese Situation konnte der Fehler der Aufzeichnung minimiert werden.

Zudem handelt es sich um ein natürliches Phänomen, welches sich auch bei real bedingtem Geschiebetransport ausbilden kann. Somit sind die Messungen inklusive dieses Fehlers realitätsnah und der Einfluss des Fehlers auf das Messergebnis vernachlässigbar.

Abtastens der Rohdaten mit einer Frequenz von 1 Hz, dadurch ist es möglich Datenreihen mit unter 300.000 Werten zu generieren und diese können im MS-Excel bearbeitet werden. Dadurch können im Anschluss die ersten Aussagen über die Fragestellung der Abhängigkeit der Intensität gegenüber dem Korndurchmesser, der Wiederholbarkeit der Versuche innerhalb einer Kornklasse und eines möglichen Koppelungseffektes der Versuchszelle und deren Nachbarzelle getätigt werden.

- Ebene 2- Frequenzanalyse: In den Auswertprojekten der Ebene 2 werden von den zu untersuchenden Messzellen über alle Versuche je Kornklassen Frequenzanalysen der Rohsignale durchgeführt und interpretiert. Es wird auf die Fragestellung der Wiederholbarkeit, der Koppelung und der Möglichkeit Rückschlüsse über die Frequenzanalyse auf die Kornverteilung, bzw. Korngröße zu machen eingegangen.
- Ebene 3 - Datenfilter, Export und Neuberechnung: In der dritten Ebene der Analyse werden die Daten gefiltert und die Energiesumme neu berechnet. Begutachtet wird der Einfluss des Datenverlustes auf die Interpretierbarkeit der Messsysteme.
- Ebene 4 – Interpretation: In der Bearbeitungsebene 4 werden die Daten bezüglich den Fragestellungen der Koppelung zwischen der Versuchszelle und deren bestückten Nachbarzelle, der Reproduzierbarkeit der vier Versuche je Kornklasse und die Korndurchmesser abhängige Intensität der Signale in den Kornklassen untersucht.

6.2 Ebene 1: Darstellung und Interpretation der Messergebnisse der Rohdaten

6.2.1 Aussage über die Intensität mittels dem Rohsignal

Die Graphen (siehe Abb.:28 für das Geophon und Abb.:29 für das Hydrophon) zeigen beispielhaft die Rohsignale einer der vier Versuche je Kornklasse. Die aufgezeichneten Energiesignale pendeln symmetrisch um die Null-Achse. Die Abhängigkeit der Energiehöhe von der Größe der Korndurchmesser ist bei beiden Messtypen ab bildbar. Die Energiehöhe ist beim Hydrophon um ca. Faktor 2-3 größer. Auch ist bei dem Hydrophon ein deutlicher Unterschied zwischen den Kornklassen 4-8mm und 8-16mm erkennbar. Es lässt sich feststellen, dass das Hydrophonmesssystem im Bereich kleiner Kornklassen sensibler ist.

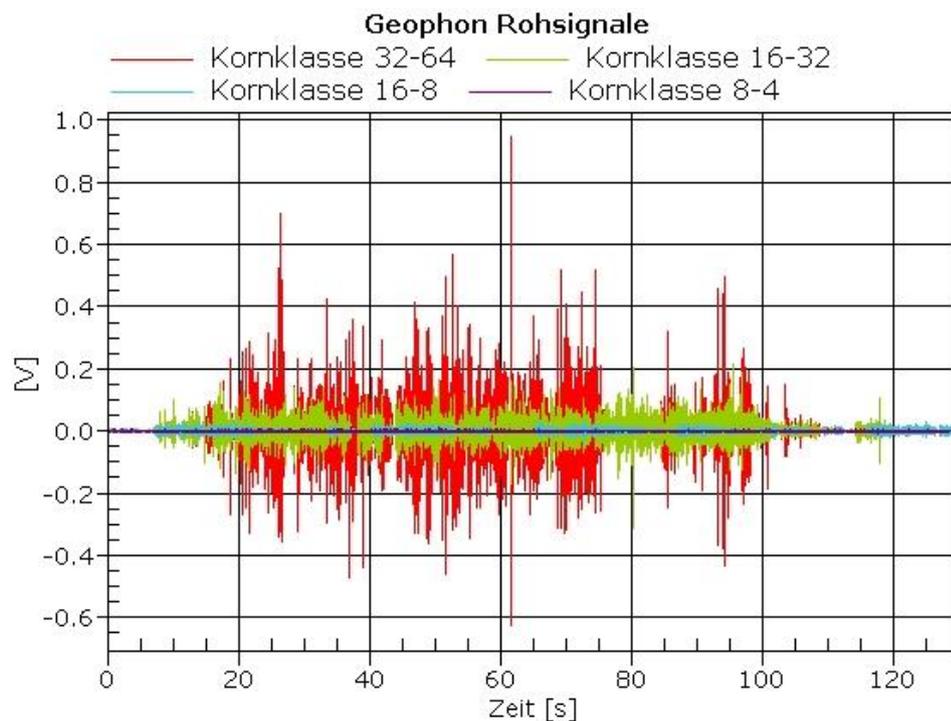


Abb.:28 Darstellung Geophon – Rohsignale; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

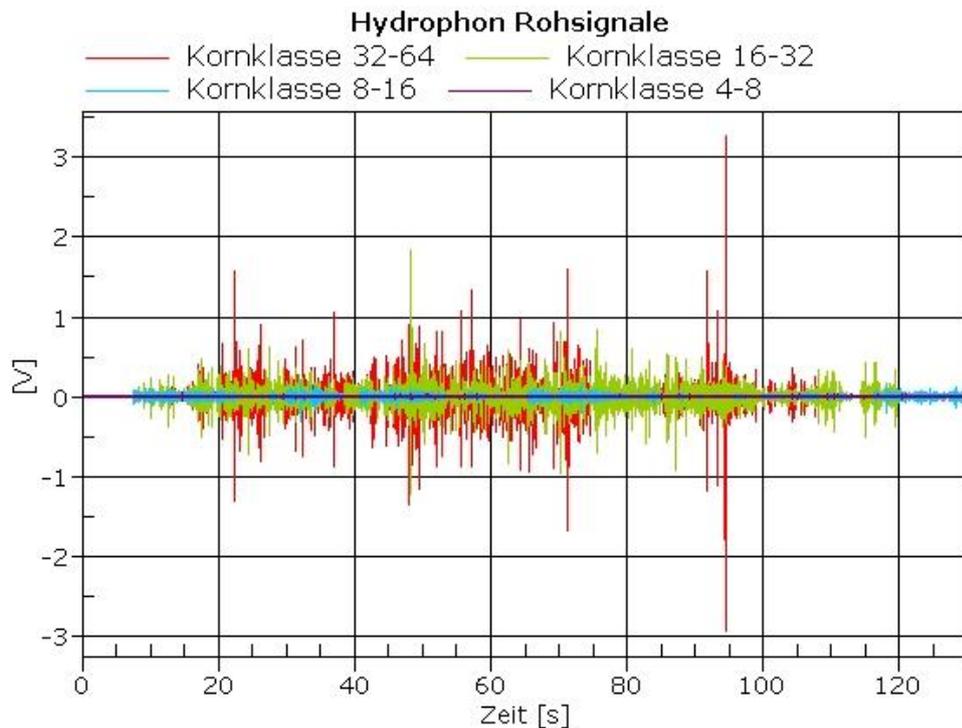


Abb.:29 Darstellung Hydrophon – Rohsignale; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

6.2.2 Aussage über die Intensität mittels der Rohdaten - Energiesummenlinie

Auf Grund des symmetrischen Schwingens der Rohsignale um die Nullachse wird für Auswertung der Energiesumme die quadratische Summe gebildet (siehe Abb.:30 für das Geophon und Abb.:31 für das Hydrophon). Die Abhängigkeit der Energiehöhe von der Größe der Korndurchmesser ist durch die unterschiedlichen Steigungen der Summenlinien abbildbar. Auch ist bei dem Hydrophon ein deutlicher Unterschied zwischen den Kornklassen 4-8mm und 8-16mm, bzw. eine größere Steigung gegenüber der Energiesummenlinie des Geophones erkennbar. Es lässt sich abbilden, dass das Hydrophonmesssystem im Bereich kleiner Kornklassen sensibler ist.

Das unter Punkt 5.2.3 beschriebene Phänomen des hierbei sogenannten Geschiebeteppichs wird in den Steigungen der Energiesummenlinie deutlich dargestellt. Im Zeitraum des Verlegens der Messplatte werden keine Impulse der auftreffenden Körner registriert.

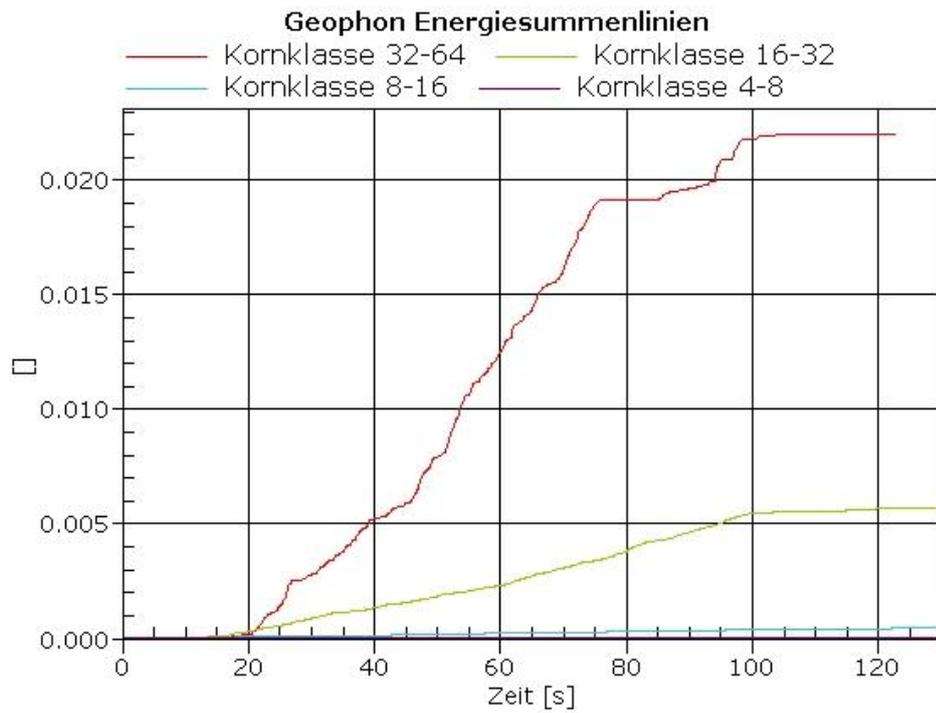


Abb.:30 Darstellung Geophon – Energiesummenlinien; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

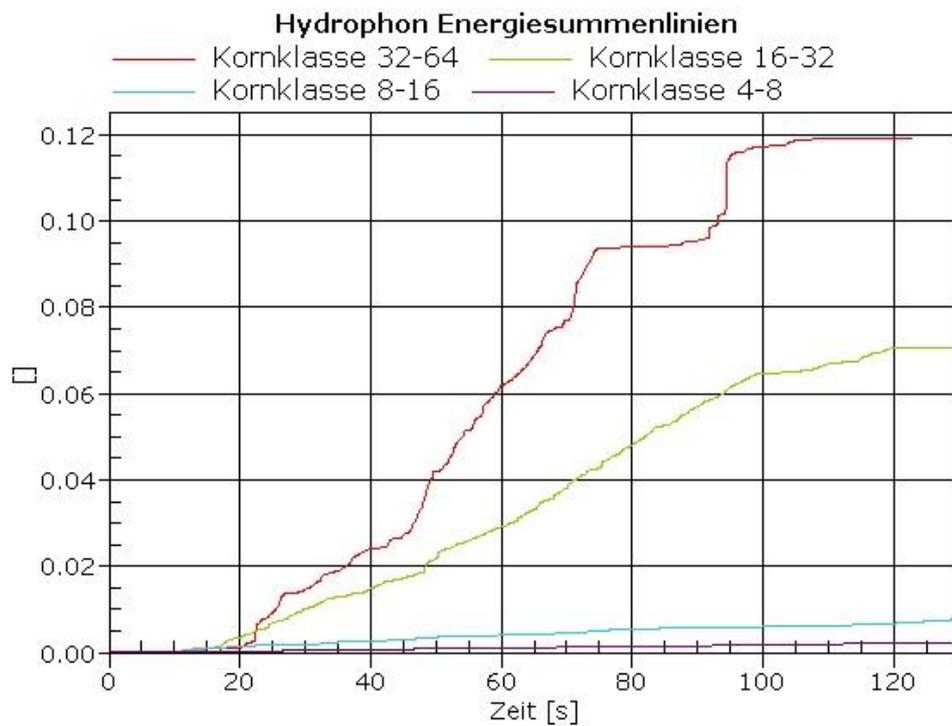


Abb.:31 Darstellung Hydrophon – Energiesummenlinien; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

6.2.3 Aussage über die Intensität mittels der Rohdaten - P.O.T Summenlinien

Mittels der Funktion Peak-over-Threshold wird in Abhängigkeit des gewählten Schwellenwertes die Anzahl der Überschreitungen dessen gezählt (siehe Abb.:32 für das Geophon und Abb.:33 für das Hydrophon). Der Schwellenwert für das Geophon liegt bei 0,1 V und ist in Österreich als auch in der Schweiz standardisiert. Für den Schwellenwert des Hydrophones wurde bei den durchgeführten Versuchen ein Wert von 0,02 V gewählt.

Das Geophon hat für die beiden kleineren Korndurchmesser 4-8mm und 8-16mm keine Überschreitung registriert. Das Hydrophon hat keine Überschreitung des Schwellenwertes für die Kornklasse 4-8mm aufgezeichnet.

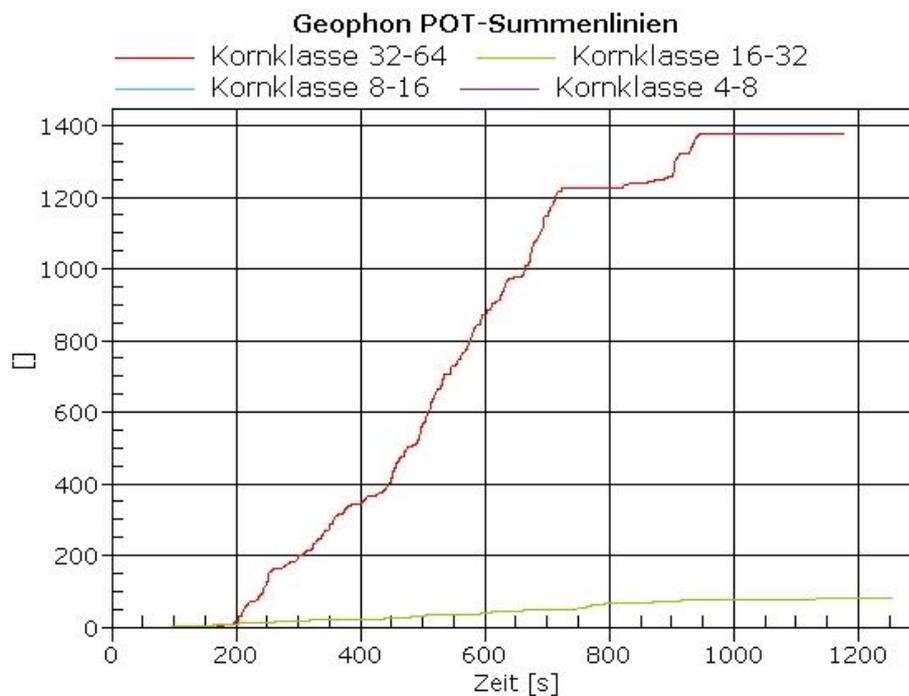


Abb.:32 Darstellung Geophon – POT- Summenlinien; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

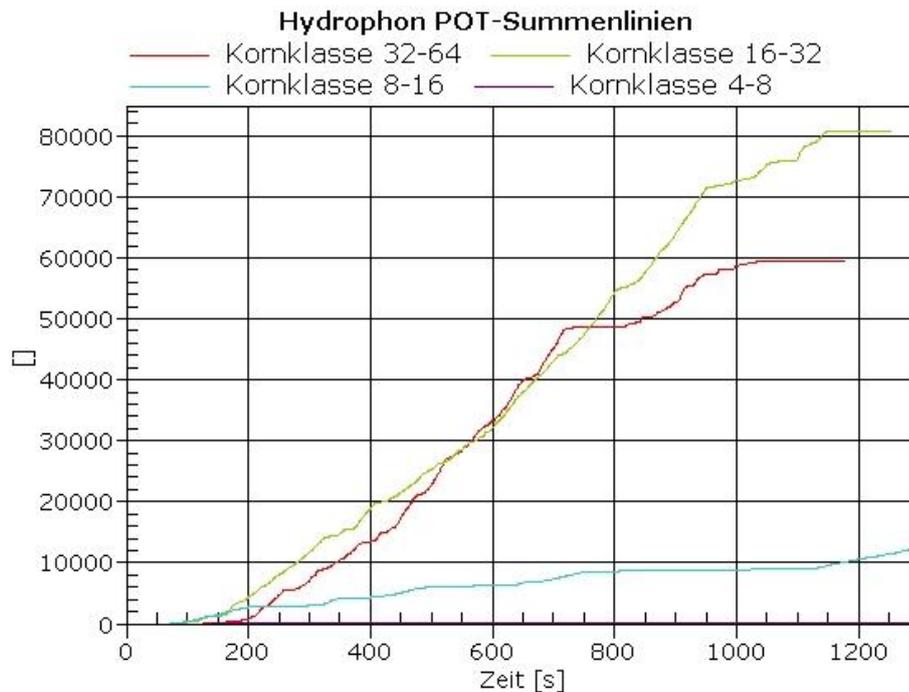


Abb.:33 Darstellung Hydrophon – POT- Summenlinien; ein Versuch je Kornklasse (Quelle: eigene 2015)

6.2.4 Aussage über die Reproduzierbarkeit mittel der Rohdaten - Energiesummenlinie

Um eine Aussage über die Reproduzierbarkeit der jeweils vier Versuche je Kornklasse der Geophon-Versuchszelle zu treffen, werden die Energiesummenlinien, respektive die Steigungen dessen, herangezogen. Es werden lineare Trendfunktionen je Rohdatensatz erstellt. Als qualitatives Ergebnis der Steigungen der Trendgeraden werden die jeweiligen Mittelwerte und Standardabweichungen je Kornklasse berechnet und in einer Tabelle zusammengestellt. (Siehe Tab.4: für das Geophon und Tab.5: für das Hydrophon). Die Abweichungen zum Mittelwert sind als geringfügig einzustufen. Das Interpretationsergebnis ist, dass es bei den weiteren Betrachtungen und Darstellungen nur einer der jeweils vier Versuche je Kornklasse herangezogen wird. Die Graphen und Darstellungen der Trendgeraden zu den Ergebnissen in den angeführten Tabellen (Tab.4:und Tab.5:) befinden sich im Anhang (siehe Anhang C).

Tab.4: Steigungen der Trendgeraden der Energiesummenlinien aller Versuche des Geophons (Quelle: eigene Darstellung 2015)

Kornklasse	Versuch	Steigung	mttl. Steigung	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]
4-8	V1	1E-06		
	V2	8E-07		
	V15	5E-07		
	V16	5E-07		
			7E-07	2,4E-07

Kornklasse	Versuch	Steigung	mttl. Steigung	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]
8-16	V11	4E-06		
	V12	4E-06		
	V13	4E-06		
	V14	4E-06		
			4E-06	0

Kornklasse	Versuch	Steigung	mttl. Steigung	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]
16-32	V7	6E-05		
	V8	5E-05		
	V9	7E-05		
	V10	7E-05		
			6E-05	9,6E-06

Kornklasse	Versuch	Steigung	mttl. Steigung	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]
32-64	V3	1E-04		
	V4	2E-04		
	V5	2E-04		
	V6	1E-04		
			2E-04	5,8E-05

Tab.5: Steigungen der Trendgeraden der Energiesummenlinien aller Versuche des Hydrophons (Quelle: eigene Darstellung 2015)

Kornklasse	Versuch	Steigung	mttl. Steigung	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]
4-8	V1	2E-05		
	V2	2E-05		
	V15	2E-05		
	V16	2E-05		
			2E-05	0

Kornklasse	Versuch	Steigung	mttl. Steigung	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]
8-16	V11	7E-05		
	V12	6E-05		
	V13	8E-05		
	V14	7E-05		
			7E-05	8,2E-06

Kornklasse	Versuch	Steigung	mttl. Steigung	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]
16-32	V7	0,0007		
	V8	0,0007		
	V9	0,0007		
	V10	0,0008		
			0,0007	0,00005

Kornklasse	Versuch	Steigung	mttl. Steigung	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]
32-64	V3	0,001		
	V4	0,001		
	V5	0,002		
	V6	7E-04		
			0,001	0,00042

6.2.5 Aussage über den Koppelungseffekt mittel der Rohdaten - Energiesummenlinie

Grundsätzlich wird mit allen Sensoren ein gewisses Grundrauschen gemessen. Zwar sind die Amplituden der Signale der Versuchszellen deutlich größer als die der Leerversuche, bzw. der Nachbarzellen, doch ergibt sich eventuell ein Koppelungseffekt (siehe Abb.:34).

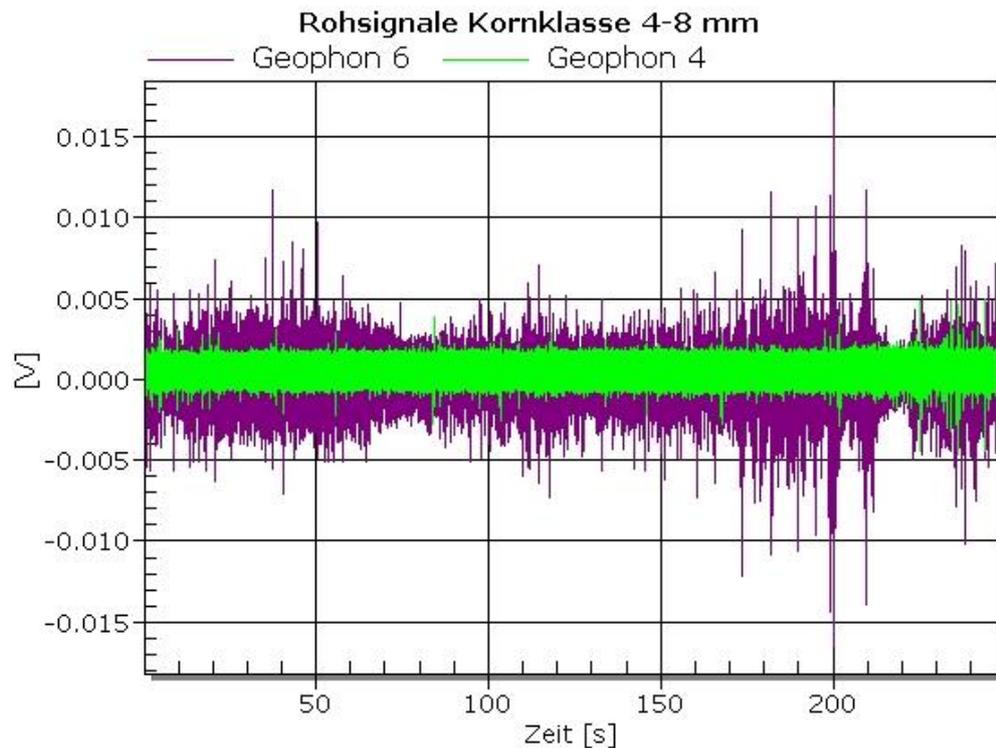


Abb.:34 Darstellung Geophon - Rohsignal, Kornklasse 4-8mm, Versuchszelle versus Nachbarzelle (Quelle: eigene Darstellung 2014)

Theoretisch sollten alle Nachbarsensoren nur das eigene Grundrauschen messen und dadurch, unabhängig der Kornklasse, alle Energiesummenlinien der Nachbarzellen die gleiche Steigung haben. In Abb.:35 sind die Energiesummenlinien der Nachbarzelle der Geophon – Versuchszelle von jeweils einem der vier Versuche je Kornklasse dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Steigung der Summenlinie zunimmt, je größer die Kornklasse ist. Es werden dem zu Folge Schwingungen der Versuchsmessplatte über den Geophonmessbalken zu der Nachbarzelle weitergeleitet. Diese Situation lässt sich bei dem Hydrophon nicht darstellen. Der Körperschall wird nicht in Abhängigkeit der Kornklasse und einem erkenntlichen Ausmaß von der Versuchszelle über den Hydrophonmessbalken zur Nachbarzelle geleitet (siehe Abb.:36).

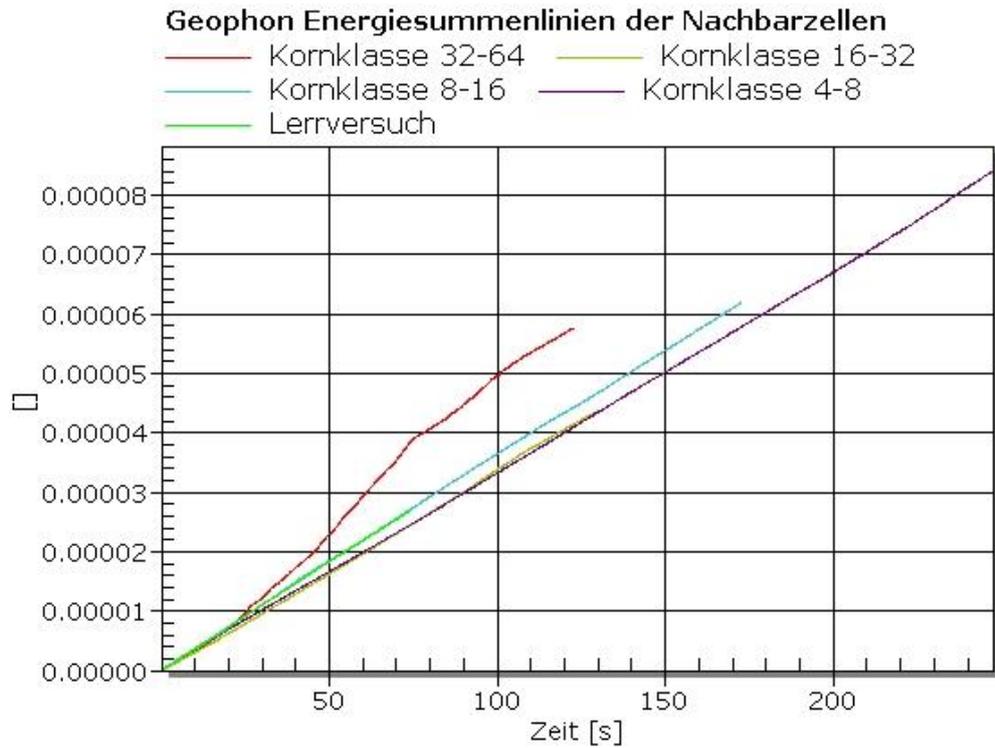


Abb.:35 Darstellung Geophon - Energiesummenlinien der Nachbarzellen je Kornklasse
(Quelle: eigene Darstellung2015)

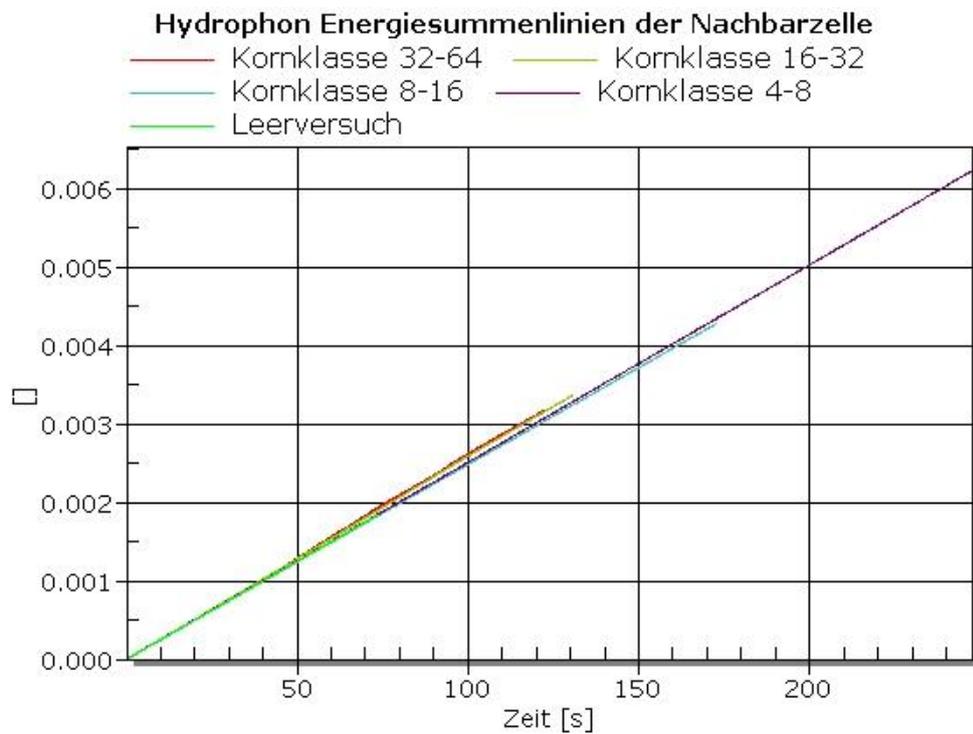


Abb.:36 Darstellung Hydrophon - Energiesummenlinien der Nachbarzellen je Kornklasse
(Quelle: eigene Darstellung2015)

6.3 Ebene 2: Frequenzanalyse

6.3.1 Grundlagen

6.3.1.1 Der Satz von Fourier

„Im Jahre 1801 entdeckte der französische Mathematiker Jean-Baptiste Baron de Fourier eine fundamentalen Sachverhalt: *Jede Welle lässt sich in eindeutiger Weise aus harmonischen Wellen zusammensetzen*. In diesem wichtigem Satz liegt die große Bedeutung der harmonischen Wellen verankert. Die harmonischen Wellen sind nämlich gewissermaßen die Bausteine, aus welchen sich durch Überlagerung alle Wellen – mögen sie auch noch so kompliziert sein – in eindeutiger Weise zusammensetzen lassen. Will man daher die physikalischen Eigenschaften einer beliebigen Welle kennen lernen, so braucht man nur die Bausteine zu untersuchen, kann sich also auf das Studium der harmonischen Wellen beschränken“(Sextl u.a., 1994, Seite 134)

6.3.1.2 Die Fourier Reihe

Die klassische Fourier-Reihe stellt ein periodisches Signal durch die Überlagerung harmonischer Schwingungen dar. Es wird also das Signal durch eine gewichtete Summe aus Sinus – bzw. Cosinusschwingungen zusammengesetzt, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind (vgl. Hoffmann 2005, Seite 10).

