



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich
Landschaftswissenschaften und Geomatik

Entwicklung eines modernen Programmsystems zur Kalibrierung von elektro-optischen Distanzmessern

Masterthesis

zur Erlangung des akademischen Grades

„Master of Engineering“ (M.Eng.)

eingereicht von : Martin Kiskemper

Betreuer : Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Larisch

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schlosser

Tag der Einreichung : 30.05.2013

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2013-0104-0

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Grundlagen der elektro-optischen Entfernungsmessung	9
2.1	Gesetze und Verordnungen	9
2.1.1	Europäische Messgeräte richtlinie (MID)	9
2.1.2	Eichgesetz und Eichordnung	9
2.1.3	Kalibriererlass EDM Mecklenburg-Vorpommern	11
2.2	Prüfvorschriften nach DIN und ISO	12
2.2.1	Historie und Allgemeines	12
2.2.2	ISO 17123-4	13
2.3	Arten der elektro-optischen Entfernungsmessung	14
2.3.1	Impulslaufzeitverfahren	15
2.3.2	Phasenvergleichsverfahren	16
2.4	Atmosphärische Einflüsse der elektro-optischen Entfernungsmessung	17
2.5	Geometrische Reduktionen	21
2.5.1	Krümmungsreduktion	22
2.5.2	Neigungs- und Höhenreduktion	22
2.5.3	Reduktion wegen Projektionsverzerrung	23
3	Fehlerbetrachtung	24
3.1	Einflussgrößen	24
3.1.1	Genauigkeit der Frequenzprüfung	24
3.1.2	Genauigkeit der Sollstrecken der Kalibrierstrecke	24
3.1.3	Genauigkeit der Zwangszentrierung der Messpfeiler	26
3.1.4	Genauigkeit der Temperatur- und Luftdruckerfassung	26
3.2	Genauigkeitsabschätzung für die zu ermittelnden Kalibrierparameter	28
3.2.1	Signifikanz des aus der Frequenzmessung abgeleiteten Maßstabsfehlers k_m	28
3.2.2	Signifikanz der aus Pfeilerstrecken abgeleiteten Additionskonstante	29
3.2.3	Signifikanz der aus Pfeilerstrecken abgeleiteten entfernungsabhängigen Nullpunktkorrektur	30
4	Konzeption der Software zur EDM-Kalibrierung	33
4.1	Grundüberlegungen und Allgemeines	33
4.2	Frequenzprüfung	33
4.3	Bestimmung der Nullpunktkorrektur	36

4.4	Gesamtkonzept	39
4.4.1	VBA, VSTO oder eigenständiges Windows-Programm	40
4.4.2	Datenaustausch zwischen den Programmpaketen.....	44
4.4.3	Programmdateien	48
5	Beschreibung der Kalibrierprogramme	54
5.1	Frequenzprüfprogramm 'FrequencyControl'	54
5.2	Bestimmung der Nullpunktkorrektion mit 'EDMKAL 2012'	54
5.2.1	Sollstreckeneingabe	54
5.2.2	Messwerteingabe.....	61
5.2.3	Auswertung der Kalibrierstreckenmessung	75
5.2.4	Übersicht der durchgeführten Kalibrierungen.....	94
5.2.5	Test der Formel zur meteorologischen Korrektion.....	103
6	Ausblick	106
7	Literaturverzeichnis	108
8	Abbildungsverzeichnis.....	110
9	Anhang	111
9.1	Gesamtkonzept mit Zusammenspiel der einzelnen Dateien.....	111
9.2	Liste der verfügbaren Variablen zur Zuordnung der Ergebniswerte zu den Zellen in der Excel-Vorlagendatei	112
9.3	Protokollbeispiel einer Kalibrierung auf der Landeskalibrier-strecke 'Neustadt-Glewe' des LAiV M-V bei Messung auf 7 Pfeilern.....	114
9.4	Protokollbeispiel einer Kalibrierung auf der Kalibrierstrecke der Hochschule Neubrandenburg in Ganzkow	123
9.5	Konfigurationsdatei 'EDMKAL_ini.xml'	132
9.6	Beispiel der Sollstreckendatei	133
9.7	Beispiel einer Messwertdatei.....	134
9.8	Musterauswertung ERICH-online.....	137

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zur Entstehung dieser Masterarbeit beigetragen haben.

Ganz besonderer Dank gebührt den Betreuern dieser Arbeit, Herrn Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Larisch und Herrn Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schlosser für die fachliche Unterstützung und die anregenden Hinweise während der Erstellung der Programme. Herrn Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schlosser gebührt besonderer Dank, da er den Erneuerungsbedarf bei der Kalibrierung elektro-optischer Entfernungsmesser im Landesamt für innere Verwaltung M-V erkannte, die Kooperation mit der Hochschule Neubrandenburg herstellte und somit diese Arbeit erst möglich machte.

Der wohl größte Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Olaf Keitsch, der sich parallel zu seinem laufenden Forschungsprojekt die Zeit nahm mir die Philosophie der objektorientierten Programmierung verständlich zu machen und mit mir gemeinsam exemplarisch die Software zur Frequenzprüfung von der Konzeption bis zur Programmierung der Benutzeroberfläche entwickelte.

Dank soll auch an meinen Fachvorgesetzten Herrn Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Heger gerichtet werden, der mich nach längerer Pause ermunterte das Studium endlich abzuschließen.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mir stets einen wichtigen Rückhalt gegeben hat und mich vor allem moralisch unterstützt, sowie motiviert hat.

Erklärung:

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken habe ich als solche kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift

Kurzfassung

Diese Masterthesis wurde in Kooperation mit dem Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung 3: Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen (LAI V M-V) durchgeführt. Die bestehende Software für die Frequenzprüfung von elektro- optischen Distanzmessern, sowie zur Auswertung von Kalibrierstreckenmessungen sollte ersetzt werden.

Die neue Frequenzmesssoftware steuert den Frequenzzähler und optional auch das Oszilloskop, informiert den Benutzer über die durchzuführenden Arbeitsschritte am Tachymeter, um dieses in den Frequenzmessmodus zu versetzen, berechnet den aus dem Frequenzfehler resultierenden Maßstabsfaktor und erzeugt das Kalibrierprotokoll auf Basis eines Excel-Arbeitsblattes.

Die neue Auswertesoftware für die Kalibrierstreckenmessungen besteht aus einem separaten Erfassungsprogramm, in dem der Kunde während oder nach der Kalibrierung die Messdaten eingeben kann. Diese Daten in Form einer XML-Datei können dann durch den Auswerter beim LAiV M-V eingelesen werden, aufgrund unterschiedlicher Parameter und Diagramme geprüft und evtl. korrigiert werden. Sind die Daten fehlerfrei, können die Additionskonstante und ein Maßstabsfaktor durch eine Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen berechnet werden. Die Ergebnisse werden wieder in ein Kalibrierprotokoll eingetragen und können in eine Kundendatenbank übernommen werden.

Abstract

This master thesis was in cooperation with the State Office of Internal Administration of Mecklenburg-Vorpommern, Division 3: Department for geoinformation, surveying and cadastre (LAI V M-V). The existing software for testing the frequency of electro-optical distance meters, as well as the software for the evaluation of calibration-line measurements should be replaced.

The new frequency measurement software controls the frequency counter and optionally the oscilloscope, informs the user to bring the tachymeter in the frequency measurement mode, calculates the scale factor from the frequency error and generates the calibration report based on an Excel worksheet.

The new evaluation software for calibration-line measurements consists of a separate data acquisition program, in which customers can during or after calibration, enter the measurement data. This data, stored in a XML file, can be read in the evaluation software by an engineer of the LAiV M-V, will be tested due to different parameters and diagrams and can be corrected if necessary. If the data is error-free, offset and scale factor can be calculated by an adjustment of mean squares. The results are posted in a calibration report again and can be transferred to a customer database.

1 Einleitung

Seit der Einführung der elektro-optischen Streckenmessung im Vermessungswesen in den 60er und 70er Jahren kommt auch der Kalibrierung derartiger Instrumente eine große Bedeutung zu. So gibt es in fast allen Bundesländern Kalibriervorschriften in Form von Erlassen, die die Art und den Umfang der Kalibrierung regeln. So ist in den meisten Bundesländern die Bestimmung der Additionskonstante und des Maßstabes auf einer Kalibrierstrecke / Eichlinie vorgeschrieben. Einzelne Bundesländer, wie auch Mecklenburg-Vorpommern, verlangen zusätzlich die Maßstabsbestimmung über eine Frequenzmessung, die dann unabhängig von meteorologischen Einflüssen und den Sollstrecken ist. Die Ermittlung des zyklischen Phasenfehlers bei nach dem Phasenvergleichsverfahren arbeitenden Entfernungsmessern ist i.d.R. nur noch in Ausnahmefällen vorgeschrieben.

Seit Beginn der Kalibrierung elektro-optischer Distanzmesser (EDM) wird die Auswertung durch Software unterstützt. Die eigentlichen Kalibrierparameter wurden mit den damaligen Programmen genauso gut bestimmt, wie mit denen im Laufe der Jahre weiterentwickelten. Allerdings ist der Anspruch an die Benutzerfreundlichkeit der Programmoberfläche und die Qualität des Protokolls, sprich der Aufbereitung des Ergebnisses, extrem gestiegen. Durch den Einzug des Microcontrollers in die Tachymeter werden die Messwerte bereits im Instrument mit bei der Fertigung bestimmten Kalibrierparametern verbessert. Dies macht die Kalibrierung komplexer, so dass auch hier die Software den Prüfer unterstützen sollte. Des Weiteren zwingen auch die Computerhardware und das Betriebssystem die Kalibrierstellen zum Aktualisieren ihrer Programme.