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t)$$

Abb.:37 Formel der Fourierreihe (Quelle: Hoffmann 2005, S10)

Die Gewichtungsfaktoren a_n und b_n werden als die Fourier – Koeffizienten bezeichnet. Der Koeffizient a_0 beschreibt den Gleichanteil des Signals, den man nicht durch Überlagerung harmonischer Schwingungen, sondern einfach als arithmetischen Mittelwert erhalten kann (vgl. Hoffmann 2005, Seite 10).

6.3.1.3 Fourie Transformation via CATMAN AP Version 4.3.2

Das Softwarepaket Catmann AP – Verison 4.3.2 bietet die Möglichkeit Fourie-Transformationsanalysen durchzuführen. Es wurden folgende Einstellungen der Optionen zur Berechnung getroffen (siehe Tab.6:).

Tab.6: Übersicht der gewählten Einstellungen zur FFT Analyse im CATMAN- AP (Quelle: eigene Darstellung 2015)

Bezeichnung	gewählte Optionen
Berechnungstyp	Amplitudenspektrum
Frequenzauflösung	Aus FFT Punkteanzahl
FFT	4096 Punkte
Overlap in %	10
Averaging	linear
Fensterfunktion	Skaliert Uniform
Ausgabeeinheit	Amplitude Peak

6.3.2 Darstellung der Frequenzanalyse

6.3.2.1 Zeit-Frequenzspektrum - 3d Plots

Das Programm CATMAN-AP Version 3.4.2 bietet die Möglichkeit 3d Plots zu generieren. Die Darstellung zeigt welche Frequenzbereiche das Signal mit welcher Intensität im zeitlichen Verlauf der Versuchsdurchführung hat.

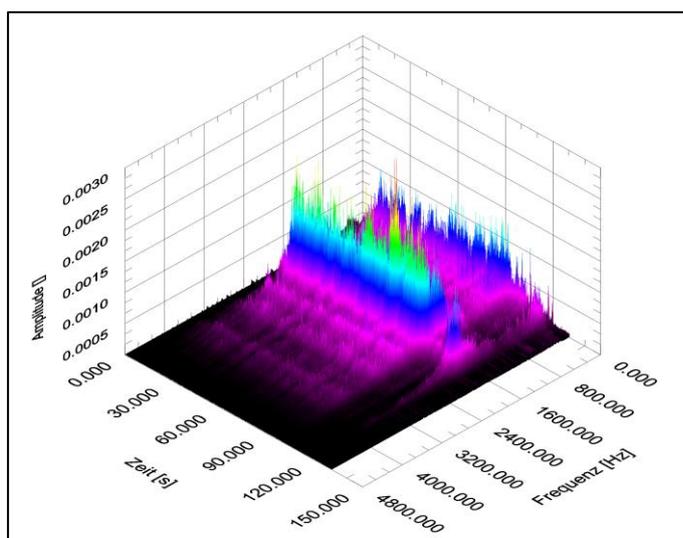


Abb.:38 Darstellung Geophon - 3d Plot Beispiel Frequenzanalyse Geophon 6, Versuch 8, 16-32mm (Quelle: eigene Darstellung 2015)

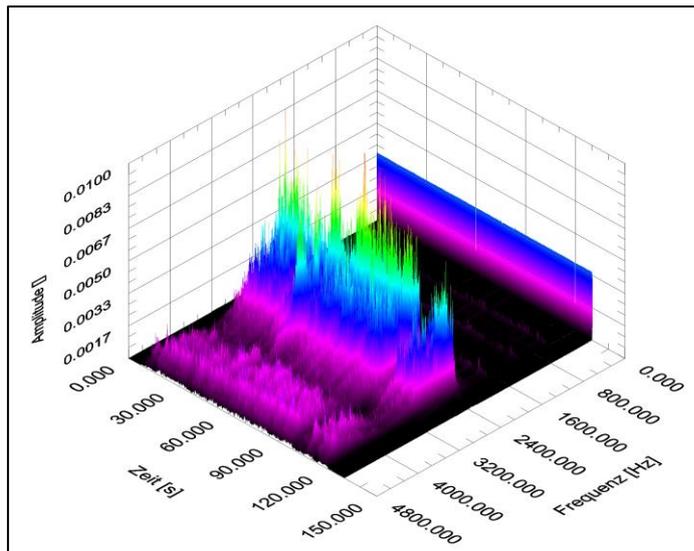


Abb.:39 Darstellung Hydrophon - 3d Plot Beispiel Frequenzanalyse Hydrophon 3, Versuch 8, 16-32mm (Quelle: eigene Darstellung 2015)

Die Frequenzanalyse des Signals des Geophons (siehe Abb.:38) zeigt zwei Bereiche mit erhöhten Intensitäten. Für das Hydrophon können ebenfalls zwei Bereiche festgestellt werden. Einer davon beschreibt einen ausgeprägten Frequenzanteil des Signales mit 50 Hz. Dies ist die Eigenfrequenz des Sensors (siehe Abb.:39).

6.3.2.2 Frequenzspektrum - 2D Diagramm

Die Frequenzanalyse kann auch als Diagramm dargestellt werden. Solches beinhaltet die Darstellung der Intensität der Frequenzbereiche des Signales ohne eine zeitliche Auflösung. Als Beispiele siehe Abb.:40.

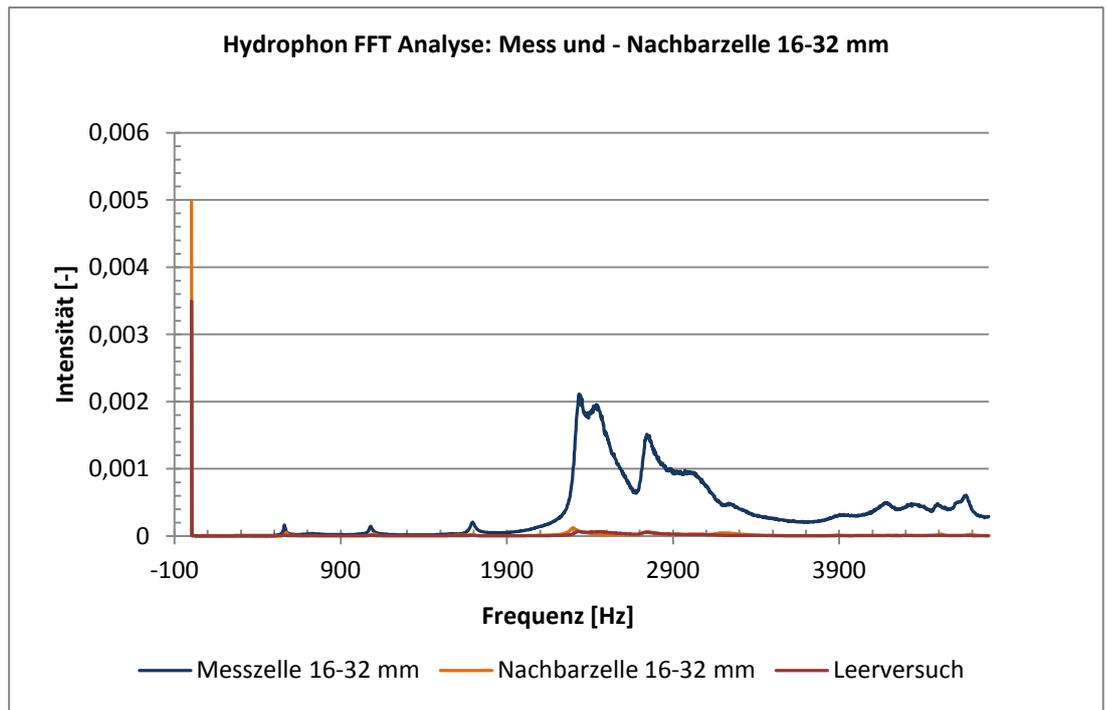


Abb.:40 Darstellung Hydrophon - 2D Diagramm Beispiel Frequenzanalyse, Mess- versus Nachbarzelle 16-32mm (Quelle: eigene Darstellung 2015)

Bei der dargestellten Frequenzanalyse eines Messsignales des Hydrophon lässt sich der Eigenfrequenzanteil mit einer Frequenz von 50Hz deutlich erkennen.

6.3.3 Aussage über die Reproduzierbarkeit und Intensität mittels der Frequenzanalyse

Um eine Aussage über die Reproduzierbarkeit der jeweils vier Versuche je Kornklasse der jeweiligen Versuchszelle je Messsystem zu treffen, werden die Frequenzanalysen in einem Diagramm übereinander gelegt. Das Ergebnis wird visuell bewertet. Die Graphen decken sich hinsichtlich der Frequenzbereiche und deren Intensitäten. Dieses Bild zeichnet sich für alle Kornklassen ab. Die Reproduzierbarkeit der Versuche ist aus Sicht der Frequenzanalyse für das Geophon gegeben (siehe Abb.:41)

Die Abhängigkeit der Intensität der Kornklassengröße ist ebenfalls gegeben. Keines der Ergebnisse der einzelnen Versuche liegt im Bereich einer nicht zugehörigen Kornklasse (siehe Abb.:42).

Die Reproduzierbarkeit der Versuche ist aus Sicht der Frequenzanalyse für das Hydrophon gegeben (siehe Abb.:43)

Die Abhängigkeit der Intensität der Kornklassengröße ist ebenfalls gegeben. Keines der Ergebnisse der einzelnen Versuche liegt im Bereich einer nicht zugehörigen Kornklasse (siehe Abb.:44).

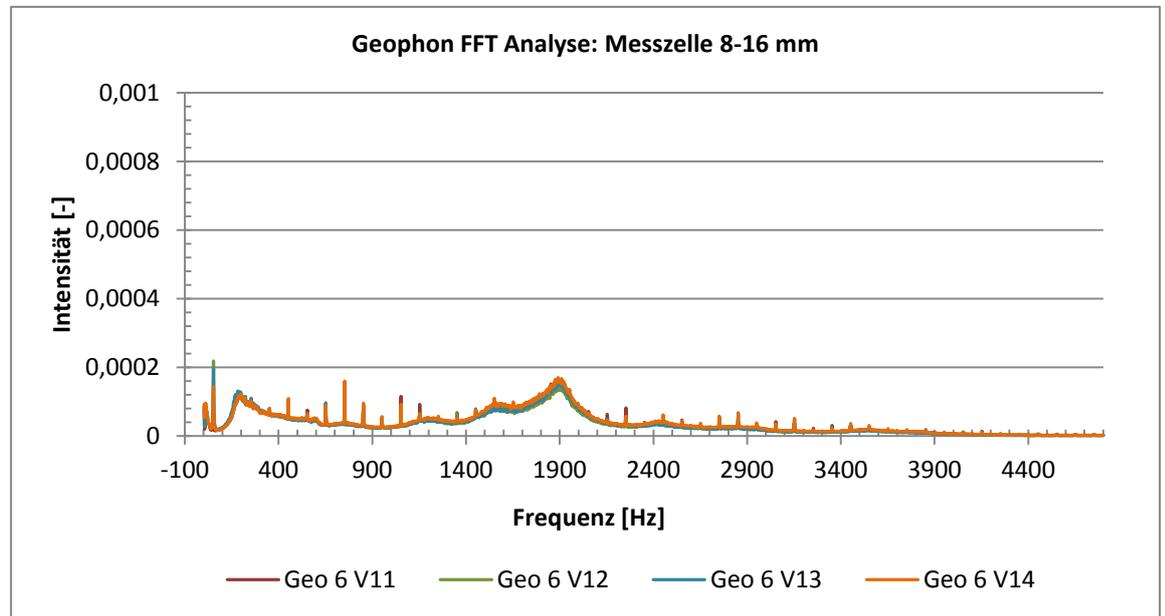


Abb.:41 Darstellung Geophon – Reproduzierbarkeit an Hand Frequenzanalyse: alle Versuche 8-16mm (Quelle: eigene Darstellung 2015)

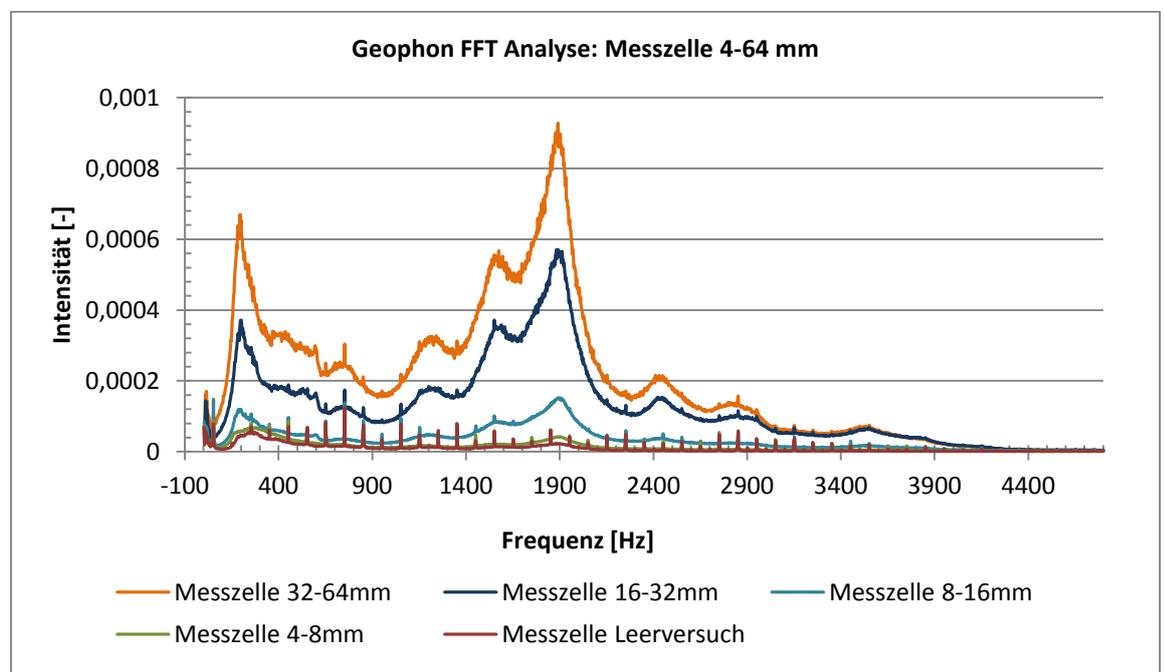


Abb.:42 Darstellung Geophon - Abhängigkeit der Intensität je Kornklasse an Hand Frequenzanalyse, Mittelwerte aller Versuche je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

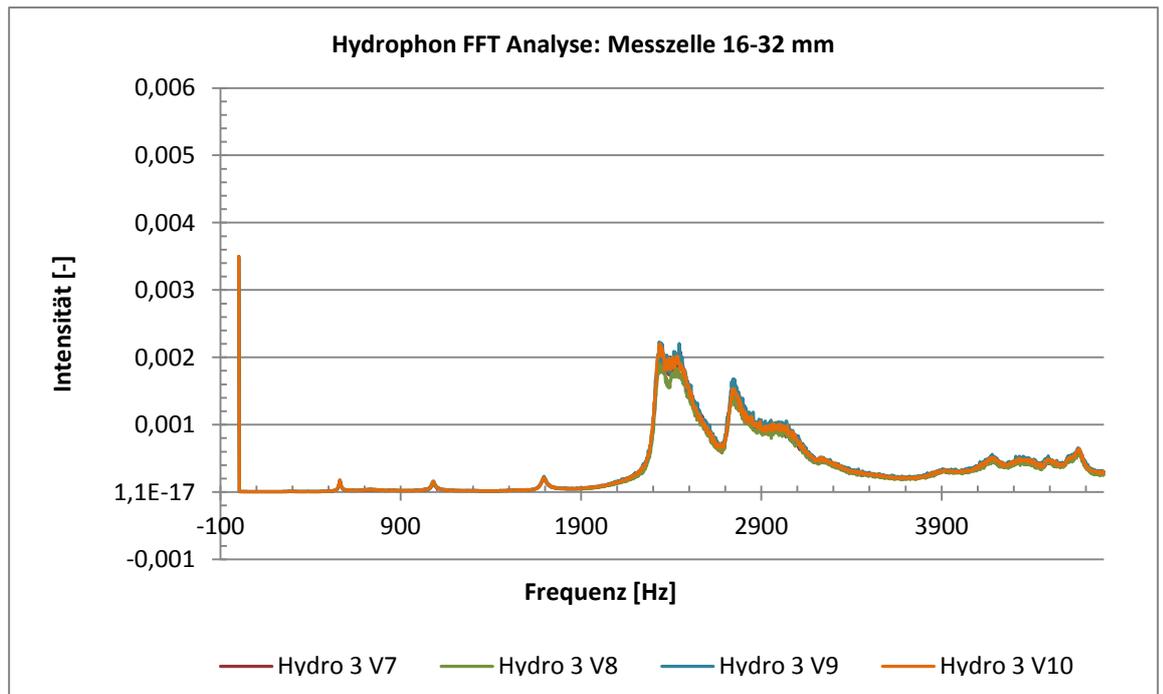


Abb.:43 Darstellung Hydrophon Reproduzierbarkeit an Hand Frequenzanalyse: alle Versuche 16-32mm (Quelle: eigene Darstellung 2015)

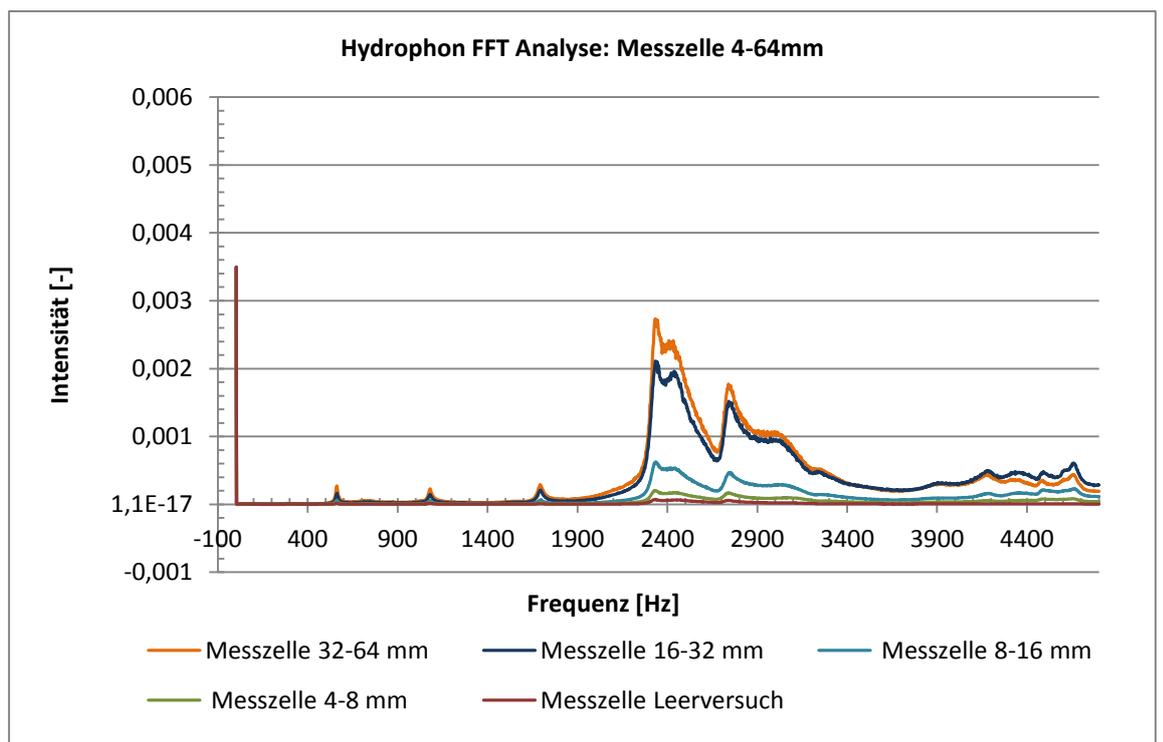


Abb.:44 Darstellung Hydrophon - Abhängigkeit der Intensität je Kornklasse an Hand Frequenzanalyse, Mittelwerte aller Versuche je Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

6.3.4 Bestimmungsmöglichkeit der Kornverteilung mittels der Frequenzanalyse

Wie in Abb.:42 für das Geophon und in Abb.:44 für das Hydrophon dargestellt ist, bleibt die Charakteristik der Frequenzbereiche der Ergebnisse verschiedener Kornklassengrößen die Gleiche. Es ändern sich nur die Intensitäten der Frequenzbereiche. Es ist nicht möglich Naturmessdaten bezüglich deren Kornverteilung zu selektieren, da eine eindeutige Zugehörigkeit der Frequenzbereiche zu den Kornklassen nicht gegeben ist. Es können keine Aussagen über die Kornverteilung des detektierten Geschiebes getroffen werden.

6.3.5 Aussage über den Koppelungseffekt mittels der Frequenzanalyse

Unter Punkt 6.2.5 wurde an Hand der Energiesummenlinien der jeweiligen Nachbarzelle festgestellt, dass die Nachbarzelle des Geophons dazu neigt bei größeren Kornklassen das Geschiebe, welches die Versuchszelle passiert, mit zumessen. Es soll untersucht werden, ob der Koppelungseffekt sich in einem bestimmten Frequenzbereich abspielt. Theoretisch sollten alle Nachbarsensoren nur das eigene Grundrauschen messen und dadurch unabhängig der Kornklasse die Ergebnisse der Frequenzanalysen, respektive die analysierten Intensitäten, gleich sein. In Abb.:45 sind die Frequenzanalysen der Nachbarzelle der Geophon – Versuchszelle von jeweils einem der vier Versuche je Kornklasse dargestellt. Auch ist die Analyse eines Grundrauschen, sprich eines Leerversuches gezeichnet. Es ist zu erkennen, dass die Intensität der Frequenzbereiche im Bereich kleiner 1000 HZ zunimmt je größer die Kornklasse ist. Es werden dem zu Folge Schwingungen der Versuchsmessplatte über den Geophonmessbalken zu der Nachbarzelle in diesem Frequenzbereich weitergeleitet. Diese Situation lässt sich bei dem Hydrophon nicht darstellen. Der Körperschall wird nicht in Abhängigkeit der Kornklasse und einem erkenntlichen Ausmaß von der Versuchszelle über den Hydrophonmessbalken in einem bestimmten Frequenzbereich zur Nachbarzelle geleitet (siehe Abb.:46).

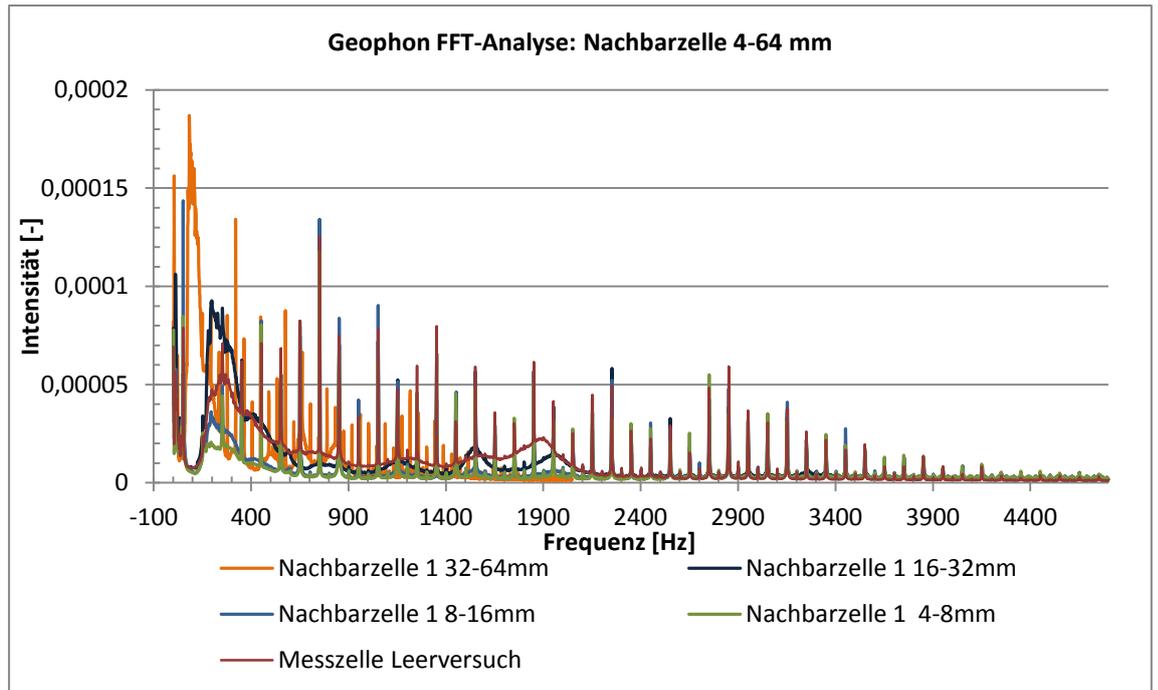


Abb.:45 Darstellung Geophon – Koppelungseffekt der Nachbarzellen an Hand Frequenzanalyse, Mittelwerte der Nachbarzelle alle Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

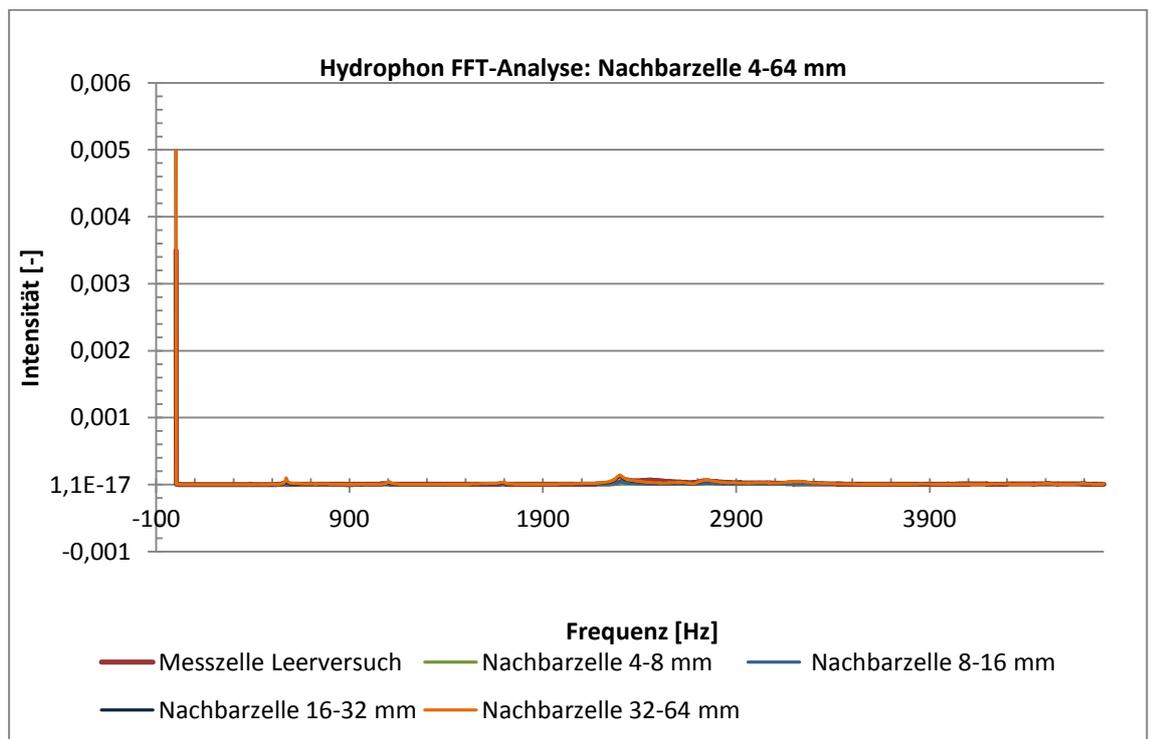


Abb.:46 Darstellung Hydrophonphon – Koppelungseffekt der Nachbarzellen an Hand Frequenzanalyse, Mittelwerte der Nachbarzelle alle Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

6.4 Ebene 3: Filter, erneute Frequenzanalyse und Neuberechnung der Energiesummen

6.4.1 Allgemein

In Bezug auf die in der Analyseebene 2 festgestellte Eigenfrequenz des Hydrophons und dem Koppelungseffekt der Versuchszellen und deren Nachbarzellen im unteren Frequenzbereich, werden alle Rohsignale gefiltert. Abb.:47 zeigt den Vergleich der Frequenzanalysen des Rohsignales und dem gefiltertem Signal fürs das Geophon eines Versuches der Kornklasse 8-16mm, sowie die Abb.:48 dies für den Selben Versuch des Hydrophons veranschaulicht. Um weitere Fragestellungen des Analyseprozesses zu verfolgen werden alle Rohdatensätze gefiltert und diese erneut berechnet.

6.4.2 Grundlage

„Bekannt ist, dass man zeitkontinuierliche Signale auf vielfältige Weise beeinflussen kann. Am verbreitetsten ist die Manipulation durch frequenzselektive Systeme, die man traditionell als Filter bezeichnet“ (Hoffmann 2005, Seite63).

Um diese genannt Manipulation durchzuführen, gibt es im Grunde vier Arten von Datenfilter:

- Als Tiefpass bezeichnet man in der Elektronik solche Filter, die Signalanteile mit Frequenzen unterhalb ihrer Grenzfrequenz annähernd ungeschwächt passieren lassen, Anteile mit höheren Frequenzen dagegen dämpfen (Wikipedia Online, 2015)
- Als Hochpass (auch Tiefensperre, englisch low-cut filter, high-pass filter) bezeichnet man Filter, die Frequenzen oberhalb ihrer Grenzfrequenz annähernd ungeschwächt passieren lassen und tiefere Frequenzen dämpfen. (Wikipedia Online, 2015)
- Als Bandpass (auch Bandbreitenfilter) wird in der Elektrotechnik, Tontechnik und Optik ein Filter bezeichnet, der nur Signale eines Frequenzbands passieren lässt. Die Frequenzbereiche unterhalb und

oberhalb des Durchlassbereiches werden dabei gesperrt oder deutlich abgeschwächt. (Wikipedia Online, 2015)

- Eine Bandsperre, auch Bandstoppfilter oder in der Tontechnik Badewannenfilter genannt, ist in der Elektrotechnik ein Filter, das ein bestimmtes, meist breites Frequenzband abschwächt und im Grenzfall nicht passieren lässt. (Wikipedia Online, 2015)

6.4.3 Datenfilter via CATMAN – AP Verison 4.3.2

Das Softwarepaket Catman bietet die Möglichkeit Signaldaten durch einen digitalen Filter durchlaufen zu lassen. Für die Anwendung im Sinne dieser Masterarbeit wurde ein Hochpass Butterworth 4te Ordnung gewählt.

Filter werden in der Regel analog ausgeführt und müssen bei digitalem Bedarf mit einer Übertragungsfunktion des zugehörigen Analogfilters berechnet werden. Diese Übertragungsfunktion kann als sogenannte Drosselung gesehen werden und für diese Funktion der Drosselung gibt es mehrere Approximationen. Beim sogenannten Butterworth-Filter erfolgt die Approximation durch eine Potenzfunktion (vgl. Hofmann 2005, Seite 77).

In der Anwendung durch Catmann AP wurde die Grenzfrequenz des Hochpasses mit 1000 Hz angesetzt. Dadurch kann eine frequenzabhängige Selektion der Signaldaten, mit Wegfall der Datenanteile im Frequenzbereiche unterhalb der Grenzfrequenz, erreicht werden. (Siehe Beispielhafte Darstellung der Frequenzanalyse der Rohdaten und der gefilterten Daten in Abb.:47 für das Geophon und Abb.:48 für das Hydrophon.)

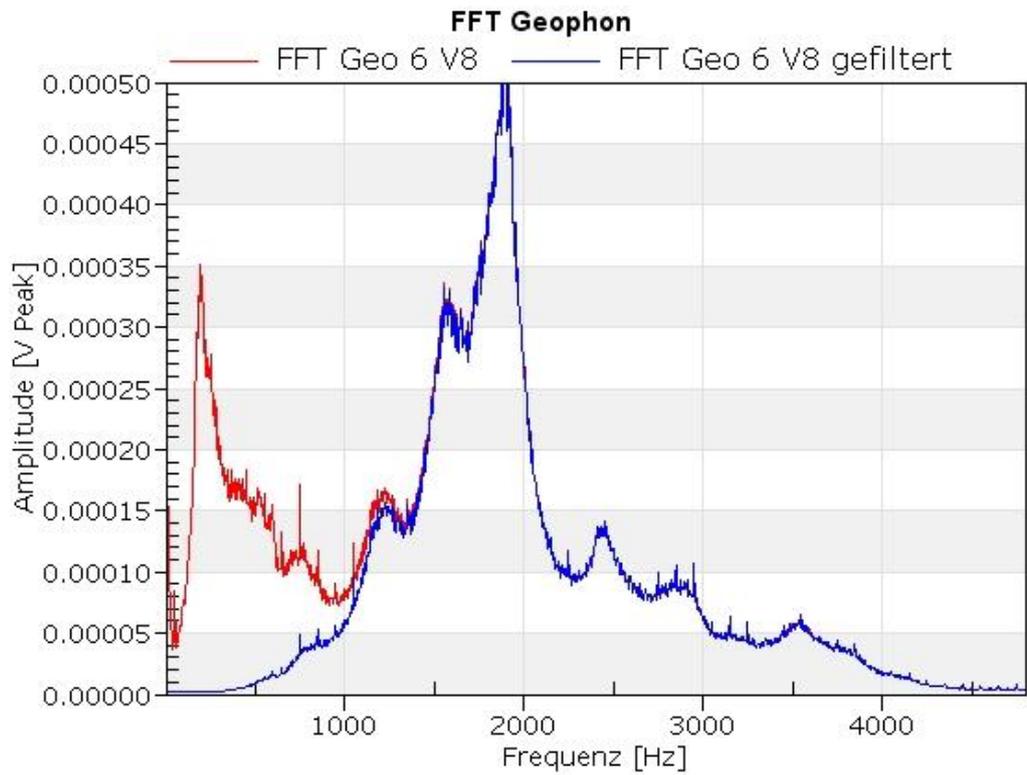


Abb.:47 Darstellung Geophon - Gegenüberstellung der Frequenzanalyse des Rohsignales und des gefilterten Signals, Versuch 8 – Kornklasse 8-16mm (Quelle: eigene Darstellung 2015)

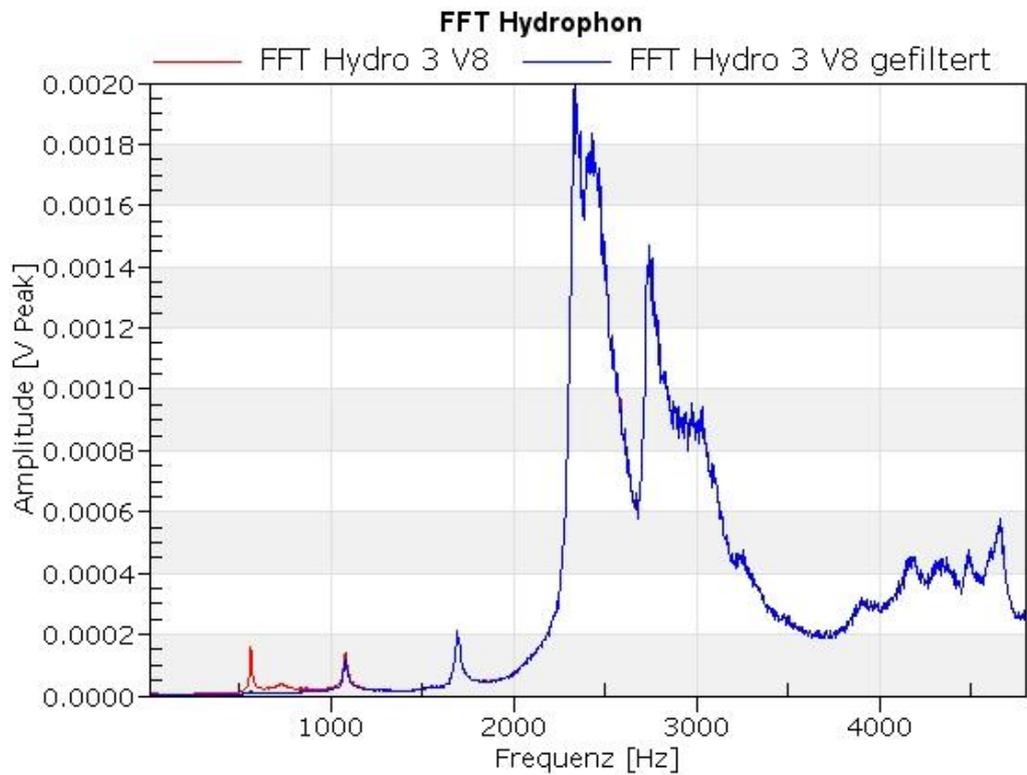


Abb.:48 Darstellung Hydrophon - Gegenüberstellung der Frequenzanalyse des Rohsignales und des gefilterten Signals, Versuch 8 – Kornklasse 8-16mm (Quelle: eigene Darstellung 2015)

6.4.4 Daten EXPORT via CATMAN AP Version 4.3.2

Das Softwarepaket Catman AP Version 4.3.2 bietet die Möglichkeit die Signaldaten abzutasten. Dadurch ist es möglich Dateireihen zu generieren die wesentlich kleiner sind als die Rohdaten. Zum Exportieren der Daten wurden folgende Einstellungen getroffen.

- Messrate: 1 Hz
- Interpolationsmethode: Linear

6.4.5 Aussage über Datenverlust durch Filter

Das Filtern der Daten hat den Verlust an Datenanteilen zu Folge, wodurch die Energiesummen der Signale geringer werden. Das Ausmaß des Datenverlustes wird durch nachstehende Graphen veranschaulicht. Es werden die Energiesummenlinien eines Versuches je Kornklasse des Rohsignals und die erneut berechnete Energiesummenlinien des gefilterten Signales übereinandergelegt. Da das Messsignal des Geophons in der Frequenzanalyse zwei Hochpunkte in der Intensität aufweist, welcher einer davon unterhalb der Grenzfrequenz des Filters von 1000 Hz liegt, ist der Verlust an Datenvolumen, respektive am Energiegehalt des Signales erkennbar (siehe Abb.:49). Demgegenüber ist bei der Auswertung für das Hydrophon (siehe Abb.:50). ein geringer Energieverlust festzustellen, da nur die Eigenfrequenz des Senores mit 50 Hz gefiltert wurde.

Es können die Energiewertsignale beider Messsysteme nach dem Filter immer noch eindeutig in Relation mit dem transportierten Geschiebe gestellt werden. Die Abhängigkeit der Intensität der Kornklassengröße bleibt gegeben. Keines der Signaldaten der einzelnen Versuche liegt nach dem Filtern im Bereich einer nicht zugehörigen Kornklasse. Die Steigungen der Energiesummenlinien unterscheiden sich deutlich. In Bezug dessen birgt der Datenfilter keine Einbuße der Auswertbarkeit der Messanlage.

Das Filtern der Daten hat keinen nennenswerten Einfluss auf die POT – Auswertung.

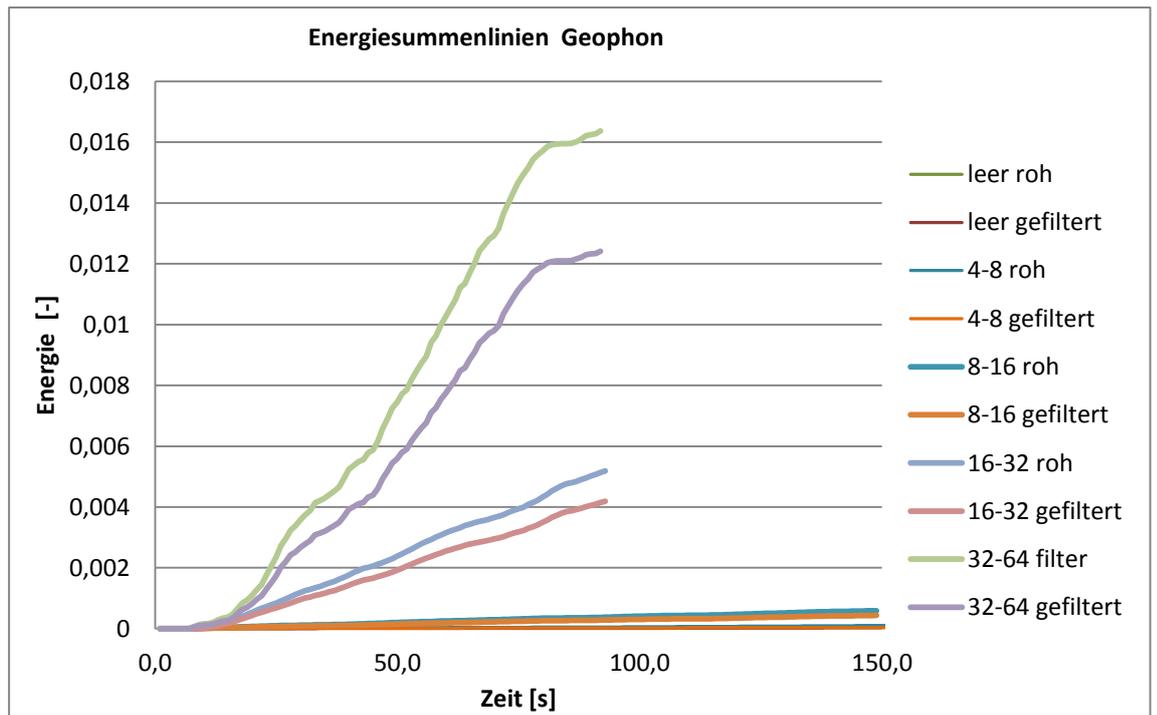


Abb.:49 Darstellung Geophon - Gegenüberstellung der Energiesummenlinien der Rohdatensätze und der gefilterten Daten, jeweils Mittelwerte je Kornklassen (Quelle: eigene Darstellung 2015)

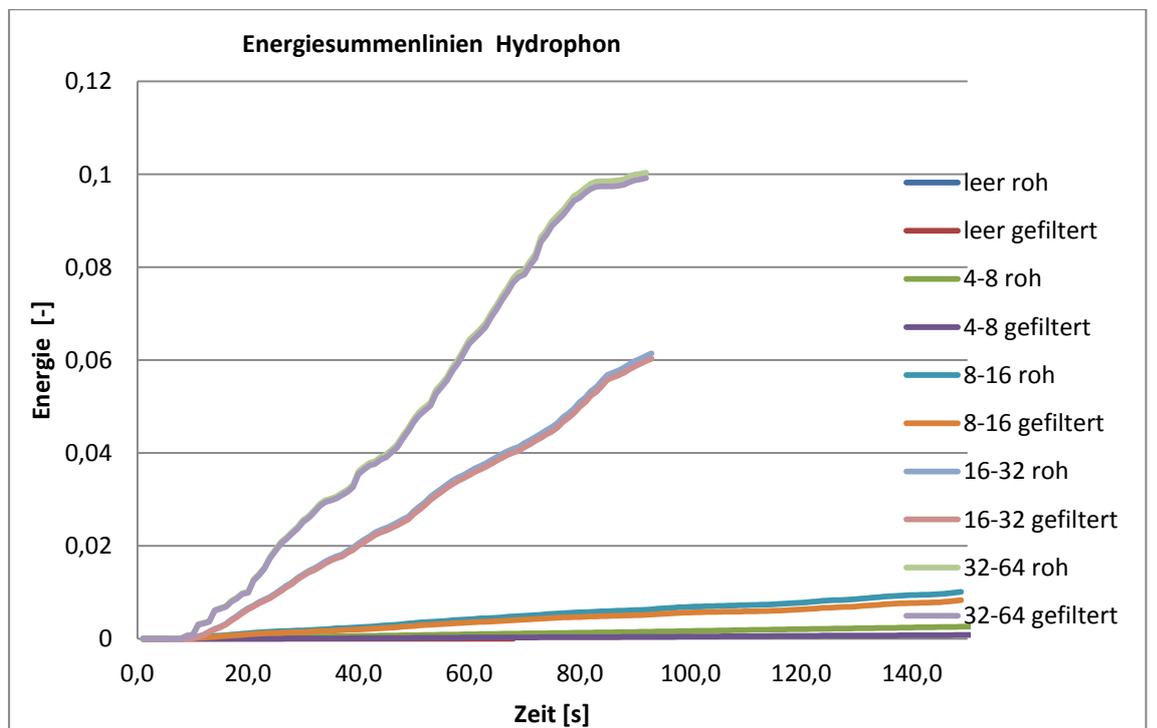


Abb.:50 Darstellung Hydrophon - Gegenüberstellung der Energiesummenlinien der Rohdatensätze und der gefilterten Daten, jeweils Mittelwerte je Kornklassen (Quelle: eigene Darstellung 2015)

6.5 Ebene 4: Schlussinterpretation der generierten Daten

6.5.1 Überprüfung des Koppelungseffektes der gefilterten Daten

Nach dem die Daten gefiltert werden, kann im Vergleich der Frequenzanalysen der Signale der Nachbarzellen kein Koppelungseffekt mehr festgestellt werden. Die Signale der Nachbarzellen haben unabhängig der Kornklasse die selben Intensitäten in deren Frequenzcharakteristik. (Siehe Abb.:51 fürs Geophon und Abb.:52 fürs Hydrophon)

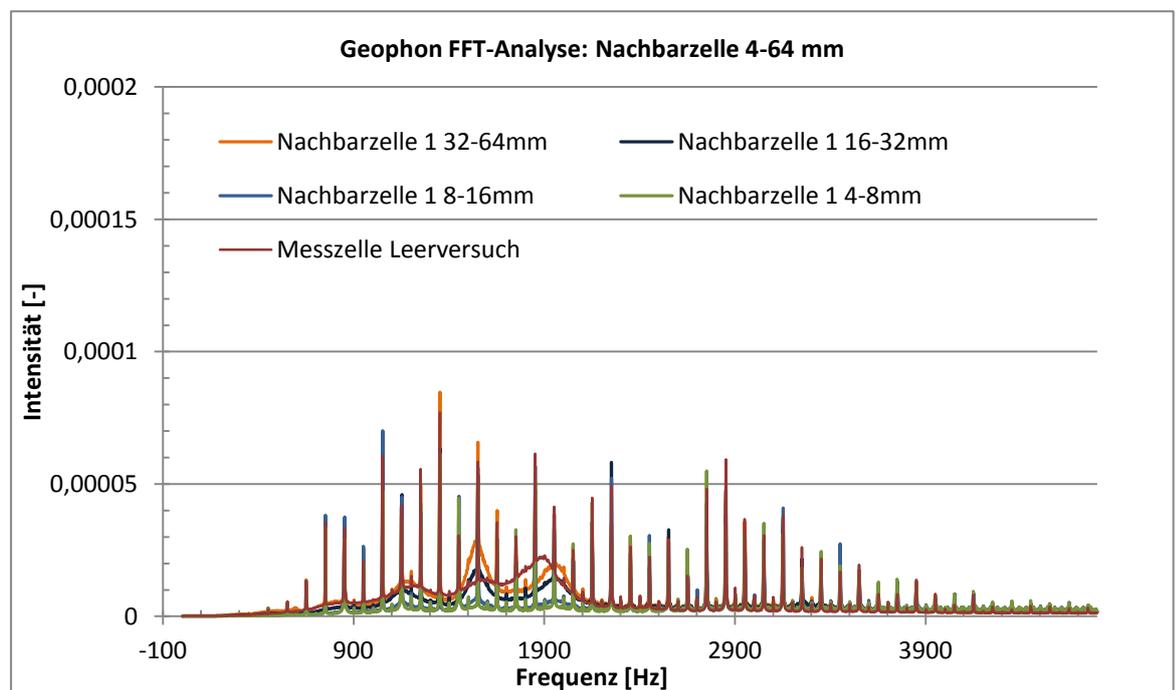


Abb.:51 Darstellung Geophon – Koppelungseffekt der Nachbarzellen an Hand der Frequenzanalyse, Mittelwerte der gefilterter Daten aller Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

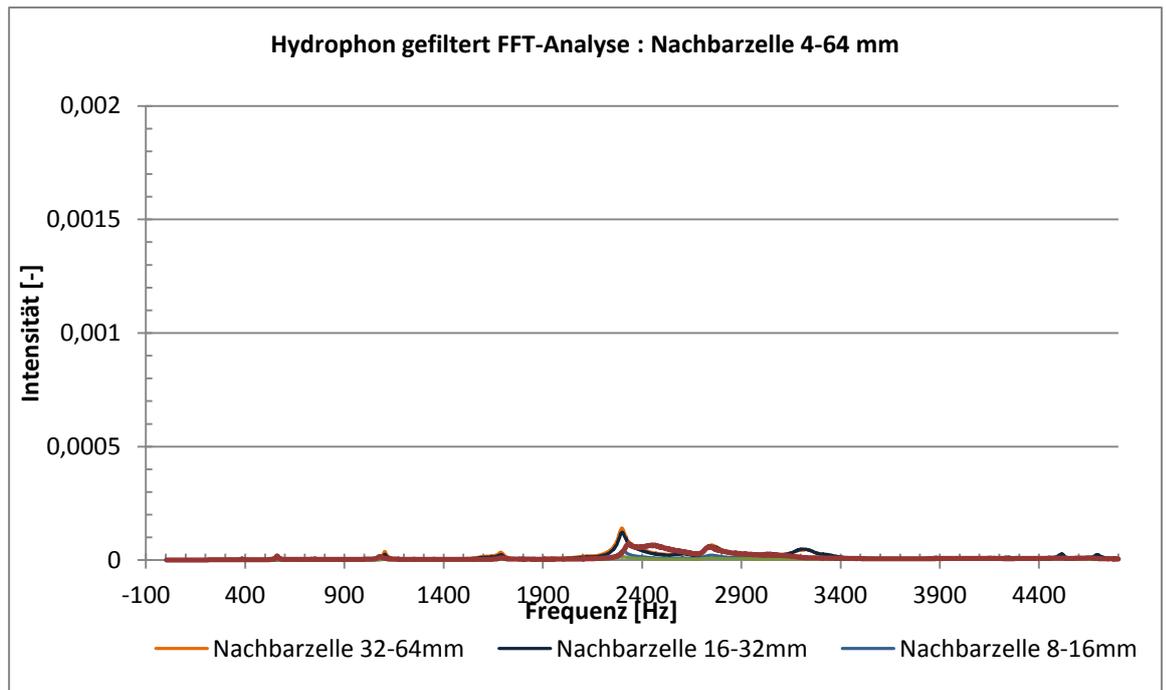


Abb.:52 Darstellung Hydrophon – Koppelungseffekt der Nachbarzellen an Hand der Frequenzanalyse, Mittelwerte der gefilterter Daten aller Kornklasse (Quelle: eigene Darstellung 2015)

6.5.2 Korndurchmesser abhängige Intensität der Signale und Reproduzierbarkeit der Versuche.

Die Interpretation der vierten Ebene des Analyseprozesses, welche die Wiederholbarkeit und die Korndurchmesser abhängige Intensität der Signale untersucht, erfolgt am Kennwert, der auch in der Dauermessung aufgezeichnet wird, bzw. von welchem kontinuierliche der Summenwerte einer Minute gespeichert wird: Der quadratische Energiesummenwert, respektive die normierten Energiewerte je 250kg Geschiebe je Kornklasse. Als quantitatives Ergebnis werden die jeweiligen Mittelwerte und Standartabweichungen der absoluten Energiesummen je Kornklasse berechnet (Siehe Tab.7: für das Geophon und Tab.8: für das Hydrophon). Die Reproduzierbarkeit der Versuche für beide Messsysteme ist gegeben. Die Abweichungen zum Mittelwert sind als geringfügig und vernachlässigbar einzustufen. Die Abhängigkeit der Intensität der Kornklassengröße ist gegeben. Keiner der einzelnen Versuche liegt im Bereich einer nicht zugehörigen Kornklasse. (Siehe Abb.:53 für das Geophon und Abb.:54 für das Hydrophon)

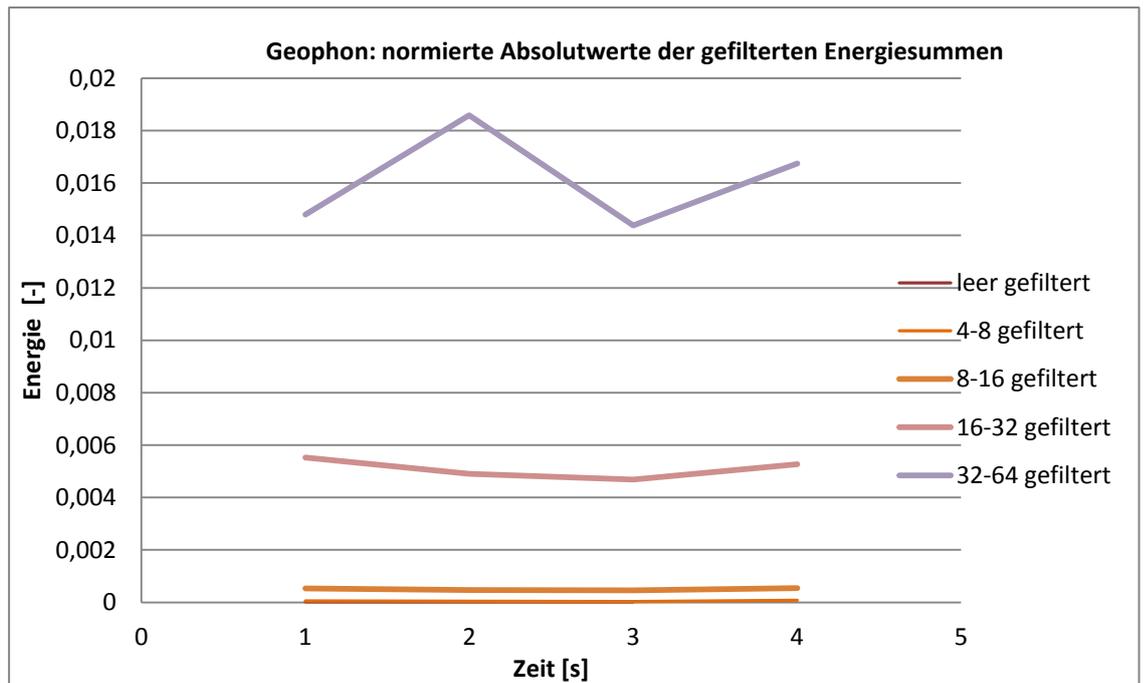


Abb.:53 Darstellung Geophon - normierte Absolutwerte der Energiesumme aller gefilterten Versuchsdaten (Quelle: eigene Darstellung 2015)

Tab.7: Bewertung normierter Absolutwerte der Energiesumme aller gefilterten Versuchsdaten des Geophones (Quelle: eigene Darstellung 2015)

Kornkasse	Versuch	E Wert	Masse	E-Wert normiert	mttl. E Wert normiert	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[kg]	[1/250kg]	[-]	[-]
4-8	V1	4,8E-05	230	5,2E-05		
	V2	4,5E-05	250	4,5E-05		
	V15	4,6E-05	310	3,7E-05		
	V16	7,2E-05	230	7,8E-05		
					5E-05	3E-05

Kornkasse	Versuch	E Wert	Masse	E-Wert normiert	mttl. E Wert normiert	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[kg]	[1/250kg]	[-]	[-]
8-16	V11	0,00072	343	0,00053		
	V12	0,00043	228	0,00047		
	V13	0,00042	230	0,00046		
	V14	0,00046	210	0,00054		
					5E-04	0,0002

Kornkasse	Versuch	E Wert	Masse	E-Wert normiert	mttl. E Wert normiert	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[kg]	[1/250kg]	[-]	[-]
16-32	V7	0,00508	230	0,00553		
	V8	0,00451	230	0,0049		
	V9	0,00427	228	0,00468		
	V10	0,00695	330	0,00527		
					0,005	0,0023

Kornkasse	Versuch	E Wert	Masse	E-Wert normiert	mttl. E Wert normiert	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[kg]	[1/250kg]	[-]	[-]
32-64	V3	0,01361	230	0,01479		
	V4	0,0171	230	0,01859		
	V5	0,01323	230	0,01438		
	V6	0,01487	222	0,01675		
					0,016	0,0074

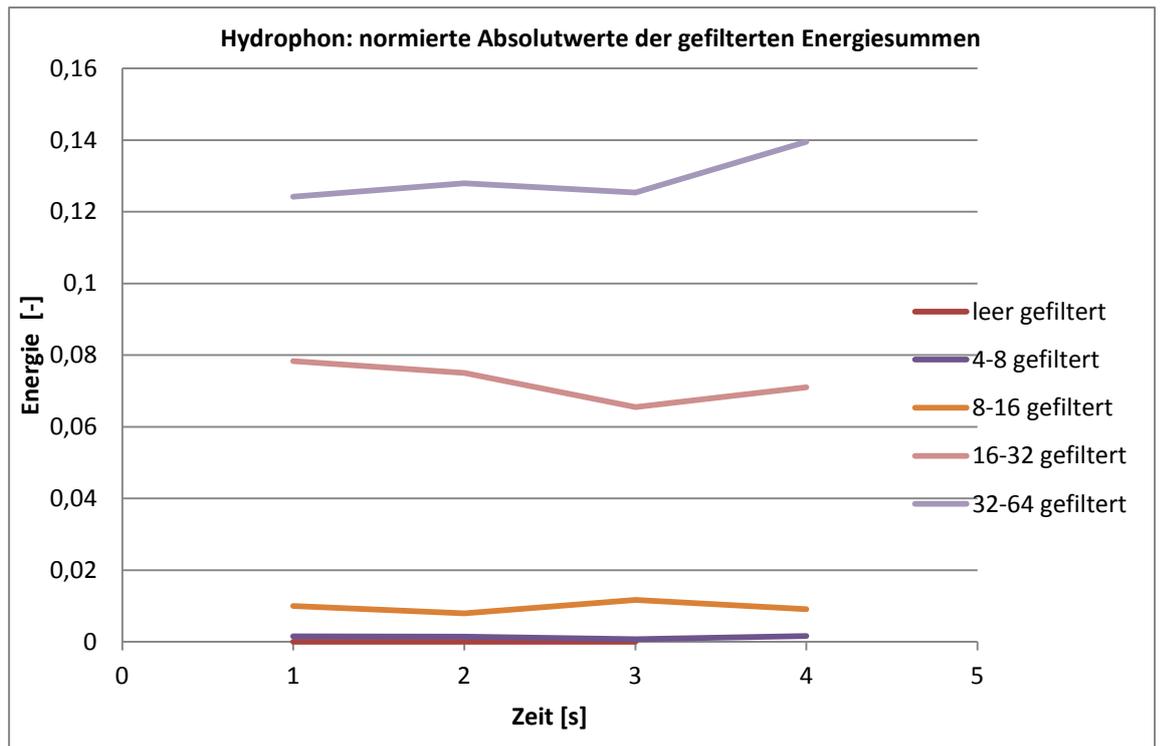


Abb.:54 Darstellung Hydrophon - normierte Absolutwerte der Energiesumme aller gefilterten Versuchsdaten (Quelle: eigene Darstellung 2015)

Tab.8: Bewertung normierter Absolutwerte der Energiesumme aller gefilterten Versuchsdaten des Hydrophons (Quelle: eigene Darstellung 2015)

Kornkasse	Versuch	E Wert	Masse	E-Wert normiert	mttl. E Wert normiert	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[kg]	[1/250kg]	[-]	[-]
4-8	V1	0,00142	230	0,00154		
	V2	0,00145	250	0,00145		
	V15	0,00089	310	0,00071		
	V16	0,00147	230	0,0016		
					0,001	0,0007

Kornkasse	Versuch	E Wert	Masse	E-Wert normiert	mttl. E Wert normiert	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[kg]	[1/250kg]	[-]	[-]
8-16	V11	0,01365	343	0,00995		
	V12	0,0072	228	0,00789		
	V13	0,01071	230	0,01164		
	V14	0,00763	210	0,00908		
					0,01	0,0045

Kornkasse	Versuch	E Wert	Masse	E-Wert normiert	mttl. E Wert normiert	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[kg]	[1/250kg]	[-]	[-]
16-32	V7	0,07209	230	0,07836		
	V8	0,06902	230	0,07502		
	V9	0,05971	228	0,06547		
	V10	0,09373	330	0,07101		
					0,072	0,0328

Kornkasse	Versuch	E Wert	Masse	E-Wert normiert	mttl. E Wert normiert	Abweichung
[mm]	[-]	[-]	[kg]	[1/250kg]	[-]	[-]
32-64	V3	0,11423	230	0,12416		
	V4	0,1177	230	0,12794		
	V5	0,11534	230	0,12537		
	V6	0,12393	222	0,13956		
					0,129	0,0581

6.6 Zusammenfassung der Datenanalyse

An Hand der durchgeführten Versuchsreihe an Geschiebemessungen kann die Reproduzierbarkeit der jeweils vier Versuche je Kornklasse durch den Vergleich der Energiesummenlinien, hinsichtlich deren Steigung und der normierten Absolutwerte, als auch dem Vergleich der Frequenzanalyse je Kornklasse nachgewiesen werden.

Die Abhängigkeit der Intensität der Kornklassengröße in Bezug auf den Energiekennwert ist ebenfalls gegeben. Die vier Kornklassen zeigen deutlich unterschiedliche Steigungen in ihrer Energiesummenlinien. Auch zeigen die vier Kornklassen unterschiedliche Bereiche der Intensität der Frequenzbereiche. Keiner der einzelnen Versuche liegt im Bereich einer nicht zugehörigen Kornklasse. Generell lässt sich feststellen, dass das Messsystem des Hydrophons im Gesamten sensibler ist als das des Geophons. Im Bezug auf das Ergebnis des POT (siehe Punkt 6.2.3) ist es absehbar, da für das Hydrophon ein geringerer Schwellenwert gewählt wurde. Jedoch kann auch an Hand der Energiesummenlinien deutlich zwischen einem Leerversuch und der kleinsten Kornklasse (4-8mm) unterschieden werden.

Hingegen bei der Auswertung des Geophons die Differenzen der Energiewerte, bzw. der Steigungen der Trendgeraden der zwei kleineren Kornklassen und dem Leerversuch nicht dermaßen ausgeprägt sind.

Die Abhängigkeit der Intensität der Kornklassengröße ist für den POT beider Messarten nur in einem unzufrieden stellenden Ausmaß gegeben. Bei der Geophonmessanlage können die Signaldaten der Leerversuche und den kleineren Kornklassen (4-8mm und 8-16mm) nicht eindeutig über die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen den zugehörigen Kornklasse zugeteilt werden.

Es kann an Hand der durchgeführten Analyse eine Koppelung der Messsignale der Versuchszelle und deren Nachbarzelle beim Geophonmesssystem festgestellt werden. Die Koppelung der Daten lässt sich auf einen abgrenzbaren Frequenzbereich der Signale eingrenzen, wodurch es möglich ist diesen mittels eines Filters der Signale zu Eliminieren, ohne markante Verluste des

Energiegehaltes und somit Einbuße der Interpretierbarkeit in Kauf nehmen zu müssen.

Eine Aussage über die Sieblinie, bzw. Korngröße mittels der Frequenzanalyse der Daten zu treffen, ist leider für beide Messsysteme nicht möglich. Die Abhängigkeit der Frequenzbereiche der Kornklassengröße ist lediglich in deren Intensitäten gegeben. Die Charakteristik der Frequenzbereiche bleibt zwischen den vier unterschiedlichen Kornklassen die Gleiche.

Die Grundeinstellungen der Schwellenwerte für die POT- Auswertung werden als richtig eingeschätzt. Für das Geophon gilt der standardisierte Wert von 0,1V. Bei dem kleinerem gewähltem Wert von 0,02 V für das Hydrophon lässt sich zeigen, dass in den Leerversuchen dennoch keine Überschreitungen registriert werden. Eine Aussage ob der Schwellenwert im Sinne eines Hochwassers zu klein gewählt ist, kann leider nicht getroffen werden, da keine Daten vorhanden sind. Mit dem Wert von 0,02V ist es möglich anhand des Hydrophons bei Niedrig- bzw. Mittelwasserstand die Fraktion von 8-16mm zu detektieren.

7 Ausblick

Es ist, nach Erkenntnissen dieser Arbeit, nicht möglich über das Messsignal, bzw. nach einer Analyse dessen, durch eine Frequenzanalyse eine Aussage über die Kornverteilung des detektierten Geschiebes zu treffen.

Nun bleibt noch der Ansatz der Möglichkeit eine Aussage über die Menge des Geschiebes treffen zu können, wenn die Kornverteilung des Geschiebes bekannt ist. Dies ist in der Konstellation der Geschiebemesstation am Suggadinbach gegeben, da im Geschieberückhaltebecken Proben entnommen und mittels Sieblinienanalysen Kornverteilungen festgestellt werden können. Der Ansatz dieser hierbei genannten „Kalibrierkurve“ beruht auf der Abhängigkeit der Intensität des Energiegehaltes des Signales je Kornklasse. Der Zusammenhang zwischen der Korngröße und der Steigung der Energiesummenlinie ist verhältnismäßig proportional.

Durch die Versuche wurden Kenntnisse über die Energiegehalte reiner Kornklassenfraktionen gewonnen. Aufbauend auf die normierten Kennwerte je

Kornklasse werden Kurven für die Energiesummen und die Anzahl der Überschreitungen der Schwellenwerte in Abhängigkeit der Korngrößen erzeugt. Die Anpassung der Kurve an die Kennzahlen der Versuche erfolgt an Hand von einem Tailerpolynom zweiten Grades (siehe Anhang D)

Zur Validierung der „Kalibrierkurven“ werden die Ergebnisse des Versuches Nummer 17 herangezogen. Hierbei wurde 250kg Geschiebe der Kornverteilung 25% 4-8mm, 25% 8-16mm, 25% 16-32mm und 25% 32-64mm dem Abfluss beigegeben und Signaldaten aufgezeichnet.

Es gilt festzustellen, ob es möglich ist an Hand der Kennwerte und der erstellten „Kalibrierkurven“ auf die tatsächliche Masse des transportierten Geschiebes zurück zu rechnen. Durch die Summe der jeweils gewichteten Prozentanteile der Masse je Kornklasse und der durch die Kalibrierkurve zugeteilten Energiewerte, bzw. der Anzahl der POTs sollte dies möglich sein.

Das Ergebnis der Validierung wird an Hand des jeweiligen Vielfachem, bzw. des Bruchteils vom gemessenen zu dem errechneten Wert dargestellt.

Tab.9: Vergleich der IST- Massenwerte und den berechneten – Massenwerte (Quelle: Eigene Darstellung 2015)

	Berechnung der Masse [kg] über	
	Energiesummenwert	POT
Hydrophon		
IST - Masse [kg]	250	250
berechnete Masse [kg]	667	44
Verhältnis	2,668	0,176
Geophon		
IST - Masse [kg]	250	250
berechnete Masse [kg]	74	20
Verhältnis	0,296	0,08

Die Verhältnisse der Berechnungsergebnisse und den IST- Werten schwankt zwischen 2,7 facher Über- und einer 12,5 fachen Unterschätzung (siehe Tab.9:).

Es lässt sich ableiten, dass es nicht zielführend ist die Masse des Geschiebes auf diese Art der Kalibrierung der Signaldaten abzuschätzen. Es wurde eingehend in

Punkt 2.1.1 über die grundsätzlichen Schwingungseigenschaften der Resonanz und der Dämpfung von Schwingungen eingegangen. Hierbei lässt sich deren großen Einfluss erkennen. Es ist nicht möglich aus Daten, welche aus reinen Sortimentklassen generiert wurden, auf die Masse des tatsächlichen transportierten gemischten Geschiebes zu schließen. Die natürlich bedingten physikalischen Rahmenbedingungen, wie der Hidding Effekt, Resonanz und die Dämpfung beeinflussen die Ausbildung der Signale sehr.

Die gewonnenen Signale lassen bis dato nur auf eine zeitliche, sowie räumliche Aufschlüsselung und das Verhältnis des Abflusses zum Geschiebetransport schließen. Die Massenermittlung muss an Hand des geplanten und realisierten Geschieberückhaltebeckens erfolgen.

Zu überprüfen bleibt, ob es an Hand einer umfangreichen Versuchsreihe mit Geschiebe aus dem Bachbett und bekannter Kornverteilungskurve möglich ist eine Aussage über diesen Ansatz der Kalibrierung zu treffen. Somit würden die natürlich bedingten physikalischen Rahmenbedingungen, wie der Hidding Effekt, die Resonanz und die Dämpfung der Schwingungen schon als Fehler mit gemessen werden. Dadurch wäre es möglich eine bessere Abbildung eines Istzustandes des transportierten Geschiebes zu erlangen.

Für eine grundlegende Optimierung des Anlagenkonzeptes sollte das Geschieberückhaltebecken mit einem Gegengefälle ausgestattet werden. Es wäre zielführend den Rechen der Geschieberückhaltesperre am sohnahen Bereich zu verschließen, wodurch auch feinere Sedimente bei der Bestimmung des Volumens des transportierten Geschiebes berücksichtigt werden könnten.

8 Quellenverzeichnis

8.1 Literaturverzeichnis

AIGNER, Johann; KREISLER, Andrea; HAIMANN, Marlene; RINDLER, Rolf; SINDELAR, Christine; HABERSACK, Helmut; PICHLER, Andreas (2014): SedAlp – Sedimentmanagement in alpinen Einzugsgebieten, in: Österr. Wasser- und Abfallw., Jg. 2014, H. 66, S. 348-356

CHIARI, Michael; RICKENMANN, Dieter (2009): Modellierung des Geschiebetransportes mit dem Modell SETRAC für das Hochwasser im August 2005 in Schweizer Gebirgsflüssen, in: Wasser Energie Luft, 101 Jg. 2009, H. 4, S. 319-327.

GÜNTHER, Bodo C.; HANSEN, Karl H.; VEIT, Ivar (2002): Technische Akustik – Ausgewählte Kapitel. Grundlagen, aktuelle Problem und Meßtechnik. Expert Verlag, Renningen-Malmsheim, 369 S.

HABERSACK, Helmut; SEITZ, H.; KREISLER, Andrea (2010): Geschiebemessungen an Drau und Isel – Kurzbericht – Messperiode 2007 bis 2009, Bericht an der Universität für Bodenkultur, Wien, S.29.

HOFFMANN, Rüdiger (2005): Grundlagen der Frequenzanalyse – Eine Einführung für Ingenieure und Informatiker. Expert Verlag, Renningen-Malmsheim, 142 S.

HÜBL, Johannes; CHIARI, Michael (2014): SedAlp WP 5 Part 2 – Operation, calibration and data analysis of the bedload monitoring station at Suggadinbach, IAN REPORT 148 an der Universität für Bodenkultur, Wien, S.49

MAIR, Elisabeth (2008): Geschiebetransportsimulation am Beispiel des Suggadinbaches in Vorarlberg, Diplomarbeit an der Universtät für Bodenkultur, Wien, S.99

SEXL; RAAB; STREERUWITZ (1988): Physik 2. Hölder-Pichler-Tempsky Verlag, Wien, 208 S.

TUROWSKI, Jens M.; BADOUX Alexandre; RICKENMANN Dieter; FRITSCHI Bruno (2008): Erfassung des Sedimenttransportes in Wildbächen und Gebirgsflüssen- Anwendungsmöglichkeiten von Geophonmessenanlagen, in: Wasser Energie Luft, 100 Jg.2008, H.1, S. 69-74.

WLV, Gebietsbauleitung Bludenz (2005): Technischer Bericht – Projekt Suggadinbach 2006, WLV Gebietsbauleitung Bludenz, Bludenz, S.47

8.2 Technische Grundlagen

DIN EN 10024 (1995): Profile mit geneigten inneren Flanschflächen - Grenzabmaße und Formtoleranzen, Deutsche Fassung EN 10024:1995, Ausgabedatum: 1995-05

DIN ISO 2768-1 (1991): Allgemeintoleranzen; Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung, Identisch mit ISO 2768-1:1989, Ausgabedatum: 1991-06

8.3 Sonstige Grundlagen

BMLFUW IV/5, ETZ – Alpenraumprogramm: Projekt „SedAlp“ erfolgreich gestartet, 2013 (in: <http://www.naturgefahren.at/projekte/SedAlp-ETZ.html>, Abrufdatum 30.03.2015)

Sommer Messtechnik, Datenblatt RQ; Stand 07/2014 (in: http://www.sommer.at/fileadmin/template/PDF/mySommer/RQ-30/Produktbroschuere_RQ-30_DE.pdf, Abrufdatum: 22.04.2015).

Vorarlbergatlas, Landkarte OEK 200, 2015 (in: <http://vogis.cnv.at>, Abrufdatum 20.04.2015)

Wikipedia; Tiefpass, Hochpass, Bandpass und Bandsperre, 2015 (in:
<http://www.wikipedia.at>, Abrufdatum 04.05.2015)

9 Anhang

- A) Lieferantenübersicht und Produkt spezifische Datenblätter

- B) Dokumentation zur Fließgeschwindigkeitsmessung der Versuchsrinne des Feldversuches

- C) Grundlage für die Aussage zur Reproduzierbarkeit der Versuche über die Rohdaten – Energiesummenlinie

- D) Berechnungsgrundlage und Darstellung der Kalibrierkurven

A Lieferantenübersicht und Produkt Datenblätter

Positon	FIRMA	Adresse	Kontakt	Web	Mail
Geophon	Exile Technologies Limited	Unit F3 Bramingham Business Park	Tel: +44 (0) 1582 573980	www.exiletech.co.uk	sallen@exiletech.co.uk
	Geophysical and Geotechnical	Enterprise Way, Luton	Fax: +44 (0) 1582 574945		
	Instruments Software and Services	Bedfordshire, LU3 4BU, England			
Hydrophon	HYDROTECH COMPANY	876 Kouzukeda, Hino-cho, Shiga, Japan			rishin@hydro.co.jp
	Michinobu Nonaka	529-1642			
Stahlbau	Mair Wilfried GmbH	Bruneckerstr. 22	Tel: +39 (0) 474-474 071	www.mairwilfried.it	info@mairwilfried.it
		I-39030 St. Lorenzen	Fax: +39 (0) 474-474 559		
Geophon-Adapter	Vonach und Pichler GmbH	Grafenweg 21	Tel: +43 5574 85485	www.vup.co.at	info@vup.co.at
		A-6971 Hard			
Neoprene	Berndorf Sondermaschinenbau GmbH	Leobersdorfer Straße 26	Tel: +43(0)2672 / 83570-0	www.berndorf-bsg.at	office@berndorf-bsg.at
		A-2560 Berndorf	Fax: +43(0)2672 / 88993		
Einwegventil	LASSO TECHNIK AG	Niklaus von Flüe Str. 33	Tel. 0041 (0)61 331 40 90	www.stopsilent.com	alex.leuenberger@lasso.ch
		CH-4059 Basel	Fax 0041 (0)61 331 42 76		
Spiralschlauch	PERSICANER & CO Ges.m.b.H.	LEEBGASSE 64	Tel: + 43 (0)1 604-01-71	www.persicaner.at	office@persicaner.at
		A-1100 Wien	Fax: + 43 (0)1 604-01-71/17		
Messkraftverstärker	Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH	Lemböckgasse 63/2	Tel: +43 1 865 8441-0	www.hbm.com	info@at.hbm.com
		A-1230 Wien	Fax: +43 1 865 8441-420		
Radar	SOMMER Messtechnik	Straßenhäuser 27	Tel: +43-5523-55989	http://www.sommer.at	office@sommer.at
		A-6842 Koblach	Fax: +43-5523-55989-19		boesch@sommer.at
Kleinteile	Haberkorn GmbH	Hohe Brücke	T +43 5574 / 695 - 0	www.haberkorn.com	info.wolfurt@haberkorn.com
		A-6961 Wolfurt	F +43 5574 / 695 - 99		

GS-32CT Geophone



Close Tolerance High Spurious Geophone

Features

- Enhanced spurious response >250 Hz for extended clean band width
- Simultaneous control of damping and sensitivity for unequaled channel-to-channel uniformity
- Externally damped for reduced damping change when exposed to temperature variations, again enhancing channel-to-channel uniformity
- Typical string distortion <.03% (12 series, damped 70%)
- Compatible with GS-20DX and GS-30CT geophones
- Optional coil resistance of 635 ohms provides greater sensitivity (.640 V/i/s @ 68.3% damping)

The latest 24-bit Data Acquisition Systems have the capability for recording the full dynamic range of geophones without the distortion caused by floating point amplifiers. This challenge to the historic efficacy and superior performance of geophones gave reason for Geospace to develop geophone performance to an even higher level... a level which maintains the geophone as the strongest link in the data acquisition technology chain.

The GS-32CT is the newest addition to Geospace's family of close tolerance geophones. It features a spurious response in excess of 250 Hz for extended clean band width.

The GS-32CT is fully compatible with its predecessors, the GS-20DX and the GS-30CT. It offers unsurpassed geophone-to-geophone uniformity along with the long-term, field proven reliability that only Geospace can provide.



GS-32CT Geophone

Specifications

Physical Specifications

Moving Mass (M)	.395 oz. (11.2 g) + 2.5%
Case to Coil Motion p-p	.06 in (.152 cm)
Operating and Storage Temperature:	-45° tp 100° C
Dimensions (less terminals*)	
Weight	3.03 oz, 86 g
Diameter	1.00 in, 2.54 cm
Height	1.30 in, 3.30 cm

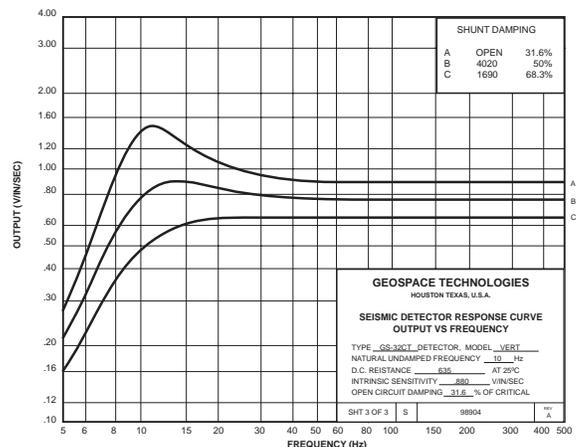
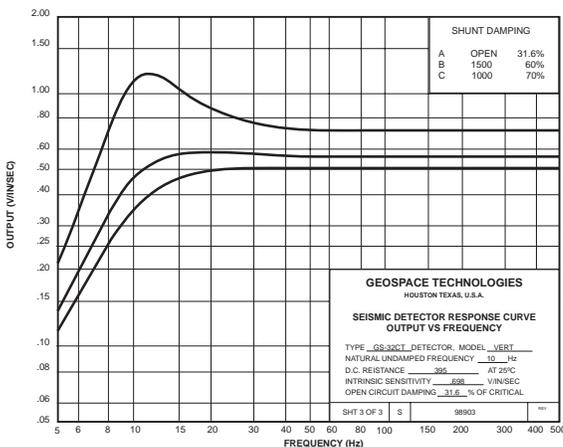
*Terminal height is .16 in (.41 cm)

Cases Available

PC-801-LP Land Case
PC-801-LPC Land Case
PC-901-LP Marsh Case
GS-3C Land Case

Frequency	395	635
Natural Frequency (Fn):	10 Hz ± 2.5%	10 Hz ± 2.5%
Typical spurious Frequency:	>250 Hz	>250 Hz
Resistance		
DC Resistance (DCR)	395 ± 2.5%	635 ± 2.5%
Distortion		
Harmonic Distortion with coil to case velocity of 0.7 in/sec (1.8 cm/sec) p-p @ 12 Hz	<0.10%	<0.10%
String, 12 series, damped 70%	<0.03% (Typical)	<0.03% (Typical)
String, 12 series, damped 68.3%		
With coil to case displacement of 0.0093 in (0.0236 cm) p-p @ 10 Hz	<0.20%	<0.20%
Sensitivity		
Intrinsic Voltage Sensitivity (G)	.698 V/in/s, (.275 V/cm/s)	.880 V/in/s, (.346 V/cm/s)
Sensitivity @ 70% Damping	.500 V/in/s, (.197 V/cm/s± 2.5%)	
Sensitivity @ 68.3% Damping		.640 V/in/s, (.252 V/cm/s± 2.5%)
Normalized Transduction Constant	.0351 \overline{DCR} V/in/s	.0349 \overline{DCR} V/in/s
	(.0138 \overline{DCR} V/cm/s)	(.0137 \overline{DCR} V/cm/s)
Damping		
Open Circuit Damping (Bo)	31.6%	31.6%
Shunt Resistance for Damping		
Calibration	1000	1690
Damping Constant	536.0	852.8

Frequency Response Curves*



Specifications are subject to change without notice



OYO GEOSPACETECH • 7007 Pinemont • Houston, Texas 77040 • U.S.A. • www.geospacetechnology.com
Tel: 713 986-4444 • Fax: 713 986-4445



Regional Offices

OYO Geospace Canada, Inc.
2735-37 Avenue N.E.
Calgary, Alberta, Canada T1Y 5R8
403 250-9600

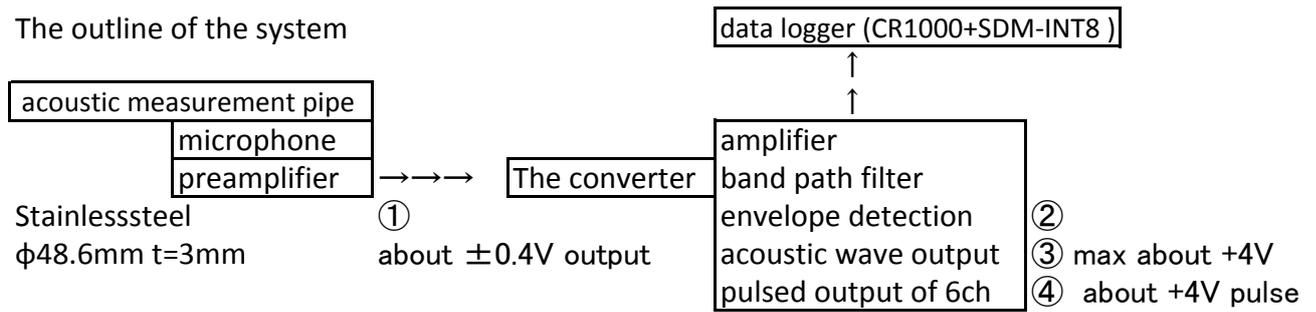
OYO Geo-Impulse International LLC
Kirovogradskaya, 36
Ufa, Baskortostan, Russia 450001
011 (7) 3472 25 39 73

OYO Geospace China
Room 700, 7th Floor, Lido Office Tower, Lido Place
Jichang Road, Jiang Tai Road, Beijing, 100004 P.R.China
011 (86) 10 643 78 758

OYO Instruments, Europe Ltd.
F3 Birmingham Business Park, Enterprise Way, Luton
Bedfordshire LU3 4BU, England
011 44 (0) 1582 573 980

Hydrophone

The outline of the system



- When stone hits the acoustic measurement pipe to have installed in the riverbed, the microphone inside the pipe detects the crash of stone as the sound.
 - The microphone and the preamplifier are in the waterproof pipe.
 - The preamplifier has an acoustic-wave filter, and outputs the wave signal of mic who decreased noise. ①
 - The converter has a filter to process the frequency which is peculiar to the clash to the pipe.
 - The converter does an envelope detection on the side of the positive. ②
 - The converter outputs the wave through the time constant circuit(integration) as the acoustic wave. ③
 - The converter outputs the producing a pulsed output with six strength levels. ④
- It is one pulse to one hit. Then, the data logger records a pulse number.



The measurement pipe (All widths of river)



The part with width of a river



The connection example



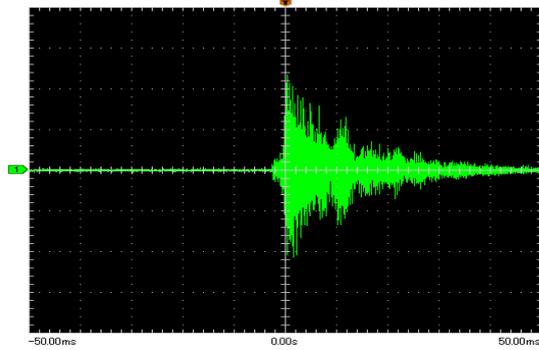
The microphone (Preamplifier built-in)



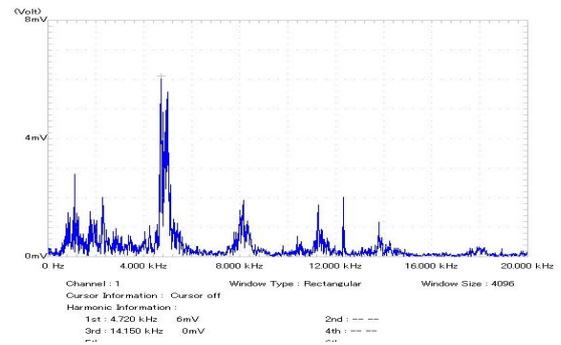
The converter



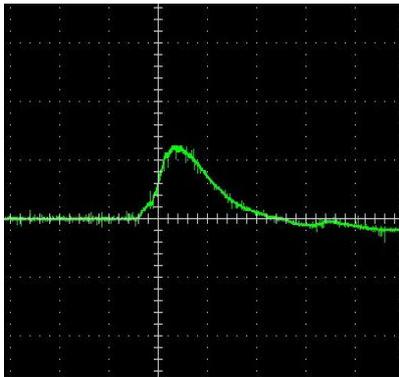
The data logger



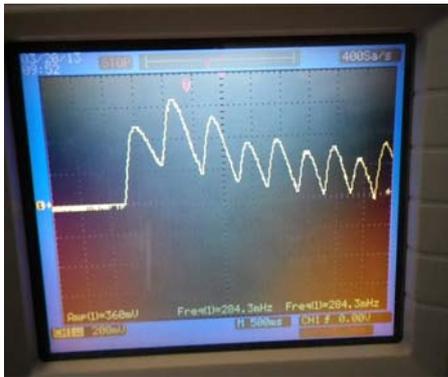
① The output waveform of preamplifier



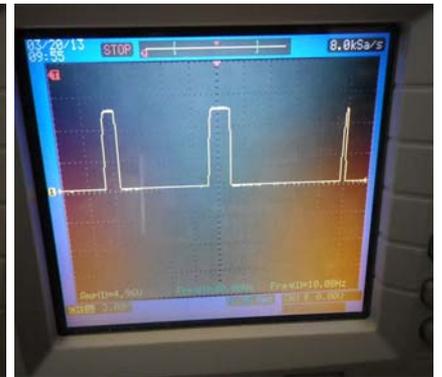
The FFT analysis result from ① waveform



② envelope detection



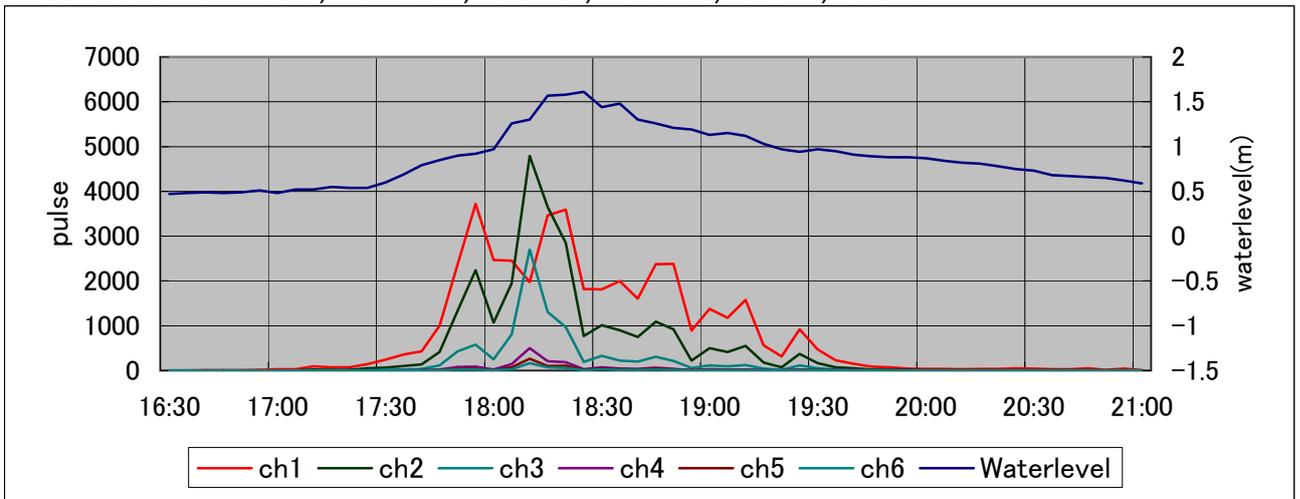
③ acoustic wave output



④ pulse output

The sample of the collected data (June 30th in 2001)

The standard ch1 ×1024, ch2 ×256, ch3 ×64, ch4 ×16, ch5 ×4, ch6 ×2



Sample graph

The pulse number of ch1 is decreasing at 18:10.

When big stone hits a hydrophone, reverberant sound is long left in the pipe.

Then, the channel of high sensitivity passes away in the pulse measurement.

Time	Waterlevel(m)	ch1	ch2	ch3	ch4	ch5	ch6
17:50	0.9	2365	1332	425	75	37	20
17:55	0.92	3721	2238	574	89	33	19
18:00	0.97	2469	1066	253	23	10	5
18:05	1.26	2453	1943	803	141	71	32
18:10	1.3	1977	4792	2704	499	266	165
18:15	1.57	3467	3649	1302	209	100	71
18:20	1.58	3590	2853	972	187	107	60
18:25	1.61	1821	767	194	25	11	4
18:30	1.44	1810	1009	328	70	45	30

TECHNISCHES DATENBLATT

Neopren CR/SBR 50

Werkstoffbezeichnung

CR/SBR

Eigenschaften

Härte Shore A DIN 53505	55 - 45	Shore A
Farbe	schwarz	
Dichte DIN 53479	1,27	g/cm ³
Temperaturbereich	-20 bis +70	°C
Reißfestigkeit DIN 53504	6	MPa
Reißdehnung DIN 53504	350	%
Druckverformungsrest ISO 815	22h, 70 °C	35%
Ölbeständigkeit	bedingt	
Benzinbeständigkeit	nicht empfohlen	
Säurebeständigkeit	gut	
Laugenbeständigkeit	gut	
Witterungsbeständigkeit	gut	
Ozonbeständigkeit	gut	
Bemerkungen	physiologisch unbedenklich	

Stand 07/2004 HKI



HBM Österreich

+31 865 8441-0



QuantumX MX1601B - Universalmessverstärker für Standardsignale zum günstigen Kanalpreis

Optimal für den Prüfstand: 16 individuell konfigurierbare Kanäle für aktive Sensoren

Sie möchten physikalische Größen mit aktiven Sensoren messen?

Mit dem Universalmessverstärker MX1601B stehen Ihnen Messeingänge für

- normierte Spannung (+/- 10 V oder 100 mV),
- normierten Strom (0 oder 4 ... 20 mA) und
- IEPE/ICP[®]-Sensoren

auf 16 individuell konfigurierbaren Kanälen zur Verfügung – und das zum günstigen Kanalpreis!

Starke Leistung: Zuverlässig und präzise

MX1601B ist nicht nur kompakt und einfach zu integrieren, sondern überzeugt zudem durch eine hohe Messqualität:

- Jeder Kanal verfügt über einen 24 bit Delta Sigma AD-Wandler. Darüber hinaus sind alle Kanäle galvanisch getrennt.
- Der Messverstärker erreicht Messraten bis zu 19,2 kS pro Kanal und eine Bandbreite bis zu 3 kHz.
- Qualität und Rückführbarkeit werden durch den auf dem Gerät gespeicherten Werkskalibrierschein garantiert.

Flexibel, modular und erweiterbar

MX1601B ist vollwertig in die QuantumX-Familie integriert und kann somit auch im Verbund mit anderen Modulen betrieben werden. Mit wenigen Handgriffen lässt sich ein ganz individuelles, auf die jeweiligen Bedürfnisse skaliertes Messdatenerfassungssystem zusammenstellen. Flexibilität stellt MX1601B auch beim individuellen Aufbau von kundenspezifischen Steckverbindern im Schaltschrankbau unter Beweis. Der Universalmessverstärker MX1601B ist die perfekte Lösung für hohe Kanalzahlen.

Einfache Bedienung dank weltweit einzigartiger Softwareunterstützung

QuantumX-Nutzer profitieren von einem leistungsstarken Softwarepaket. Nicht nur die kostenfreie Bediensoftware QuantumX Assistent setzt Maßstäbe in Sachen Nutzerfreundlichkeit. Die Messtechnik-Software catman AP und viele weitere Tools sorgen für ideale Verarbeitungsmöglichkeiten Ihrer Messdaten. Für Programmierer bietet das Softwarepaket Bibliotheken für LabView[®]* und .NET an.

Universell einsetzbar

MX1601B ist flexibel einsetzbar und optimal geeignet für vielfältige Anwendungsgebiete zur Prüfung von Komponenten- und Systemteilen in den Branchen

- Automobil
- Luftfahrt
- Schienenfahrzeugindustrie
- Schifffahrt/Marine
- Maschinenbau

Advanced Plug & Measure – einfach anschließen und messen

Dank der **automatischen Aufnehmer- und Sensorerkennung mittels TEDS** ist eine schnelle Konfiguration möglich. So sparen Sie nicht nur Zeit, sondern auch Kosten. Und so funktioniert's: Das TEDS-Modul kann im Aufnehmergehäuse, im Kabel oder im Stecker

installiert sein. Es beinhaltet ein **elektronisches Datenblatt**, welches das automatische Einstellen des Messverstärkers ermöglicht. Über eine **Ansteckererkennung im Aufnehmerstecker** wird das TEDS-Protokoll gestartet. Die Kanalkonfiguration startet daraufhin automatisch. Als Kommunikationsschnittstellen stehen sowohl Ethernet TCP/IP als auch FireWire zur Verfügung.

* *LabVIEW ist eine Marke von National Instruments*

Software

Software

catman

catman ist das Profi-Werkzeug für den Messtechniker und **unterstützt die sekundenschnelle Parametrierung** über eine erweiterbare Sensordatenbank. Der integrierte TEDS-Editor ermöglicht das Lesen und Schreiben von TEDS-Inhalten auf einem Kanal – für **echtes Advanced Plug & Measure**. catman erlaubt den Aufbau individueller Bedien- und Visualisierungsebenen und bietet umfangreiche Analysemöglichkeiten. Start- und Endbedingungen von Mess- und Testaufgaben lassen sich einfach grafisch parametrieren. Über den integrierten Formeleditor können nahezu beliebige Kanäle online verrechnet werden – ganz ohne Programmierung. Die Messdaten können in unterschiedlichen Formaten wie BIN, RPCIII, MAT, ASCII oder XLS gespeichert und jederzeit analysiert werden.

QuantumX Assistent

Der kostenlose **QuantumX Assistent** erlaubt den vollen Zugriff auf Ihr QuantumX-System. Die Software dient der **einfachen Parametrierung aller Ein- und Ausgänge**. TEDS kann gelesen oder geschrieben werden.

QuantumX LabVIEW™-Treiber

Das kostenlose **QuantumX-Treiberpaket** erlaubt die Integration in **LabVIEW™**.

[Weitere Informationen zur Integration von QuantumX in LabVIEW™](#)

QuantumX .NET API

Die .NET / COM API erlaubt es Nutzern eigene Software und Funktionen zu entwickeln, um QuantumX in eine .NET-Umgebung einzubinden.

[Weitere Informationen zur QuantumX .NET API](#)

QuantumX CANape-Treiber

Über den QuantumX CANape-Treiber ist das flexible Messdatenerfassungssystem QuantumX einfach **in das Software-Werkzeug CANape von Vector Informatik integrierbar**. CANape übernimmt die Kommunikation mit dem elektronischen Steuergerät und die Hauptaufgaben Datenerfassung, Kalibrierung und Diagnose. Über QuantumX können einfach zusätzliche Aufnehmer und Sensoren integriert werden - und das parallel und zeitsynchron. Durch die universelle Funktionalität der QuantumX-Messverstärker eignet sich das System zusammen mit dem CANape-Treiber für die Funktionsoptimierung im Prüfstand sowie im Fahrversuch.

[Weitere Informationen zur Integration von QuantumX in CANape](#)

Treiber für DIAdem™

Der Treiber für **DIAdem™** ermöglicht die direkte Integration in dieses Analysewerkzeug.

[Weitere Informationen zur Integration von QuantumX in DIAdem](#)

Integrierter Webserver

Der in jedem Messmodul integrierte Webserver stellt die Messdaten in einem beliebigen Web-Browser auf jedem Computer oder Tablet-PC ganz ohne Softwareinstallation dar.

Technische Dokumentation

Sie sind schon auf HBM.com registriert? Dann benötigen Sie nur noch Ihre E-Mail-Adresse, um sich einzuloggen. Sie erhalten sofort Zugriff auf die komplette technische Dokumentation von HBM.

[Zum ersten mal hier? Hier können Sie sich anmelden.](#)

QuantumX MX1601B

Datenblätter

Datenblatt										
------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Bedienungsanleitungen

Bedienungsanleitung										
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Bedienungsanleitung - QuantumX CANape Treiber										
Kurzanleitungen	EN	DE	ES	FR	IT	PT	CN	JP	KR	RU
Kurzanleitung										
Zubehör	EN	DE	ES	FR	IT	PT	CN	JP	KR	RU
Modulträger (BPX001, BPX002)										
Mounting case clips (CASECLIP)										
Mounting case protection (CASEPROT)										
Broschüren	EN	DE	ES	FR	IT	PT	CN	JP	KR	RU
Broschüre										
Zertifikate	EN	DE	ES	FR	IT	PT	CN	JP	KR	RU
CE-Konformitätserklärung										
CE-Konformitätserklärung - Typenaufüstung										

Ehrliche Datenblätter: Wir halten unsere Versprechen.

Präzision in Serie: Das gilt auch für die Angaben zu Genauigkeit in unseren Datenblättern. Hier gehen wir bei den Werten nicht von – oft nur theoretisch erfüllbaren – Idealbedingungen beim Einsatz der Sensorik aus, sondern von **realistischen Normalannahmen** – wie Sie eben in Ihrer Anwendung vorkommen. Achten Sie beim Vergleich von Datenblättern mit denen anderer Hersteller deshalb auf das Kleingedruckte!

Firmware und Software-Downloads +

[Hier erhalten Sie die aktuellen Firmware- und Software-Dateien für QuantumX / SomatXR](#)

Angebot anfordern für QuantumX MX1601B +

HBMshop
Preis und Lieferzeit prüfen und
Sofort-Angebot erstellen ➔

Sie haben Fragen?
Lassen Sie sich vom HBM-
Vertrieb beraten ➔

SOFTWARE ➔

DOKUMENTATION ➔

SOFTWARE & FIRMWARE ➔

Lesen Sie die Online-Broschüre
zu QuantumX



Related Products



[HBM QuantumX MX840A](#)



[HBM SomatXR MX1601B-R](#)



[HBM QuantumX Accessories](#)



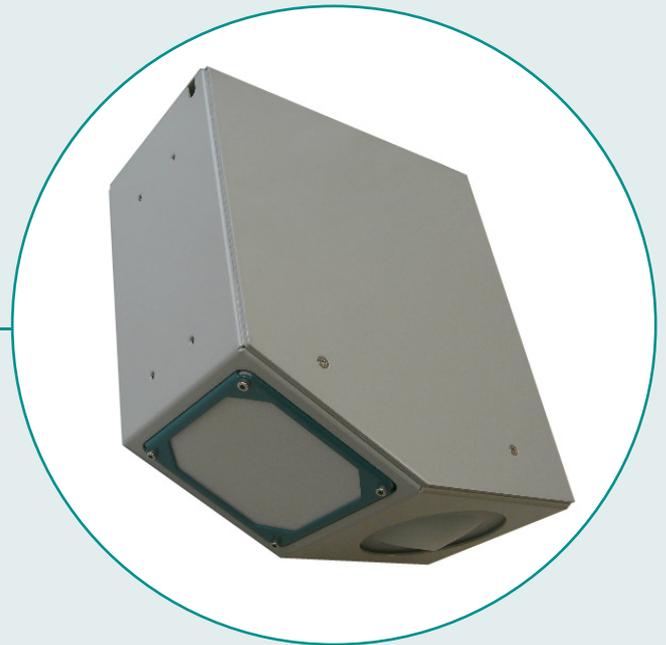
[HBM Software von Drittanbietern](#)

Bestellnummern

1-MX1601B

RQ-30

Berührungslose Abflussmessung für offene Gerinne und Kanäle mit Radartechnologie



Eigenschaften und Vorteile

- » Wartungsfrei
- » Keine baulichen Maßnahmen im Wasserkörper erforderlich
- » Keine Gefährdung des Systems bei Hochwasser
- » Niedriger Energieverbrauch erlaubt Betrieb mit Solarzellen
- » Erkennung der Fließrichtung
- » Messbereich von +/- 0,30 bis +/- 15 m/s
- » Erkennung von Hysterese-Effekten
- » Messung an Stellen mit Rückstauungen
- » Misst auch bei Verkrautung
- » Messung in Ebbe / Flut beeinflussten Gewässern
- » Automatische Winkelmessung
- » Optional: Analoge Ausgänge 4 bis 20 mA

Allgemeines

Einleitung

Mit dem RQ-30 Radarsensor wird kontinuierlich der Abfluss von Fließgewässern und Kanälen ermittelt. Dazu sind zwei berührungslose Radarmessmethoden zur Bestimmung der Oberflächengeschwindigkeit und des Wasserstands im Gerät vereint.



Berührungslos = ausfallsicher = wartungsarm

Aufgrund der berührungslosen Messung ist der Messaufbau nicht durch Geschiebe und Treibgut im Gewässer gefährdet. Dadurch ergibt sich ein sehr wartungsarmer Betrieb und eine erhöhte Ausfallsicherheit vor allem bei Hochwasser.



Anwendung

Montage

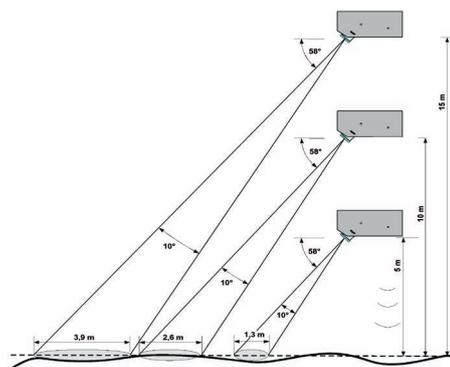
Der Sensor kann einfach an Brücken, Decken von geschlossenen Kanälen oder an Überbauten des Gerinnes montiert werden. Dadurch können auch Standorte gewählt werden, die bisher nur schwer zu realisieren waren.

Kriterien

Die wichtigsten Kriterien von Messstellen sind die Beschaffenheit der Sohle, die Wasseroberfläche und die Strömungsverhältnisse. Die Sohle muss stabil sein, um eine gleichmäßige Messung zu gewährleisten. Die Wasseroberfläche darf weder komplett ruhig, noch extrem aufgewühlt sein, sondern soll einen erkennbaren Wellengang aufweisen. Steine, Strudel, Stufen oder stehende Wellen sollen sich nicht innerhalb der Messfläche befinden.

Messbereich

Je nach Beschaffenheit der Wasseroberfläche kann die maximale Montagehöhe über der Wasseroberfläche bis zu 35 m betragen, wobei ein Mindestabstand von 0,5 m zu berücksichtigen ist. Der messbare Geschwindigkeitsbereich liegt zwischen 0,30 und 15 m/s. Zusätzlich kann die Fließrichtung erkannt werden, wodurch ein Betrieb im Tideneinfluss möglich ist.



Messprinzip

Fließgeschwindigkeit

Die Messung der Fließgeschwindigkeit basiert auf dem Prinzip des Doppler-Effekts. Dabei wird ein Radarsignal mit der konstanten Frequenz von 24 GHz zur Wasseroberfläche gesendet. Das Signal wird teilweise an der Wasseroberfläche reflektiert und aufgrund des Doppler-Effekts durch die Bewegung der Wasseroberfläche in der Frequenz verschoben. Das reflektierte Signal wird einer Spektralanalyse unterzogen und die Oberflächengeschwindigkeit berechnet. Da das Radarsignal in einem Winkel zur Wasseroberfläche gesendet werden muss, erfolgt eine interne Bestimmung des Winkels, mit dem die Geschwindigkeit automatisch korrigiert wird.

Abfluss

Der Abfluss Q wird über die Kontinuitätsgleichung bestimmt:

$$Q = v_m \cdot A(h)$$

Die benetzte Querschnittsfläche $A(h)$ in Abhängigkeit vom Wasserstand wird anhand des Querschnittsprofils der Messstelle ermittelt. Mit dem RQ-30 wird jedoch nicht die mittlere Geschwindigkeit v_m sondern die lokale Oberflächengeschwindigkeit v_l gemessen. Daher wird mit einem Umrechnungsfaktor k die lokale Geschwindigkeit in die mittlere Geschwindigkeit umgerechnet.

$$v_m = v_l \cdot k$$

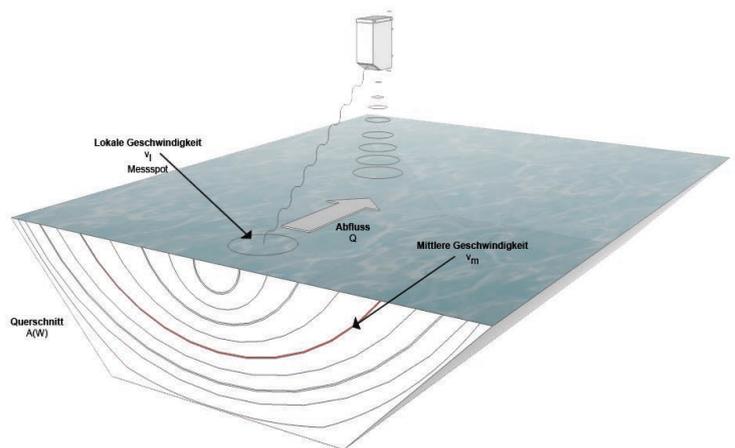
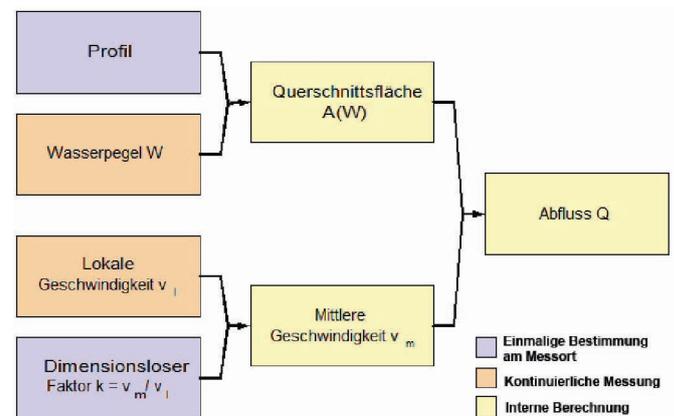
Der k -Faktor k kann entweder über eine Referenzmessung oder eine Modellierung wie zum Beispiel mit dem RQ-Commander bestimmt werden. Die k -Faktoren und Querschnittsflächen werden in Abhängigkeit vom Wasserstand sensorseitig hinterlegt. Dadurch kann der RQ-30 Radarsensor den Abfluss direkt aus der Geschwindigkeit und dem Wasserstand bestimmen und ausgeben.

Der RQ-Commander zieht daher zur Berechnung des Abflusses folgende Gleichung heran:

$$Q = A(h) \cdot v_l \cdot k$$

Wasserpegel

Der Wasserstand wird über eine Laufzeitmessung ermittelt. Dabei sendet das Radargerät kurze Impulse senkrecht auf die Wasseroberfläche. Die Zeitspanne zwischen der Übertragung und dem Empfang des Impulses wird gemessen und daraus die Entfernung zur Wasseroberfläche und somit auch der Wasserstand bestimmt.



Technische Daten

Allgemein	
Dimensionen (mm)	338 x 333 x 154 mm 2 Befestigungsschellen für Rohr mit Ø 34 - 48 mm
Gesamtgewicht	5,4 kg
Schutzklasse	IP 67
Spannungsversorgung	6 ... 30 V
Stromverbrauch bei 12 V	Standby ca. 1 mA aktive Messung ca. 140 mA
Betriebstemperatur	- 35° ... 60° C
Lagertemperatur	- 40° ... 60° C
Blitzschutz	integrierter Blitzschutz

Pegelmessung	
Pegelmessung	<ul style="list-style-type: none"> • 0 ... 15 m - Standard Version • 0 ... 35 m - erweiterter Arbeitsbereich (optional)
Auflösung	1 mm
Genauigkeit	+/- 2 mm
Radarfrequenz	26 GHz (K-Band)
Radaröffnungswinkel	10°

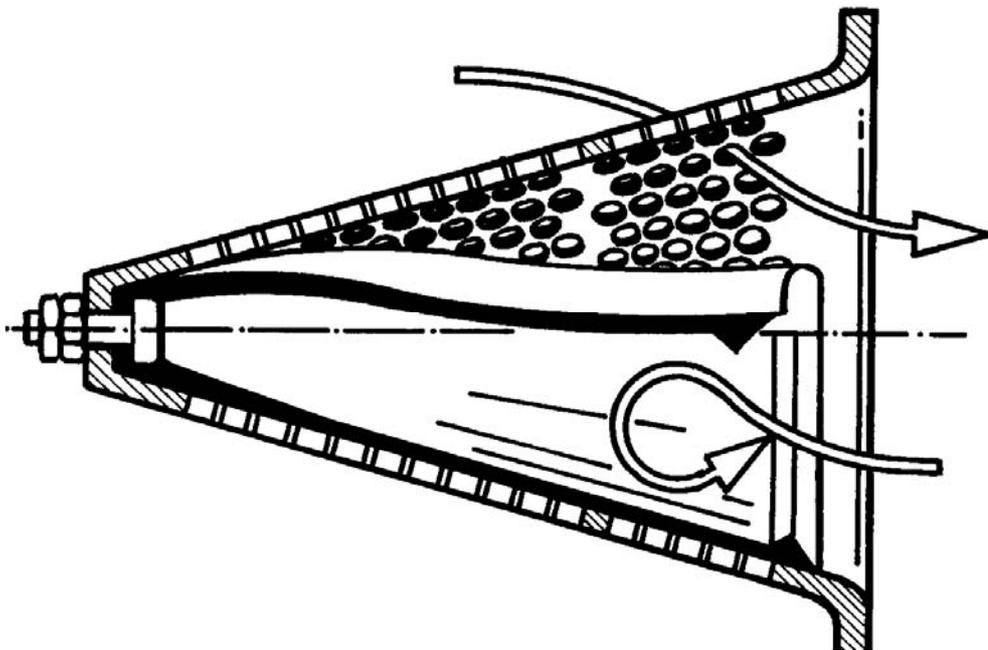
Geschwindigkeitsmessung	
Erfassbarer Messbereich	0,30 ... 15 m/s
Genauigkeit	+/- 0,02 m/s; +/- 1 %
Auflösung	1 mm/s
Richtungserkennung	+/-
Messdauer	5 ... 240 sek.
Messintervall	8 sek. ... 5 h
Messfrequenz	24 GHz (K-Band)
Radaröffnungswinkel	12°
Abstand zur Oberfläche	0,50 ... 35 m
Erforderliche Mindestwellenhöhe	3 mm

Automatische vertikale Winkelkompensation	
Genauigkeit	+/- 1°
Auflösung	+/- 0,1°

Schnittstellen	
Analoge Ausgänge (RQ-30 a)	3 x Ausgang 4- 20 mA für Pegel, Fließgeschwindigkeit und Abflussmenge
Schnittstelle	Schnittstelle: 1x SDI -12 1x RS 485 Übertragung: 1,2 bis 19,2 kBd Protokoll: verschiedene ASCII-Protokolle, Ausgabe: Abflussmenge, Fließgeschwindigkeit, Pegel, Qualitätsparameter

Stop - Silent

“ The point of no return “



stop-silent[®]
Einwegventile

- sicher
- dauerhaft
- bewährt

Lasso Technik AG
Niklaus von Flüe Strasse 33
CH-4059 Basel
Schweiz

Tel. ++41 (0) 61 331 40 90
Fax ++41 (0) 61 331 42 76
Email lasso@lasso.ch
Internet <http://www.lasso.ch>



Eigenschaften

Ventil zur Verhinderung des Rückflusses von flüssigen und gasförmigen Medien.

- sichere und hohe Dichtungseigenschaft der Membrane
- einwandfrei dicht auch mit körnigen Verunreinigungen (Sand)
- lautloses und sanftes Schliessen (geräuscharm, kein Wasserhammer)
- geringer Öffnungsdruck
- keine beweglichen, verschleissanfälligen Teile (unterhaltsarm, langlebig)
- schliesst in Medien in welchen mechanische verkleben (Glykose, Schokolade)
- gute chemische Beständigkeit korrosionsresistent
- einfache günstige Montage, auch nachträglich (zwischen Flanschen)
- wirkt auch als Grobfilter (schützt Pumpen und Anlagen)
- sichert die Durchflussmessung (Messfehler durch Rücklauf ausgeschlossen)
- in jeder Stellung einbaubar

Technische Daten

- Nominaldruck 16 bar
- Temperatur -20° bis +200°C (kein Dampf)
- Geschwindigkeit
Fluide 2.5 m/sec.
Gase 15 m/sec.
- Flüssigkeit Wasser, Öle, Säuren, Basen
- Dimensionen von DN 20 bis DN 600

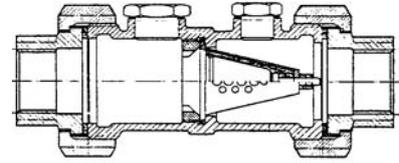
Einsatzgebiete

- Wasserversorgung
- Sanitäre Anlagen
- Heizungsinstallationen
- Boiler, Warmwasser Aufbereitung
- Solartechnik
- Armaturen
- Kompressoren
- Pneumatische Anlagen
- Pumpenanlagen
- Belüftungsventile- und anlagen
- Fussventile
- Wasser- und Durchflussmesser
- Chemischer Apparate- und Anlagenbau
- Prozesstechnik
- Bewässerungsanlagen
- Klimaanlage
- Waschmaschinen
- Kühlwassersysteme
- Feuerwehrausrüstung
- Hydranten
- Wasseraufbereitung

Einbaubeispiele

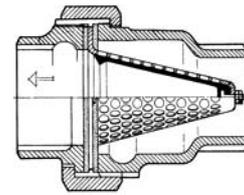
Stop Silent AS NU DN 25 bis DN 100

Der Rückflussverhinderer **AS NU** mit kleinem Flanschdurchmesser, kalibriert für den Einbau in Industrie- und Sanitärarmaturen. Dichtung mit O-Ring auf Flansch Aussenseite.



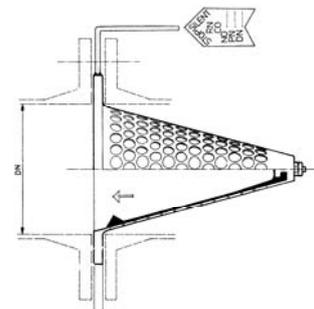
Stop Silent AS 41 DN 25 bis DN 200

Der Rückflussverhinderer **AS 41** wird üblicherweise in Norm- Standardverschraubungen eingebaut.



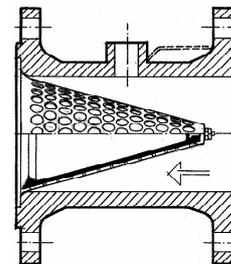
Stop Silent AS 54 DN 40 bis DN 200

Ein **AS 54** kann ohne bauliche Änderung, auch nachträglich, in ein System eingebaut werden und ist eine preisgünstige und schnelle Lösung. Der grosse Flanschdurchmesser des AS 54 zentriert sich mittels der Schrauben einer Flanschenverbindung in Rohrleitungssystemen.



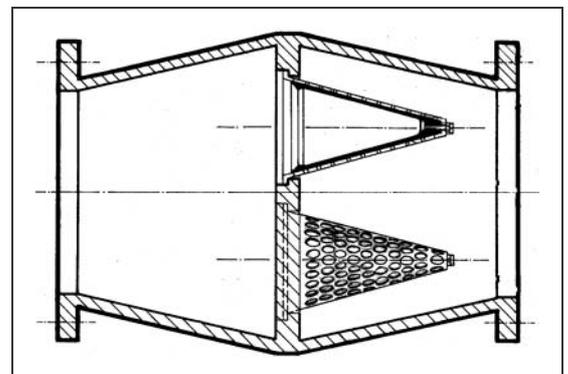
SFL Flanschventil DN 40 bis DN 200

Ab Durchmesser 40 bis 200 werden Flanschventile in Schweisskonstruktionen hergestellt. Für die verzinkte Ausführung ist eine Kontrollmuffe Standard. Diese Gehäuse werden feuerverzinkt, mit Rilsanbeschichtung oder in rostfrei Stahl geliefert.



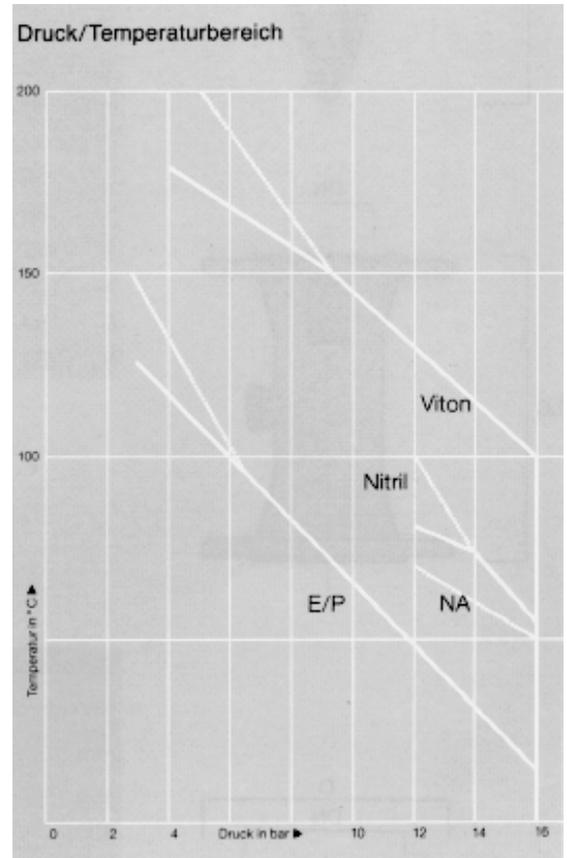
MKV Mehrkegelventil DN 150 bis DN 600

Ab Durchmesser 150 bis 600 werden Mehrkegelventile in Schweisskonstruktionen hergestellt. Diese Ventile haben sehr gute Durchflusswerte. Die Gehäuse werden in Inox, oder mit Rilsanbeschichtung geliefert.



Einsatzbereich Membranmaterialien:

Medium	Membrane		
	EPDM	Nitril	Viton®
Wasser	•		
entionisiertes, enthärtetes oder radioaktives Wasser bis 80°C	•		
Meerwasser bis 40°C	•		
Heisswasser bis 120°C	•		
Chlor und Chlorwasser	•		
chlorierte Sole	•		
Wasser mit Hydrazin	•		
Natronlauge bis max. 30%	•		
Alkohollösung 40% von -10°C bis 40°C	•		
Frostschutzmittel (Aethylen-Glycol)	•		
Stickstoff	•		
Aluminiumsulfatlösung	•		
Phosphorsäure	•		
Ammoniak	•		
Salzsäure bis 4%	•		
Essig und Essigsäure kalt	•		
Wasserstoffper- und-superoxyd	•		
Ozon und ozonisiertes Wasser	•		
Benzin, Super Benzin		•	
Mineralöl bis 80°C		•	
Heizöl		•	
Schmieröl		•	
Spiritus		•	
Propan, Butan		•	
Erdgas		•	
Freon 11 und 12		•	
Schwefelsäure konzentriert			•
Salpetersäure bis 60°C			•
Toluol			•
Xylol			•
Viscoselösung			•



Die ausgezogenen Linien begrenzen den zulässigen Einsatzbereich bei konstanter Belastung. Die punktierten Linien zeigen die kurzfristige Maximalbelastung an.

Membranmaterial	Konst. Belastung	Spitzenbelastung
EPDM (7)	120°C	150°C
Nitril (6)	80°C	100°C
Viton® (3)	180°C	200°C

Ethylen-Propylen EPDM (7)

Für kaltes und warmes Wasser. Auch für kurze Zeit unter Wasserdampf, z.B. für die Sterilisierung von Lebensmitteln.

Nitril (6)

Für Luft und Gas, ölbeständig. Einsatzgebiete : Petrochemie, Solartechnik, Pumpenanlagen für Wärmekraftkopplung.

Viton® (3) Fluorcarbon

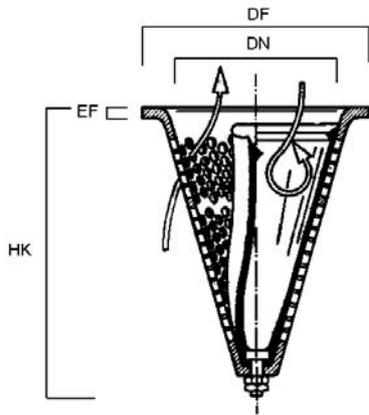
Gute Beständigkeit in einem grossen Bereich von Säuren und Laugen. Verlangen Sie die separate Liste über Anwendungen z.B. in der Chemie.

Einsatzbereiche der Membranmaterialien

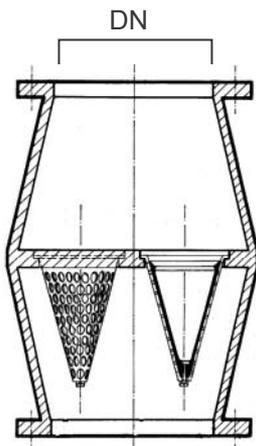
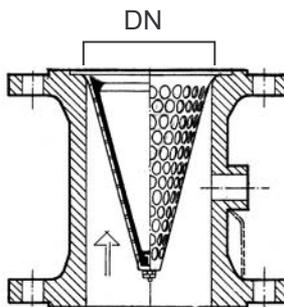
Unsere Angaben beziehen sich auf eine grosse Anzahl von Medien unter normalen Bedingungen. Für weitere Einsatzgebiete und mehr Details fragen Sie ihren Lieferanten und geben Sie folgende Angaben :

1. Art und Viskosität des Mediums
2. Strömungsgeschwindigkeit
3. Maximaler Rückströmdruck
4. Maximaler Strömungsdruck
5. Arbeits- und Temperaturbereich
6. Festkörperanteil und Korngrösse im Fluid

Abmessungen von Standardkegel und Ventilen

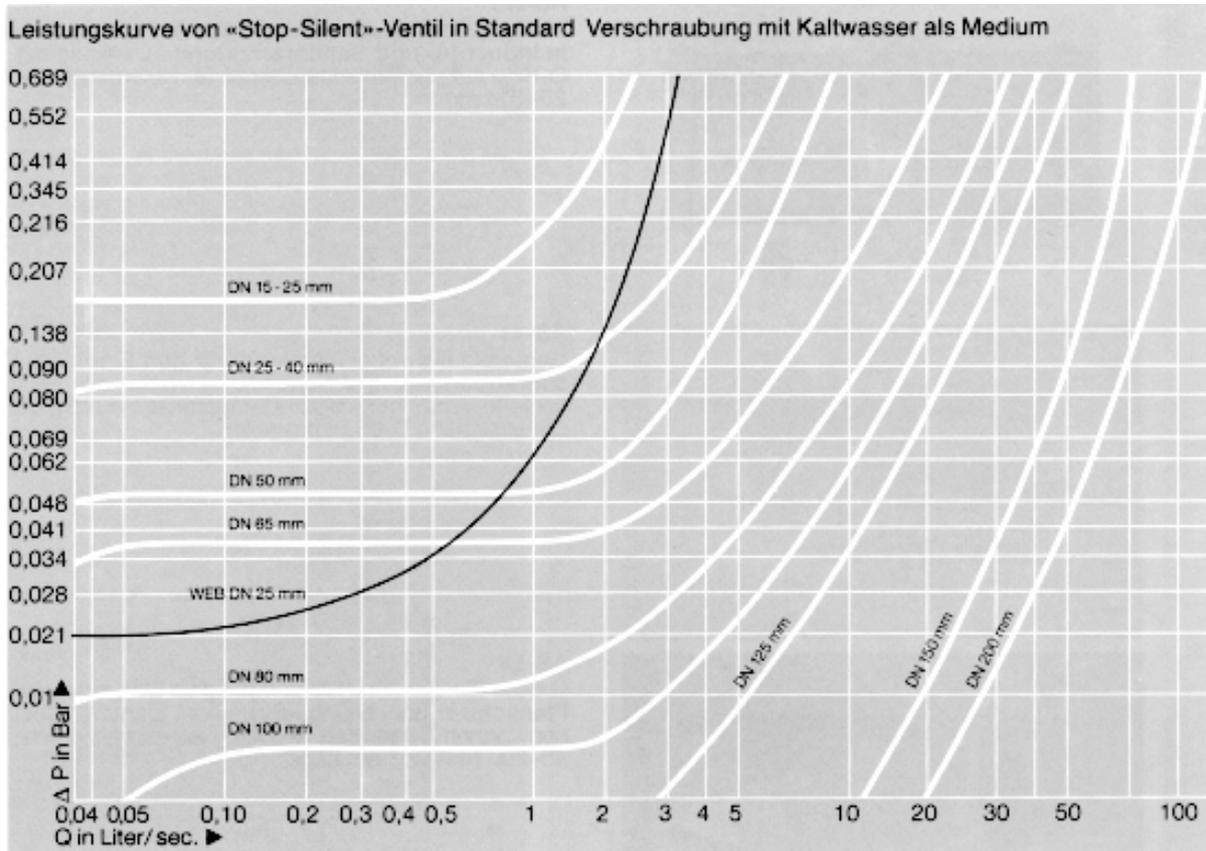


Zoll	mm	AS-NU	AS-41	AS-54	Dicke	Höhe	SFL
	DN	DF	DF	DF	EF	HK	LC
3/4"	20		29		2	32	
1"	25	32	36		2	45	
1 1/4"	32	40	54		2	50	
1 1/2"	40	46	56	82	2	60	100
2"	50	56	65	102	2	80	100
2 1/2"	65	75.5	84	118	2	100	120
3"	80	93	98	132	4	130	150
4"	100	118	130	158	4	170	190
5"	125		160	188	6	220	300
6"	150		192	212	6	270	300
8"	200		244	268	6	365	400



Dimensionen von Mehrkegelventilen					
Nenn Durchmesser DN		Länge	Anzahl Konen*	Flansch PN 10	Flansch PN 16
Zoll	MM			Ø mm	Ø mm
6"	150	400	7 / 65		285
8"	200	500	7 / 80	340	340
10"	250	600	7 / 100	395	405
12"	300	700	8 / 100	445	460
			1 / 150		
14"	350	800	6 / 150	505	520
16"	400	900	7 / 150	565	580
20"	500	1100		670	715
24"	600	1300		780	840

*Anzahl und DN der Konen können abweichen



Lieferprogramm

Stop Silent die geschützte Entwicklung von Lasso Technik AG Basel, werden in verschiedenen Ländern unter Lizenz hergestellt. Ständige Weiterentwicklung garantieren ein Produkt, welches dem neusten Stand der Technik sowie den Anforderungen entsprechen. Ab dem Lager Basel sind die Typen AS-41, AS-54, AS-NU sowie SFL lieferbar. Mehrkegelventile und Spezialanfertigungen werden auf Kundenwunsch hergestellt.

Lasso Technik AG
Niklaus von Flüe Strasse 33
CH-4059 Basel
Schweiz

Tel. ++41 (0) 61 331 40 90
Fax ++41 (0) 61 331 42 76
Email lasso@lasso.ch
Internet <http://www.lasso.ch>

PERSICANER & CO Ges.m.b.H.

1100 WIEN LEEBGASSE 64

Tel: + 43 (0)1 604-01-71 Fax: + 43 (0)1 604-01-71/17

www.persicaner.at e-mail: office@persicaner.at

Schläuche

Kunststoffschläuche mit Spiral

alle Preise in Euro exkl. MwSt.

AIR-SI-ANSAUGSCHLAUCH

Material: PVC dunkelgrau

Eigenschaften: sehr leichter und sehr flexibler PVC-Schlauch mit einer schlag- und druckfesten Hart-PVC-Spirale zum Absaugen und Drucktransport von Luft, Rauch, Dämpfen, Staub, Sägespänen.

Besonders aber geeignet überall dort, wo hohe Beweglichkeit verlangt wird.

Biegeradius: 1 x Außendurchmesser,

Temperaturbeständig:- 10° bis + 50° C



Innendurchmesser Maßangaben in mm	Rollenlänge in m	Vacuumbelastung in m WS	Preis per m in Euro bei Abnahme von		
			ab 1 Rolle	ab 10 m	unter 10 m
10	30	5	1,41	1,76	1,97
13	30	5	1,41	1,76	1,97
16	30	5	1,71	2,14	2,39
20	30	5	1,95	2,44	2,73
22	30	5	2,44	3,05	3,41
25	30	5	2,37	2,96	3,31
30	30	5	3,04	3,80	4,25
32	30	5	3,13	3,91	4,38
35	30	5	3,64	4,55	5,09
38	30	5	3,74	4,68	5,24
40	30	5	3,79	4,74	5,30
45	30	5	6,35	7,94	8,89
50	30	5	6,12	7,65	8,57
55	30	5	8,43	10,54	11,80
60	30	5	7,85	9,82	11,00
63	30	5	8,09	10,11	11,32
65	30	5	9,36	11,69	13,10
70	30	5	9,59	11,98	13,42
75	30	5	9,82	12,27	13,74
80	30	5	10,74	13,43	15,04
90	30	4	12,94	16,17	18,11
100	30	4	13,05	16,31	18,27
110	30	4	16,29	20,36	22,80
120	25	4	17,09	21,37	23,93
125	25	4	17,44	21,80	24,42
130	25	4	21,71	27,14	30,40
140	30	4	21,95	27,43	30,72
150	20	4	23,45	29,31	32,83
160	20	4	25,64	32,05	35,90
180	20	4	31,30	39,13	43,82
200	20	3	34,77	43,46	48,67

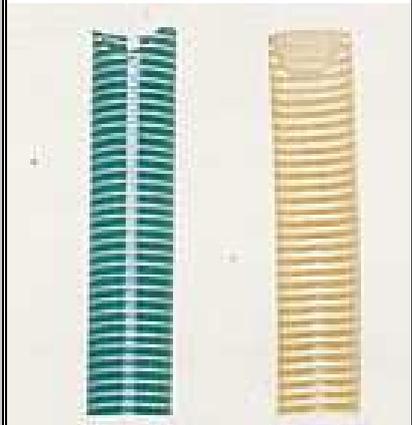
"GARDEN" - SCHLAUCH

Material: PVC, transparent mit elfenbeinfarbener Spirale

Eigenschaften: Besonders robuster PVC-Schlauch mit eingebetteter Hart-PVC Spirale und glatter Innenwandung, außen leicht gewellt. Widerstandsfähig gegen Witterung und einen großen Teil von Chemikalien, lebensmittelecht nach 2002/72/CE (Klasse A,B,C) und 1935/2004/CE

Temperaturbereich: - 15° bis + 60° C

Einsatzbereich: Saug- und Druckschlauch für Flüssigkeiten der Landwirtschaft, für Schlamm, Sand, Süß- und Salzwasser, Insektizide, in der Lebensmittelindustrie für alle fettfreien Getränke und Nahrungsmittel bis maximal 28% Alkoholgehalt.



Innendurchmesser Maßangaben in mm	Rollenlänge in m	Betriebsdruck in bar	Preis per m in Euro bei Abnahme von		
			ab 1 Rolle	ab 10 m	unter 10 m
13	50	11	2,08	2,60	2,91
15	50	10,5	2,36	2,95	3,30
19	50	10	2,51	3,13	3,51
25	50	9,5	2,93	3,67	4,11
30	50	9	4,20	5,26	5,89
32	50	8,5	3,96	4,95	5,55
35	50	8	5,35	6,68	7,49
38	50	8	5,14	6,42	7,20
40	50	7,5	5,44	6,80	7,62
45	50	7	6,93	8,66	9,70
51	50	6,5	7,51	9,38	10,51
55	50	6	9,47	11,84	13,26
60	50	6	9,01	11,26	12,61
63	50	5	11,09	13,86	15,52
65	50	6	11,32	14,15	15,85
70	50	5,5	11,78	14,73	16,49
75	50	5	12,47	15,59	17,46
80	25	5	14,09	17,61	19,73
90	25	4,5	17,33	21,66	24,26
100	25	4	19,29	24,11	27,00
110	25	4	23,68	29,60	33,15
120	25	3,5	25,53	31,91	35,74
125	25	3,5	30,49	38,12	42,69

KLIMASCHLAUCH "PAD-A-1000"

Material: graues PVC beschichtetes Polyamidgewebe mit verdeckt liegender korrosionsgeschützter Stahldrahtspirale
Einsatzbereich: Lüftungs- und Klimaanlage, Heizkanonen, sowie Staub- und Rauchabsaugung
Technische Daten: Luftgeschwindigkeit max. 25 m/s, Höchstdruck: 250 mm WS
Temperaturbeständig: -15° bis +80° C, kurzfristig bis +100°C,
Brandverhalten nach ÖNORM 3800, schwer entflammbar (B1), nicht tropfend (T1), schwach qualmend (Q1), selbstverlöschend
Rollenlänge: 6 m



Innendurchmesser Maßangaben in mm	Preis per m in Euro bei Abnahme von	
	ab 1 Rolle	unter 1 Rolle
51	4,57	6,40
63	5,14	7,20
70	5,29	7,41
75	5,29	7,41
80	5,27	7,37
90	7,97	11,16
100	6,47	9,06
112	8,09	11,32
120	8,55	11,97
127	7,97	11,16
140	9,93	13,91
152	9,36	13,10
160	10,28	14,39
180	13,98	19,57
203	13,05	18,27
225	17,44	24,42
254	18,13	25,39
280	21,60	30,24
300	22,18	31,05
315	22,75	31,85
350	26,80	37,51
406	31,19	43,66
457	35,69	49,97
508	39,39	55,14
558	54,40	76,16
610	61,22	85,70

Absaugschlauch M/F

Material: Polyurethan, verstärkte Ausführung, extrem abriebfest, hydrolyse- und mikrobebeständig, bei Erdung der Drahtspirale antistatische Eigenschaften

Einsatzbereich: hochflexibler Spezialabsaugschlauch für Holzbearbeitungsmaschinen und Absauganlagen

Absaugschlauch FLEX S

Material: SCHWERER Polyurethanschlauch, verstärkt durch Federstahlspirale, innen glatt, außen gewellt, semiflexibel

Temperaturbeständig: -40° bis +90° C

Rollenlänge: 10 m

Lieferzeit: 3 Tage



Innendurchmesser Maßangaben in mm	Preis per m in Euro bei Abnahme von	
	ab 1 Rolle	unter 1 Rolle
50	15,18	22,76
60	15,68	23,52
65	16,92	25,38
70	19,19	28,79
75	19,64	29,46
75 FLEX S	28,58	42,86
80	20,86	31,30
90	23,52	35,28
100	25,77	38,66
100 FLEX S	46,92	70,38
120	29,90	44,85
125	30,89	46,34
140	32,90	49,34
140 FLEX S	63,80	95,70
150	34,88	52,32
160	37,36	56,04
180	42,72	64,08
203	46,71	70,07
200 FLEX S	98,17	147,26
225	57,38	86,07
250	64,54	96,81
305	74,73	112,09

SCHWIMMBADSCHLAUCH "Piscina"

Material: blau, aus Äthylen-Vinyl-Acetat mit Verstärkungswendel aus Polyäthylen, halbglatte Innenwandung, Außenwandung gewellt
Eigenschaften: sehr leichter und sehr flexibler Schlauch, widerstandsfähig gegen Witterungseinflüsse und einen großen Teil von Chemikalien
Einsatzbereich: für Schwimmbad-Reinigungsgeräte
Rollenlänge: 25 m
passende Muffen zur besseren Montage



Innendurchmesser Maßangaben in mm	Preis per m in Euro bei Abnahme von			passende Muffen Preis per Stück in Euro
	ab 1 Rolle	ab 10 m	unter 10 m	
32	auf Anfrage			auf Anfrage
38	auf Anfrage			auf Anfrage
50	auf Anfrage			auf Anfrage

PVC SCHLAUCH MIT STAHLSPIRALE „SPRINGVIN-ARMORVIN“

Material: PVC transparent mit eingebetteter Stahldrahtspirale, innen und außen glatt
Eigenschaften: Hochflexibler und sehr robuster Schlauch mit erhöhter Druckbeständigkeit,
Einsatzbereich: Anwendung für Vakuumpumpen, Bauindustrie, Landwirtschaft- und Werkzeugmaschinen, für Grundwasserabsenkung usw.
Temperaturbeständig: - 15° bis + 65° C



Innendurchmesser x Außendurchmesser Maßangaben in mm	Rollenlänge in m	Druck- belastung in bar	Biegeradius in mm	Preis per m in Euro bei Abnahme von		
				ab 1 Rolle	ab 10 m	unter 10 m
10 x 16,2	50	10	24,3	2,05	3,50	4,38
12 x 18,2	50	10	27,3	2,44	3,84	4,69
14 x 20,2	50	10	30,3	2,50	3,90	auf Anfrage
16 x 22,2	50	10	33,3	2,70	4,08	4,78
18 x 25	50	9	37,5	3,47	4,77	auf Anfrage
20 x 27	50	8,5	40,5	3,59	4,88	5,50
22 x 29,4	50	8,5	44,1	4,11	5,35	auf Anfrage
25 x 33	50	8,5	49,5	4,62	5,81	7,76
30 x 38,4	50	8	57,6	5,78	7,22	9,70
32 x 40,4	50	8	60,3	5,97	7,46	9,98
35 x 43,6	50	8	65,4	6,74	8,42	11,92
38 x 47	50	8	70,5	7,19	8,98	12,47
40 x 50	50	8	100	7,96	9,95	13,03
45 x 54,8	50	8	109,6	10,01	12,51	18,57
50 x 60,8	50	6	121,3	10,46	13,07	18,43
60 x 72	50	5,5	144	14,76	18,45	25,36
70 x 83,4	50	4,5	208,5	17,77	22,22	auf Anfrage
76 x 89,6	50	4	224	17,90	22,38	33,40
80 x 93,6	50	3,5	231,5	25,92	32,40	auf Anfrage
90 x 103,6	30	3,5	257,5	26,37	32,97	auf Anfrage
102 x 118	30	2,5	295	30,48	38,10	52,25
110 x 126	30	2,5	378	34,78	43,47	auf Anfrage
125 x 141,4	30	2,5	424,5	40,75	50,93	auf Anfrage
152 x 170,4	20	2	511,5	57,94	72,43	auf Anfrage
203 x 223	10	1,5	669	82,52		auf Anfrage

**WASCHMASCHINENABLAUFSCHLAUCH
mit Spirale**

Material: hellgrau, gewickelt aus Polypropylen, Seele glatt, außen gewellt
Eigenschaften: Beständig gegen alle handelsüblichen Wasch- und Spülmittelzusätze
Einsatzbereich: Zur Ableitung der Abwässer von Wasch- und Spülmaschinen
Temperaturbeständig: – 10° bis + 95° C
Rollenlänge: 25 m
passende Muffen zur besseren Montage



Innendurchmesser Maßangaben in mm	Preis per m in Euro bei Abnahme von		
	ab 1 Rolle	ab 10 m	unter 10 m
18,5	5,61	7,01	7,85
	Preis per Stück in Euro		
Muffe 18	1,72		
Muffe 22	1,72		

Gecko Hybrid POP

► Flexibler 1-Komponenten Kleb-/Dichtstoff

Merkmale

- Profiqualität
- Sehr hohe Anfangshaftung
- Korrigierbar
- Sehr gut glättbar
- Geruchlos — ungiftig
- Überlackierbar — anstrichverträglich
- Witterungs-, alterungs- und UV-beständig
- Feuchtigkeithärtend
- Lösemittel- und siliconfrei
- Isocyanat- und halogenfrei
- Lebensmittelgeeignet
- Nahezu kein Schrumpfen

Verarbeitungsvorteile

- Keine Fixierung der Füge-teile notwendig
- Verklebung ca. 20 Minuten korrigierbar
- „Nass in Nass“ überlackierbar
- Unter Wasser verarbeitbar
- Verklebte Bleche können wegen der guten Temperaturbelastbarkeit pulverbeschichtet werden

Anwendungsbereiche

- Abdichtungen und spannungsfreie Kombinationsverklebungen im Fahrzeug-, Karosserie- und Containerbau
- Anwendungen im lebensmittelnahen Bereich
- Vibrationsfestes Anbringen von Schildern und Beschriftungen
- Verklebung von Dämmstoffen
- Natursteinverklebungen
- Spiegelverklebungen
- Montage von Photovoltaikanlagen

Neue Rezeptur



weiß



schwarz



grau



beige



braun

Gecko Hybrid POP

Inhalt 290 ml
Art.-Nr. 245 310 x

Einsatzbereich

- ▶ Installationshandwerk
- ▶ Betonbau und Baugewerbe
- ▶ Karosserie- und Fahrzeugbau
- ▶ Wohnwagen- und Containerbau
- ▶ Industrie
- ▶ GaLa Bau
- ▶ Glasereien

Verarbeitung

beko Gecko Hybrid POP mit einer handelsüblichen Kartuschenpresse auf die zu verklebenden Teile auftragen und zusammenfügen. Die Verklebung hält sofort. Die Positionierung der Bauteile kann 20 Minuten angepasst werden. Um optimale Ergebnisse zu erzielen, müssen die Klebeflächen tragfähig, staub- und fettfrei sein. Bei der Verarbeitung von **beko Gecko Hybrid POP** eine Oberflächentemperatur von +5° C nicht unterschreiten. Für optimale Fugendimensionierung die DIN 18540 beachten. Zur Verhinderung einer Dreiflankenhaftung sollte **beko Hinterfüllmaterial** verwendet werden. **beko Gecko Hybrid POP** ist anstrichverträglich und überstreichbar mit den meisten Lacken (Vorversuche empfohlen).

Hinweise

- ▶ Sehr gute Beständigkeit gegen Wasser, Öle, Fette, verdünnte organische Säuren und Laugen, Salzwasser, Schimmel und Bakterien.
- ▶ Vor der Anwendung Haftprüfungen und Eigenversuche durchführen.
- ▶ Nicht geeignet für die Verklebung von PP, PE, Bitumen und PTFE.
- ▶ Durch die Verwendung von **beko Gecko Primer** kann die Oberflächenhaftung verbessert werden.
- ▶ Bei nicht fach- und sachgerechter Anwendung ist jede Produkthaftung ausgeschlossen.
- ▶ Nur für professionellen und industriellen Gebrauch.
- ▶ Sicherheitsdatenblatt beachten!

Technische Daten

Basis	1-Komponenten Hybrid PolyOxyPropylen					
Verarbeitbar	ab +5° C bis max. +40° C					
Temperatur	beständig von -40° C bis +90° C, kurzfristig (max. 10 Min.) bis +200° C im ausgehärteten Zustand					
Hautbildezeit	ca. 5 bis 10 Minuten bei Normalklima (+23° C/50% relative Luftfeuchte)					
Aushärtung	ca. 3,0 mm in 24 Stunden; ca. 4,5 mm in 48 Stunden (+23° C/50% relative Luftfeuchte)					
Dichte	ca. 1,50 ±0,02 g/cm ³					
Shore-A-Härte	ca. 51 ±3					
Bruchdehnung	≥ 450% (nach DIN 53504 S2)					
Zugfestigkeit	≥ 2,0 N/mm ² (nach DIN 53504 S2)					
Modul bei 100%	≥ 0,8 N/mm ² (nach DIN 53504 S2)					
Haltbarkeit	ungeöffnet 12 Monate; im geschlossenen Karton 15 Monate					
Lagerung	kühl und trocken, vor Hitze schützen					
Inhalt / Verpackung	12 Stück/Karton		1140 Stück/Palette			
Farben / Bestellnummer	Farbe	weiß	schwarz	grau	beige	mittelbraun/terrakotta
	Art.-Nr.	245 310 1	245 310 2	245 310 3	245 310 4	245 310 5

Technische Änderungen vorbehalten!

Druckdatum: September 2014.

Mit Erscheinen dieser Ausgabe verlieren alle vorherigen Ausgaben ihre Gültigkeit.



Online-Katalog:



PRODUKTBECHREIBUNG

LOCTITE[®] 262[™] besitzt die folgenden Produkteigenschaften:

Technologie	Acrylat
Chemische Basis	Dimethacrylatester
Aussehen (unausgehärtet)	Rot, flüssig ^{LMS}
Fluoreszenz	Ja, unter UV-Licht ^{LMS}
Komponenten	Einkomponentig - kein Mischen erforderlich
Viskosität	Mittel, thixotrop
Aushärtung	anaerob
Sekundärhärtung	Aktivator
Anwendung	Schraubensicherung
Festigkeit	Mittel bis hoch

LOCTITE[®] 262[™] wird zum dauerhaften Sichern und Dichten von Gewindeverbindungen eingesetzt. Das Produkt härtet unter Luftabschluss zwischen enganliegenden Metallflächen aus und verhindert selbständiges Losdrehen und Undichtheiten durch Stöße und Vibrationen. Typische Anwendungen sind u.a das Sichern und Abdichten von großen Schrauben und Stehbolzen (bis M25). Durch sein thixotropes Verhalten verringert LOCTITE[®] 262[™] das Abwandern des flüssigen Produktes nach der Auftragung auf das Bauteil.

Mil-S-46163A

LOCTITE[®] 262[™] wird chargenweise nach den Anforderungen der Mil-S-46163A geprüft. **Hinweis:** Dies ist eine regionale Freigabe. Wenn Sie weitere Klarstellung und Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen technischen Service.

ASTM D5363

Alle in Nordamerika hergestellten Klebstoffchargen werden gemäß den in Abs. 5.1.1 und 5.1.2 festgelegten allgemeinen Anforderungen sowie den in Abs. 5.2 festgelegten speziellen Anforderungen geprüft

NSF International

Freigegeben nach NSF Kategorie P1 für zum Einsatz als Dichtstoff in der Lebensmittelverarbeitung in Bereichen, wo kein Kontakt mit Lebensmitteln möglich ist. **Hinweis:** Dies ist eine regionale Freigabe. Wenn Sie weitere Klarstellung und Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen technischen Service.

MATERIALEIGENSCHAFTEN

Spez. Dichte bei 25 °C	1,1
Flammpunkt - siehe Sicherheitsdatenblatt	
Viskosität, Brookfield - RVT, 25 °C, mPa·s (cP):	
Spindel 3, bei 20 U/min, Helipath	1.200 bis 2.400 ^{LMS}
Viskosität, EN 12092 - MV, 25 °C, nach 180 s, mPa·s (cP):	
Schergeschwindigkeit 129 s ⁻¹	400

TYPISCHE AUSHÄRTEEIGENSCHAFTEN

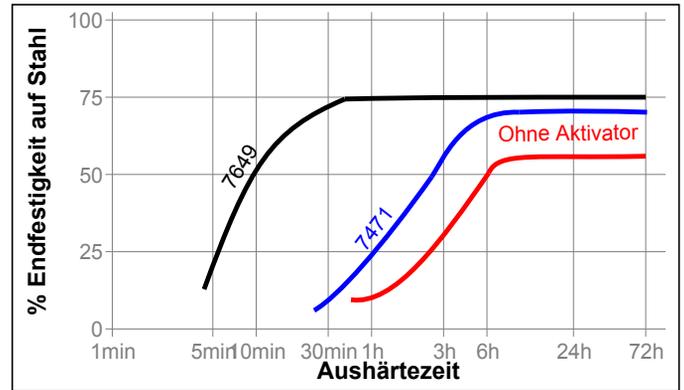
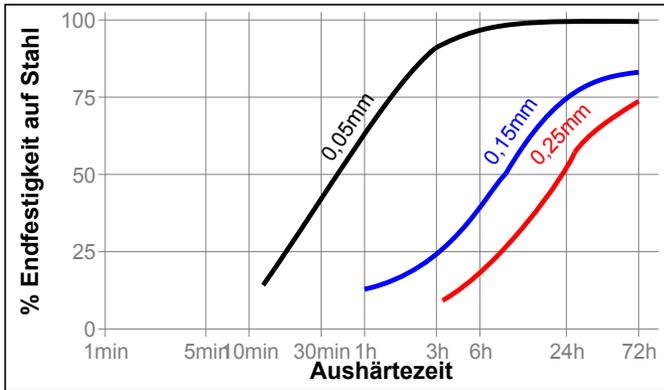
Aushärtegeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Material

Die Aushärtegeschwindigkeit ist abhängig von der verwendeten Materialoberfläche. Das untenstehende Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung der Losbrechfestigkeit bei Stahlschrauben und -muttern M10 verglichen mit anderen Materialien. Geprüft gemäß ISO 10964.



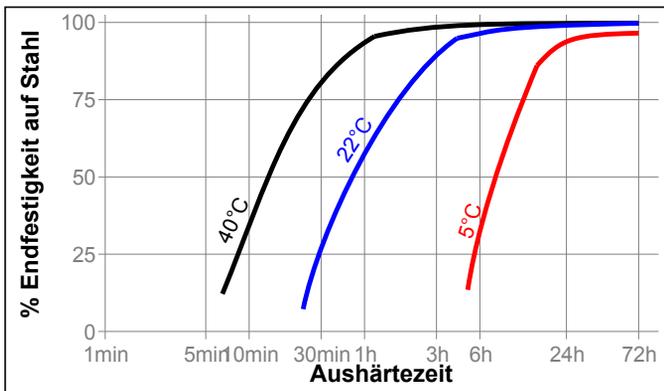
Aushärtegeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Spalt

Die Aushärtegeschwindigkeit ist abhängig vom Klebspalt. Spalten in Schraubverbindungen sind abhängig von Gewindetyp, Qualität und Größe. Das folgende Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung der Scherfestigkeit auf Wellen und Naben aus Stahl bei unterschiedlichen Spalten. Geprüft gemäß ISO 10123.



Aushärtegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Aushärtegeschwindigkeit ist abhängig von der Temperatur. Das untenstehende Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung der Losbrechfestigkeit bei Stahlschrauben und -muttern M10 bei unterschiedlichen Temperaturen. Geprüft gemäß ISO 10964.



Aushärtegeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Aktivator

Ist die Aushärtegeschwindigkeit zu langsam, oder sind große Spalten vorhanden, kann durch Einsatz eines Aktivators die Aushärtung beschleunigt werden. Das untenstehende Diagramm zeigt die zeitliche Entwicklung der Losbrechfestigkeit bei Zinkdichromat beschichteten Stahlschrauben und -muttern M10 unter Verwendung von Aktivator 7471 und 7649. Geprüft gemäß ISO 10964.

TYPISCHE EIGENSCHAFTEN IM AUSGEHÄRTETEN ZUSTAND

Physikalische Eigenschaften:

Wärmeausdehnungskoeffizient, ASTM D 696, K ⁻¹	80×10 ⁻⁶
Wärmeleitfähigkeitskoeffizient, ASTM C 177, W/(m·K)	0,1
Spezifische Wärmekapazität, kJ/(kg·K)	0,3

FUNKTIONSEIGENSCHAFTEN IM AUSGEHÄRTETEN ZUSTAND

Eigenschaften

Nach 24 Stunden bei 22 °C.

Losbrechmoment ohne Vorspannung, ISO 10964:

Stahlschrauben und -muttern M10	N·m	22
	(lb.in.)	(190)

Weiterdrehmoment, ISO 10964:

Stahlschrauben und -muttern M10	N·m	32
	(lb.in.)	(280)

Losbrechmoment, ISO 10964,

Anzugsmoment 5 N·m:

Stahlschrauben und -muttern M10	N·m	38
	(lb.in.)	(340)

Max. Weiterdrehmoment unter Vorspannung, ISO 10964,

Anzugsmoment 5 N·m:

Stahlschrauben und -muttern M10	N·m	40
	(lb.in.)	(350)

Druckscherfestigkeit, ISO 10123:

Wellen und Naben aus Stahl	N/mm ²	≥10 ^{LMS}
	(psi)	(≥1.450)

Nach 1 Stunde bei 22 °C

Druckscherfestigkeit, ISO 10123:

Wellen und Naben aus Stahl	N/mm ²	≥3 ^{LMS}
	(psi)	(≥435)

BESTÄNDIGKEIT GEGEN UMGEBUNGSEINFLÜSSE

Aushärtezeit 1 Woche bei 22 °C

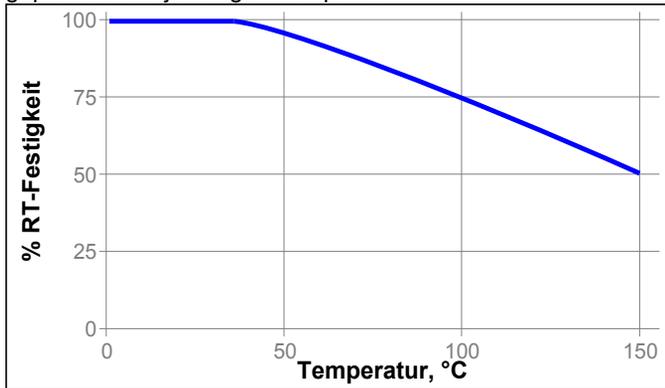
Losbrechmoment , ISO 10964,

Anzugsmoment 5 N·m:

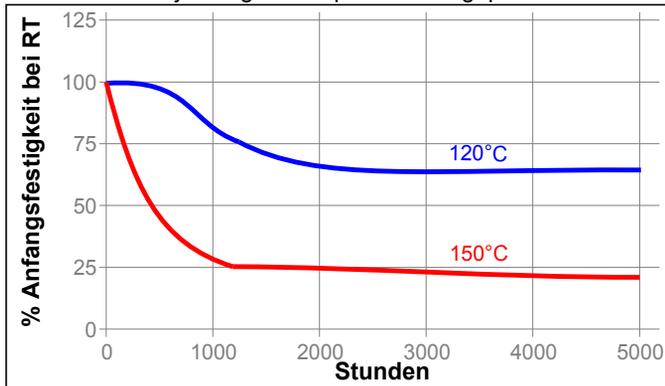
zinkphosphatierte Muttern und Schrauben M10:

Temperaturfestigkeit

geprüft bei der jeweiligen Temperatur

**Wärmealterung**

Gealtert bei der jeweiligen Temperatur und geprüft bei 22°C

**Beständigkeit gegen Medien**

Alterungstest wie beschrieben und geprüft bei 22°C.

Medium	°C	% Anfangsfestigkeit			
		100 h	500 h	1000 h	5000 h
Motoröl	125	85	85	75	75
Verbleites Benzin	22	100	100	100	100
Bremsflüssigkeit	22	100	100	100	100
Wasser/Glycol 50/50	87	100	85	85	85
Aceton	22	95	95	95	95
Ethanol	22	95	95	95	95
DEF (AdBlue)	22		128	140	125

ALLGEMEINE INFORMATION

Dieses Produkt ist nicht geeignet für reinen Sauerstoff und/oder sauerstoffangereicherte Systeme und sollte nicht als Dichtstoff für Chlor oder stark oxidierende Medien gewählt werden.

Sicherheitshinweise zu diesem Produkt entnehmen Sie bitte dem Sicherheitsdatenblatt.

Wenn die zu verklebenden Oberflächen vorher mit einem wässrigen Reinigungssystem gereinigt werden, ist darauf zu achten, dass die Verträglichkeit zwischen Reiniger und Kleb- bzw. Dichtstoff gegeben ist. In manchen Fällen können diese wässrigen Reiniger die Aushärtung bzw. die Eigenschaften des Klebstoffes beeinträchtigen.

Dieses Produkt wird nicht für Kunststoffe empfohlen (insbesondere bei thermoplastischen Materialien können Spannungsrisse auftreten). Dem Anwender wird empfohlen, vorher die Verträglichkeit mit solchen Materialien zu prüfen.

Gebrauchshinweise**Montage**

1. Zur Erzielung optimaler Ergebnisse alle Oberflächen (innen und aussen) mit einem Loctite® Reiniger reinigen und trocknen lassen.
2. Bei inaktiven Metalloberflächen oder zu langsamer Aushärtegeschwindigkeit alle Gewinde mit Aktivator 7471 oder 7649 besprühen und trocknen lassen.
3. Produkt vor Gebrauch gründlich schütteln.
4. Um ein Verstopfen der Düse durch ausgehärtetes Produkt zu vermeiden, darf die Spitze bei der Auftragung keine Metalloberflächen berühren.
5. **Bei Durchgangsbohrungen** mehrere Tropfen dort auf die Schraube auftragen, wo die Mutter sitzen wird.
6. **Bei Sacklochbohrungen** mehrere Tropfen innen entlang des Gewindes bis auf den Bohrungsgrund auftragen.
7. **Bei Dichtanwendungen** Produkt 360° ringförmig auf den Gewindeanfang des Außengewindes auftragen, dabei den ersten Gewindegang frei lassen. Material bis auf den Gewindegrund streichen, um die Zwischenräume gut auszufüllen. Bei größeren Gewinden und Zwischenräumen Produktmenge entsprechend anpassen und Produkt auch 360° ringförmig auf das Innengewinde auftragen.
8. Teile wie gewohnt montieren und festziehen.

Demontage

1. Mutter oder Schraube lokal auf ca. 250 °C erwärmen. Im erwärmten Zustand demontieren.

Reinigung

1. Ausgehärtetes Produkt kann durch Anquellen mit einem Loctite Lösungsmittel und anschließende mechanische Bearbeitung z.B. mit einer Drahtbürste entfernt werden.

Loctite Material-Spezifikation LMS

LMS vom 7. Februar 1996. Prüfberichte über die angegebenen Eigenschaften sind für jede Charge erhältlich. LMS-Prüfberichte enthalten ausgewählte, im Rahmen der Qualitätskontrolle festgelegte Prüfwerte, die als relevant für Kunden-Spezifikationen erachtet werden. Darüber hinaus sind umfassende Kontrollmaßnahmen in Kraft, die eine gleichbleibend hohe Produktqualität gewährleisten. Spezifikationen unter Berücksichtigung von speziellen Kundenwünschen können über die Qualitätsabteilung von Henkel koordiniert werden.

Lagerung

Produkt im ungeöffneten Behälter in trockenen Räumen lagern. Hinweise zur Lagerung können sich auf dem Etikett des Produktbehälters befinden.

Optimale Lagerung: 8 °C bis 21 °C Durch Lagerung unter 8°C und über 28°C können die Produkteigenschaften nachteilig beeinflusst werden.

Aus dem Gebinde entnommenes Produkt kann beim Gebrauch verunreinigt worden sein. Deshalb keine Produktreste in den Originalbehälter zurückschütten. Henkel kann keine Haftung für Material übernehmen, das verunreinigt oder in einer Weise gelagert wurde, die von den oben aufgeführten Bedingungen abweicht. Wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen technischen Service oder den Kundenbetreuer vor Ort.

Umrechnungsfaktoren

$(^{\circ}\text{C} \times 1.8) + 32 = ^{\circ}\text{F}$
 $\text{kV/mm} \times 25.4 = \text{V/mil}$
 $\text{mm} / 25.4 = \text{inches}$
 $\mu\text{m} / 25.4 = \text{mil}$
 $\text{N} \times 0.225 = \text{lb}$
 $\text{N/mm} \times 5.71 = \text{lb/in}$
 $\text{N/mm}^2 \times 145 = \text{psi}$
 $\text{MPa} \times 145 = \text{psi}$
 $\text{N}\cdot\text{m} \times 8.851 = \text{lb}\cdot\text{in}$
 $\text{N}\cdot\text{m} \times 0.738 = \text{lb}\cdot\text{ft}$
 $\text{N}\cdot\text{mm} \times 0.142 = \text{oz}\cdot\text{in}$
 $\text{mPa}\cdot\text{s} = \text{cP}$

Haftungsausschluss**Hinweis:**

Die vorstehenden Angaben in diesem technischen Datenblatt (TDS), insbesondere Vorschläge für die Verarbeitung und den Einsatzbereich unserer Produkte, beruhen auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Auf Grund der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten und der außerhalb unseres Einflussbereiches liegenden Einsatz- und Arbeitsbedingungen übernehmen wir keine Haftung für die Eignung unserer Produkte für die relevanten Produktionsverfahren unter den konkreten Arbeitsbedingungen sowie die beabsichtigten Verarbeitungszwecke und Ergebnisse. Um eine solche Eignung sicherzustellen empfehlen wir in jedem Fall ausreichende vorherige Eigenversuche und Tests.

Jede aus den Hinweisen in diesem technischen Datenblatt und jede aus sonstiger schriftlicher oder mündlicher Beratung für das vorliegende Produkt resultierende Haftung ist ausdrücklich ausgeschlossen, es sei denn, dass individualvertraglich etwas anderes vereinbart wurde, ein Fall der Verletzung von Leib, Leben oder Gesundheit vorliegt, uns Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt oder eine Haftung nach zwingendem Produkthaftungsrecht besteht.

Bei Lieferung unserer Produkte durch Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS und Henkel France SA beachten Sie bitte zusätzlich folgendes:

Für den Fall, dass Henkel dennoch, aus welchem Rechtsgrund auch immer, in Anspruch genommen wird, ist die Haftung von Henkel in jedem Fall beschränkt auf den Wert der jeweils betroffenen Lieferung.

Bei Lieferung unserer Produkte durch Henkel Colombiana, S.A.S.

findet Folgendes Anwendung:

Die vorstehenden Angaben in diesem technischen Datenblatt (TDS), insbesondere Vorschläge für die Verarbeitung und den Einsatzbereich unserer Produkte, beruhen auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Wir übernehmen keine Haftung für die Eignung unserer Produkte für die relevanten Produktionsverfahren unter den konkreten Arbeitsbedingungen sowie die beabsichtigten Verarbeitungszwecke und Ergebnisse. Um eine solche Eignung sicherzustellen empfehlen wir in jedem Fall ausreichende vorherige Eigenversuche und Tests.

Jede aus den Hinweisen in diesem technischen Datenblatt und jede aus sonstiger schriftlicher oder mündlicher Beratung für das vorliegende Produkt resultierende Haftung ist ausdrücklich ausgeschlossen, es sei denn, dass individualvertraglich etwas anderes vereinbart wurde, ein Fall der Verletzung von Leib, Leben oder Gesundheit vorliegt, uns Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt oder eine Haftung nach zwingendem Produkthaftungsrecht besteht.

Bei Lieferung unserer Produkte durch Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc. oder Henkel Canada Corporation, findet Folgendes Anwendung:

Die hierin enthaltenen Daten dienen lediglich zur Information und gelten nach bestem Wissen als zuverlässig. Wir können jedoch keine Haftung für Ergebnisse übernehmen, die von anderen erzielt wurden, über deren Methoden wir keine Kontrolle haben. Der Anwender selbst ist dafür verantwortlich, die Eignung von hierin erwähnten Produktionsmethoden für seine Zwecke festzustellen und Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen, die zum Schutz von Sachen und Personen vor den Gefahren angezeigt wären, die möglicherweise bei der Handhabung und dem Gebrauch dieser Produkte auftreten. **Dementsprechend lehnt die Firma Henkel im besonderen jede aus dem Verkauf oder Gebrauch von Produkten der Firma Henkel entstehende ausdrücklich oder stillschweigend gewährte Garantie ab, einschließlich aller Gewährleistungsverpflichtungen oder Eignungsgarantien für einen bestimmten Zweck. Die Firma Henkel lehnt im besonderen jede Haftung für Folgeschäden oder mittelbare Schäden jeder Art ab, einschließlich entgangener Gewinne.**

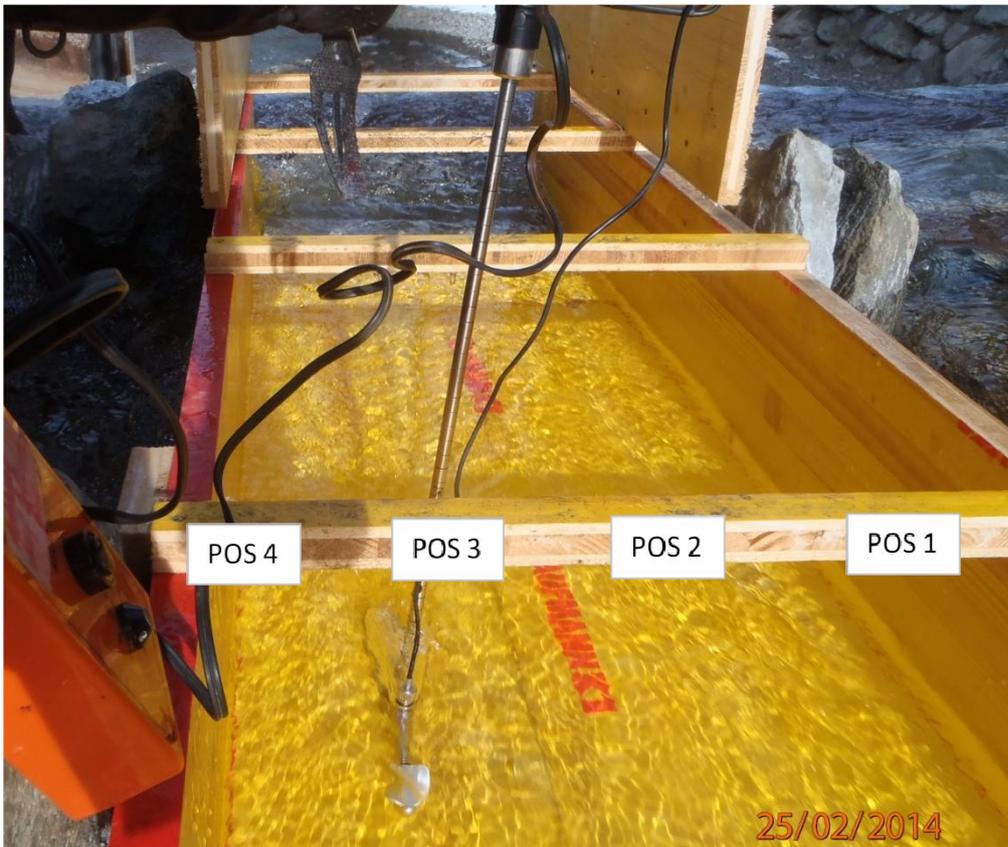
Die Tatsache, dass hier verschiedene Verfahren oder Zusammensetzungen erörtert werden, soll nicht zum Ausdruck bringen, dass diese nicht durch Patente für andere geschützt sind, bzw. unter Patenten der Firma Henkel lizenziert sind, die solche Verfahren oder Zusammensetzungen abdecken. Wir empfehlen jedem Interessenten, die von ihm beabsichtigte Anwendung vor dem serienmäßigen Einsatz zu testen und dabei diese Daten als Anleitung zu benutzen. Dieses Produkt kann durch eines oder mehrere in- oder ausländische Patente oder Patentanmeldungen geschützt sein.

Verwendung von Warenzeichen

Sofern nicht anderweitig ausgewiesen sind alle in diesem Dokument genannten Marken solche der Henkel Corporation in den USA und in anderen Ländern. Mit © gekennzeichnet sind alle beim US- Patent- und Markenamt registrierte Marken.

Referenz 0.7

B Dokumentation zur Abflussmessung



1. Allg. Angaben

Versuchsdurchführung

25.02.2014

Messflügel:

Nr. 102950, Inventar IAN Boku

Flügelgleichung

:

$$V := 0,0651 + 0,1012 \cdot \left(\frac{n}{30} \right)$$

2. Geometrische Angaben

Breite der Versuchrinne [cm]
50

Position	Randabstand [cm]	Wassertiefe [cm]	Feldbreite [cm]
1	10	5,5	15
2	20	-	10
3	30	-	10
4	40	6	15

3. Dokumentation der Messwerte

Position	Anzahl der Umdrehungen	berechnete Wassertiefe
	[n]	[cm]
1	565	5,6
2	577	5,7
3	577	5,8
4	571	5,9

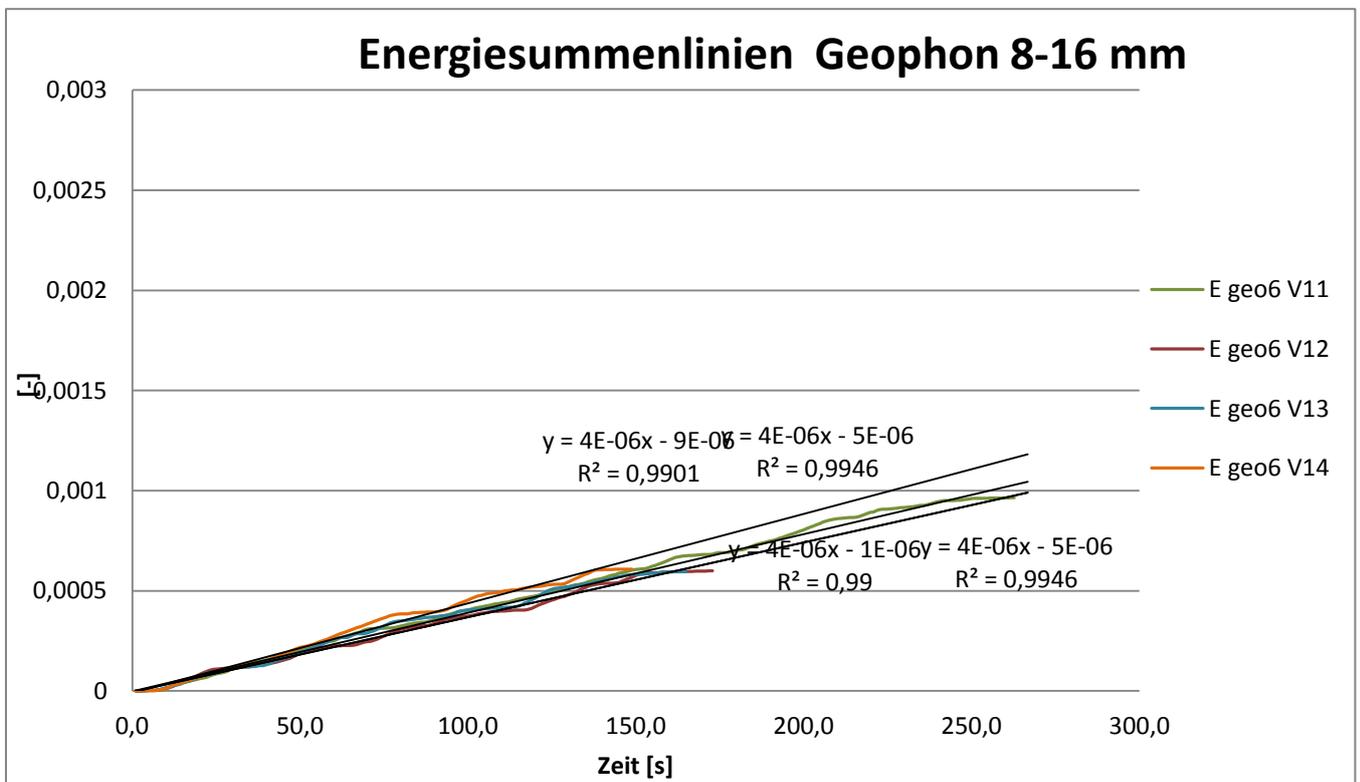
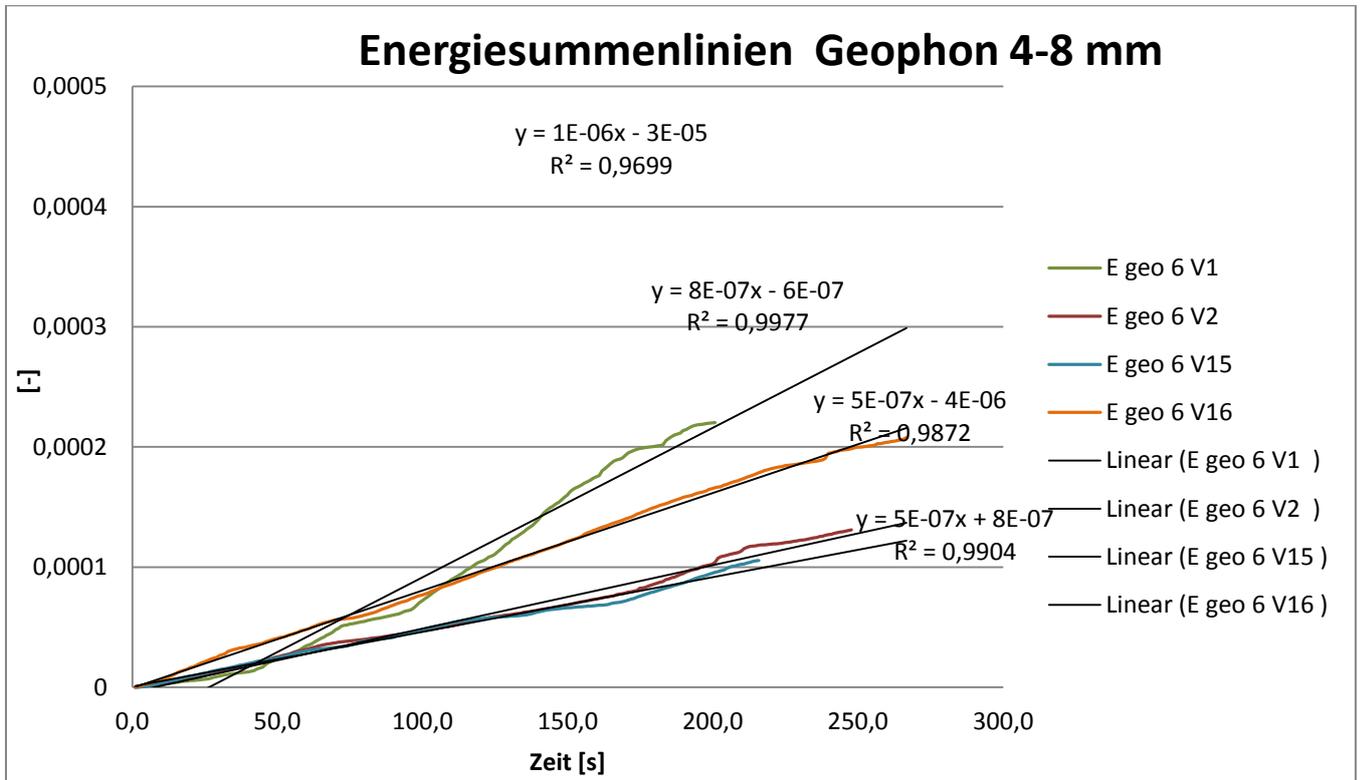
4. Berechnung der Fließgeschwindigkeit, der Teilquerschnitte und der Teilabflüsse

Position	Fließgeschwindigkeit	Teilquerschnitte	Teilabflüsse
	[m/s]	[m ²]	[m ³ /s]
1	1,97	0,0084	0,016548
2	2,01	0,0057	0,011457
3	2,01	0,0058	0,011658
4	1,99	0,00885	0,0176115

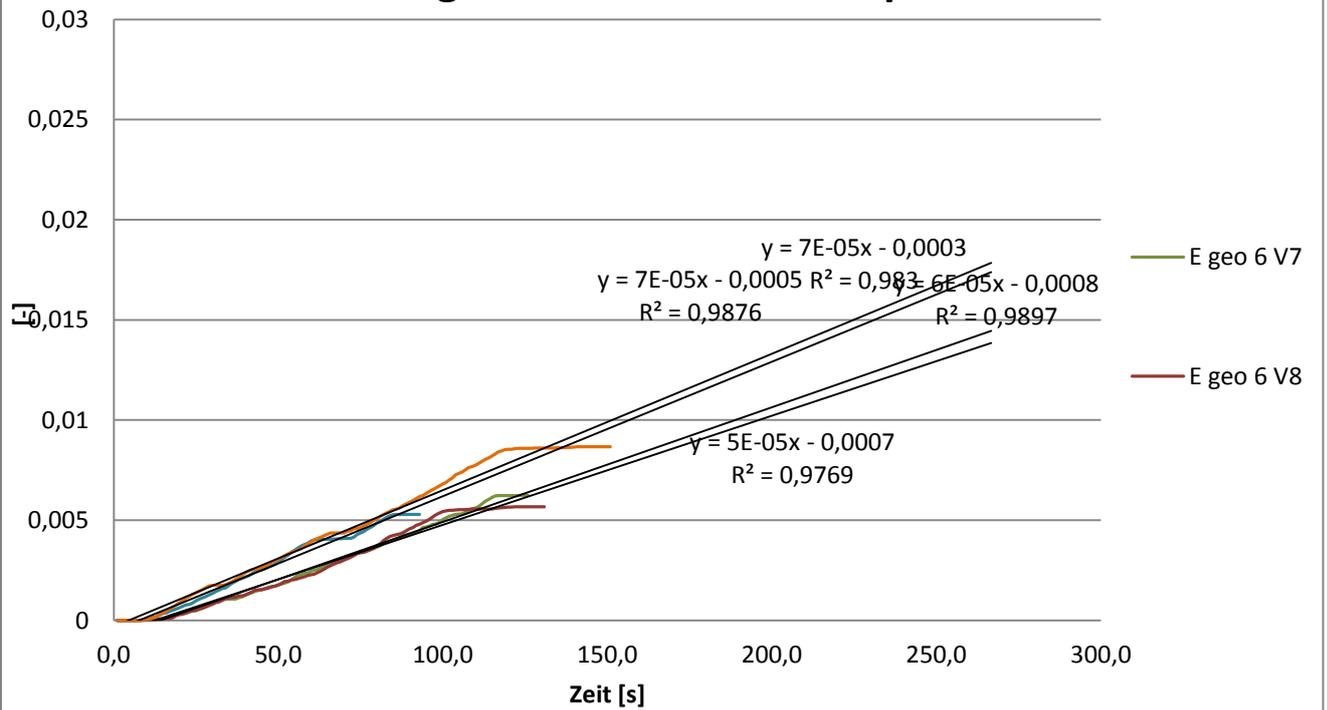
5. Berechnung des Abflusses in der Rinne und des spezifischen Abflusses

mittlere Wassertiefe	5,75	[cm]
mittlere Fließgeschwindigkeit	1,995	[m/s]
Gesamtabfluss in Rinne	0,0573	[m ³ /s]
Spezifischer Abfluss	0,1146	[m ³ /s und m]
Spezifischer Abfluss	114,6	[l/s und m]
Froude Zahl Fr	0,901	[-]

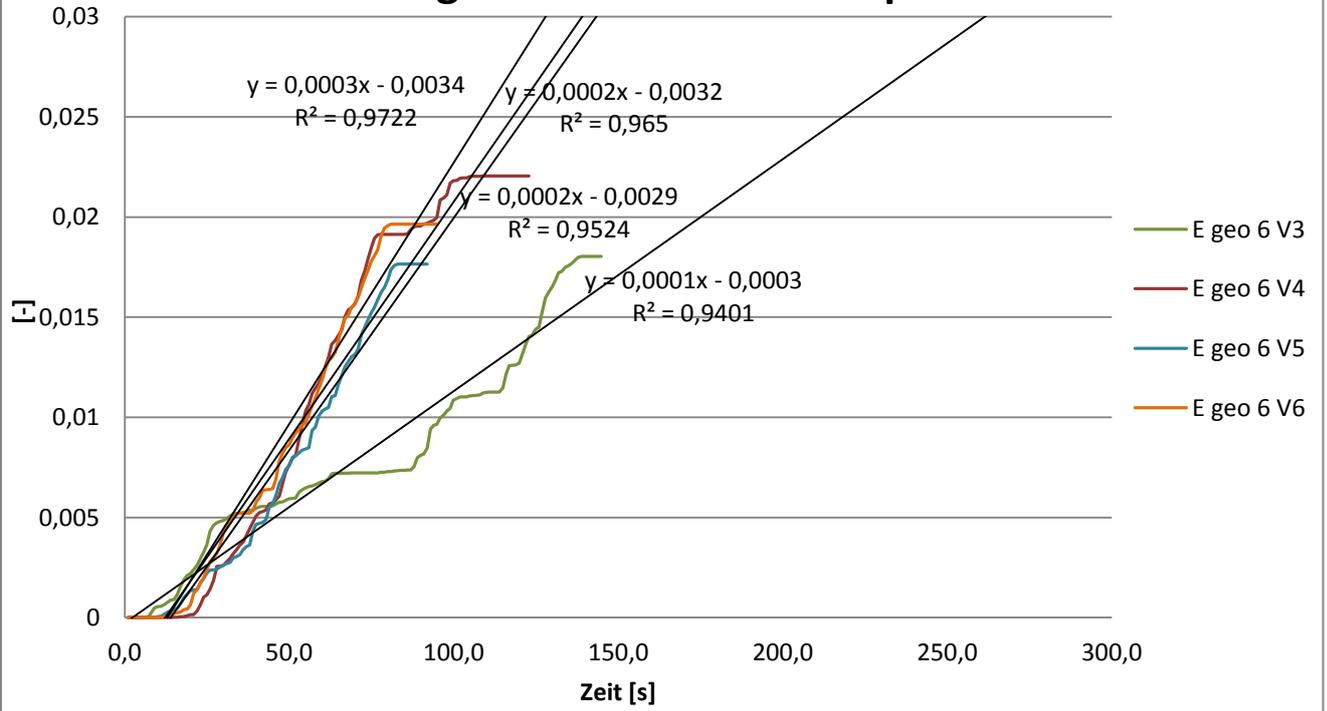
C Grundlage für die Aussage der Reproduzierbarkeit der Versuche über die Rohdaten – Energiesummenlinie – Trendgeraden



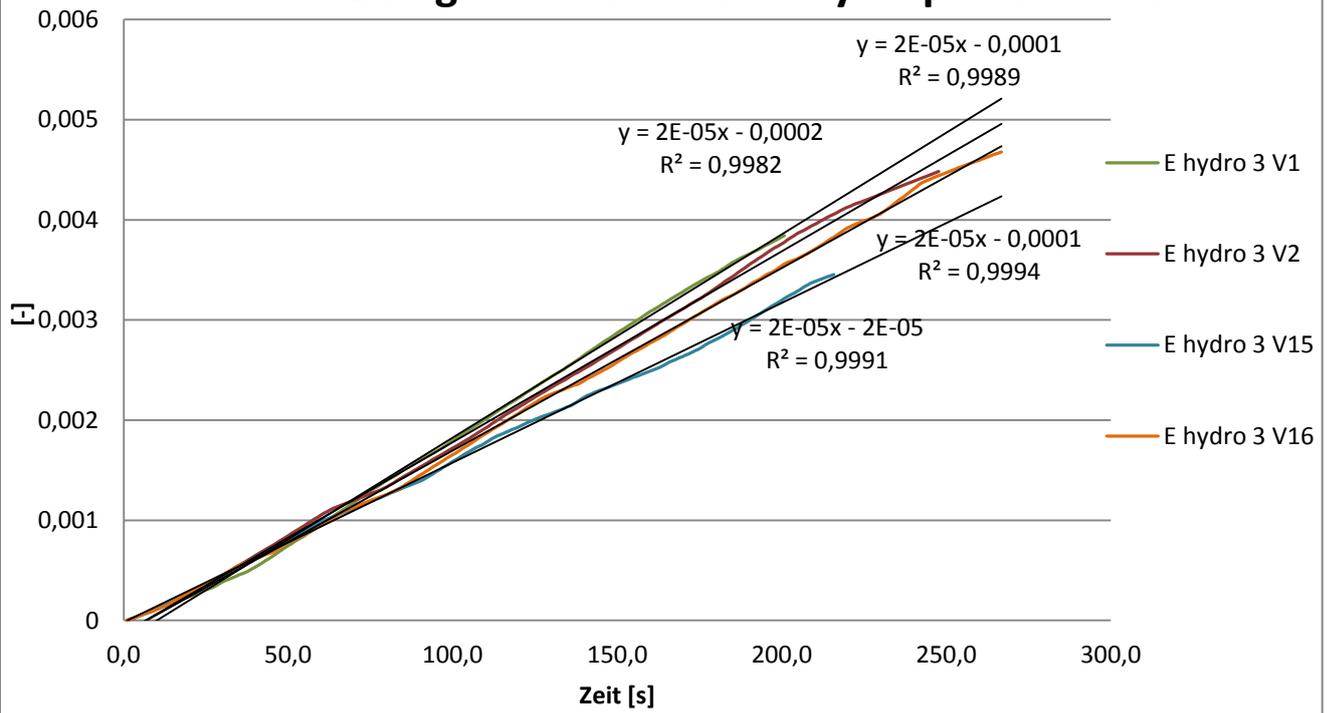
Energiesummenlinien Geophon 16-32 mm



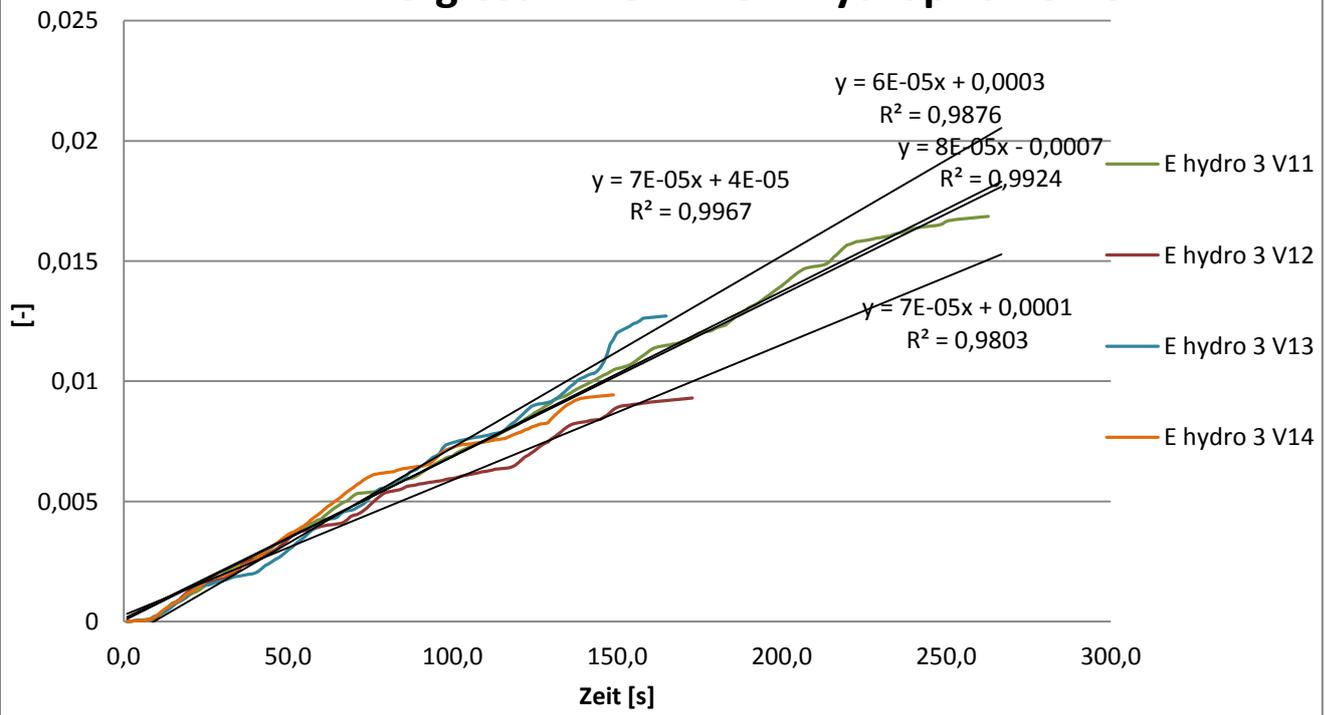
Energiesummenlinien Geophon 32-64 mm



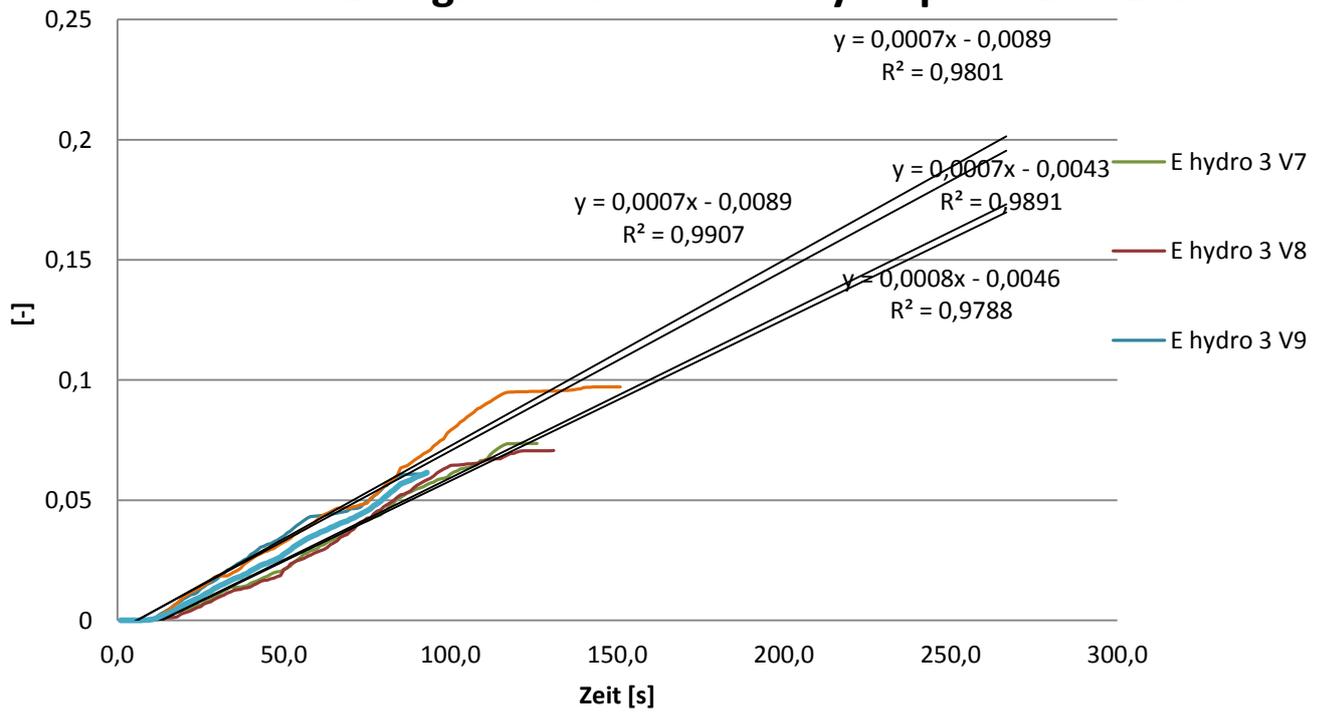
Energiesummenlinien Hydrophon 4-8 mm



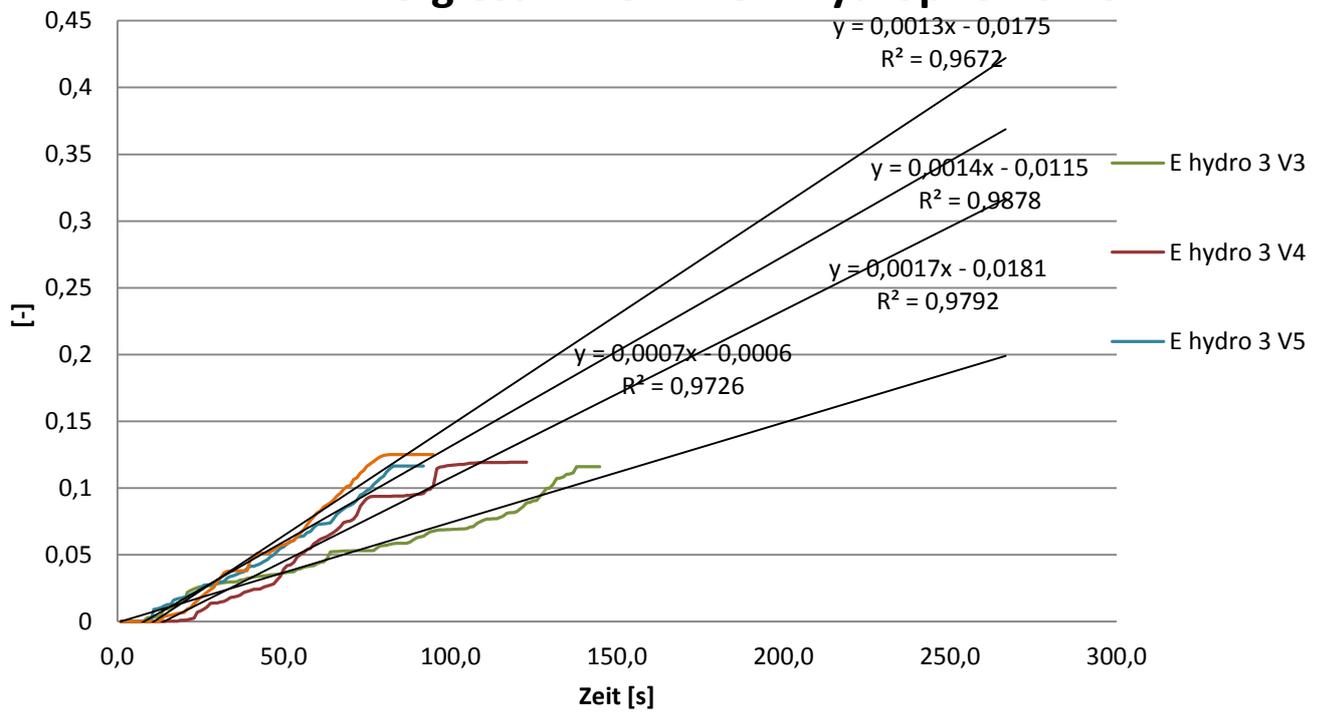
Energiesummenlinien Hydrophon 8-16 mm



Energiesummenlinien Hydrophon 16-32mm

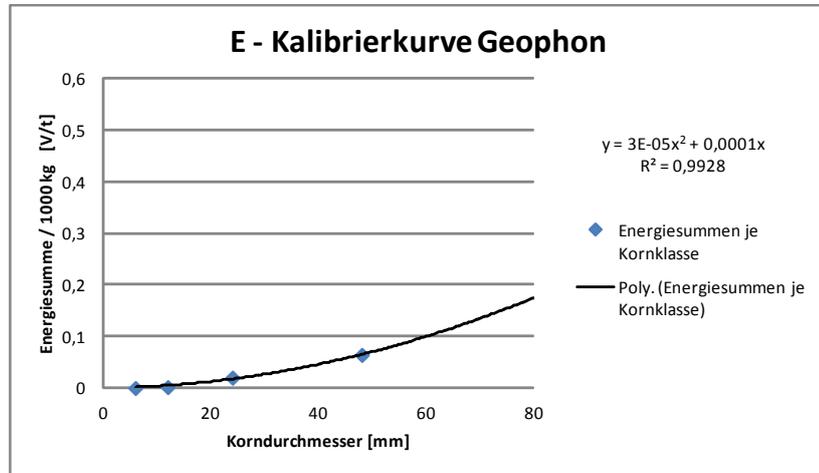


Energiesummenlinien Hydrophon 32-64mm

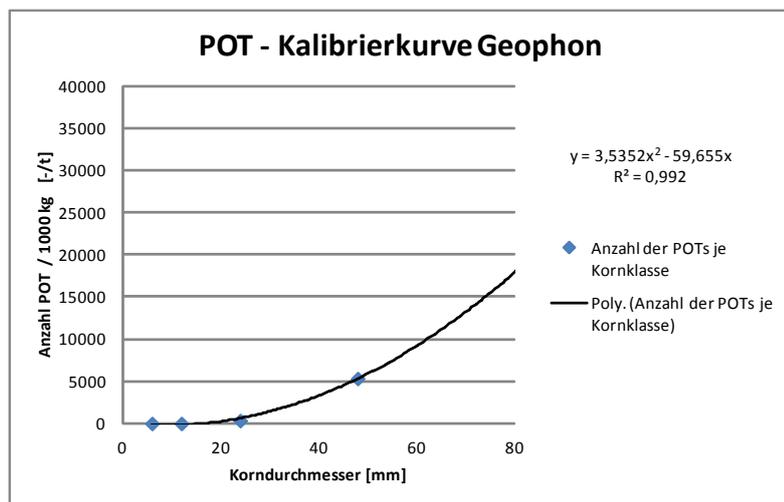


D Berechnungsgrundlage und Darstellung der Kalibrierkurven

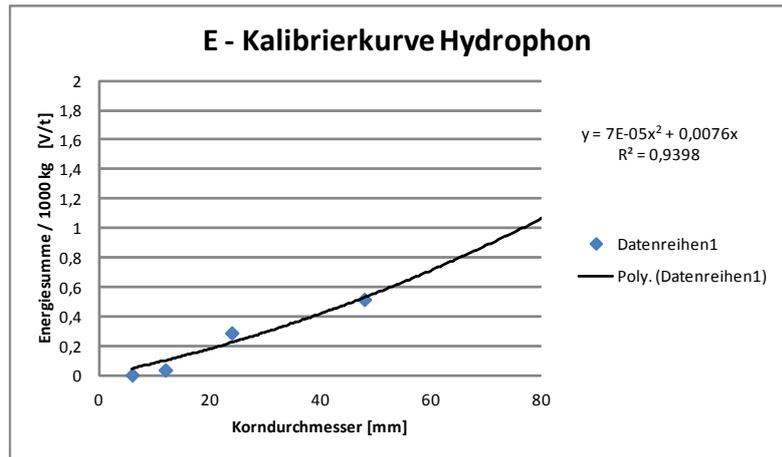
Basisdaten Kalibrierkurve		
X Achse		y Achse
Kornklasse (von bis)	mttl. Korndurchmesser [mm]	Energie summe [-/t]
4		
8	6	0,00021
8		
16	12	0,002
16		
32	24	0,02038
32		
64	48	0,06452



Basisdaten Kalibrierkurve		
Istwerte		
X Achse		y Achse
Kornklasse (von bis)	mttl. Korndurchmesser [mm]	POTs [POTs/t]
4		
8	6	0
8		
16	12	0
16		
32	24	348,54
32		
64	48	5329,11



Basisdaten		
X Achse		y Achse
Kornklasse (von bis) [mm]	mttl. Korndurch messer [mm]	Energiesumme [V/t]
4		
8	6	0,00531
8		
16	12	0,03856
16		
32	24	0,28985
32		
64	48	0,51702



Basisdaten Kalibrierkurve		
Istwerte		
X Achse		y Achse
Kornklasse (von bis) [mm]	mttl. Korndurch messer [mm]	POTs [POTs/t]
4		
8	6	320,8
8		
16	12	71948,3
16		
32	24	339819,3
32		
64	48	