Dies war auch der Auslöser für diese Masterthesis: Die Software des 'Landesamtes für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern, Abteilung 3: Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen' (LAIv M-V) genügte nicht mehr der Umstellung auf ein aktuelles Betriebssystem (Microsoft Windows7-64bit) und der Aktualisierung des Office-Paketes von 'Microsoft Office 2003' auf 'Microsoft Office 2010'. Bei dem Programm für die Frequenzprüfung handelte es sich um ein DOS-Programm und das Programm für die Kalibrierstreckenauswertung wurde mit Visual Basic für Anwendungen (VBA) innerhalb von Microsoft Excel entwickelt. Darüber hinaus konnten mit der bestehenden Frequenzmess-ausrüstung keine Frequenzen größer 100 MHz gemessen werden und die Software unterstützte auch nicht die Kalibrierung von Tachymetern mit Impulslaufzeitverfahren, so dass eine Maßstabsbestimmung für die modernen Trimble-Instrumente nur auf der Kalibrierstrecke möglich war, und so dem Kalibriererlass widersprach.

Auch bei der Neuentwicklung der Software wurde die Trennung von 'Frequenzkalibrierung' und 'Auswertung der Kalibrierstreckenmessungen' beibehalten, so dass zwei Programme entstanden, die aber auf identische Parameterdateien zugreifen.

So lag also die Hauptaufgabe dieser Arbeit in der Konzeption und Erstellung der Kalibrierprogramme, die an die Arbeitsabläufe des LAiV M-V angepasst sein sollten. Des Weiteren ist

auch die Software zur 'Auswertung von Kalibrierstreckenmessungen' der Hochschule Neubrandenburg in die Jahre gekommen. Das neue Programmpaket soll also so flexibel aufgebaut sein, dass es sich leicht an andere Kalibrierstrecken anpassen lässt.

Bevor es aber zur Konzeption und zur Beschreibung der neu erstellten Programme geht, sollen einige Grundlagen dargelegt werden, die bei der Kalibrierung elektro-optischer Entfernungsmesser von Bedeutung sind.

2 Grundlagen der elektro-optischen Entfernungsmessung

2.1 Gesetze und Verordnungen

2.1.1 Europäische Messgeräte Richtlinie (MID)

Die 'Richtlinie 2004/22/EG über Messgeräte' ist eine Richtlinie der Europäischen Union (EU), die am 30.04.2004 veröffentlicht wurde und zum 30.10.2006 in allen Staaten der EU in Kraft trat. Umgangssprachlich wird sie als 'Messgeräte Richtlinie' bzw. 'Measuring Instruments Directive (MID)' bezeichnet.

Die MID gilt für verschiedenste Messgeräte, so auch für 'Geräte zur Messung von Längen und ihrer Kombinationen' und gilt somit auch für Distanzmesser und Tachymeter des Vermessungswesens. Allerdings "beschränkt sich die Richtlinie auf die Regelungen bis zum Inverkehrbringen bzw. zur ersten Inbetriebnahme der Messgeräte und die Verpflichtung der Mitgliedsstaaten zur Überwachung der richtigen Anwendung der Richtlinie. ... Verkehrsfehlergrenzen, Nacheichung und Eichgültigkeitsdauer werden wie bisher national geregelt." [1]

Kurzgefasst gibt es für die Hersteller durch die Umsetzung der MID die Möglichkeit, bei denen in der MID genannten Messgeräten auf die Ersteichung zu verzichten und durch wählbare Konformitätserklärungen oder Kombinationen dieser zu ersetzen. Diese sind in den Anlagen A bis H aufgeführt [2] :

- A: Konformitätserklärung auf der Grundlage einer internen Fertigungskontrolle
- B: Baumusterprüfung
- C: Erklärung der Konformität mit der Bauart auf der Grundlage einer internen Fertigungskontrolle
- D: Erklärung der Konformität mit der Bauart auf der Grundlage der Qualitätssicherung für die Produktion
- E: Konformitätserklärung auf der Grundlage der Qualitätssicherung für das Produkt
- F: Erklärung der Konformität mit der Bauart auf der Grundlage einer Prüfung der Produkte
- G: Konformitätserklärung auf der Grundlage einer Einzelprüfung
- H: Konformitätserklärung auf der Grundlage einer umfassenden Qualitätssicherung

2.1.2 Eichgesetz und Eichordnung

Das 'Gesetz über das Mess- und Eichwesen' (kurz. Eichgesetz, EichG) wurde am 11.07.1969 ausgefertigt und am 23.03.1992 neugefasst. Dieses Bundesgesetz schafft die Voraussetzungen für richtiges Messen im geschäftlichen Verkehr und soll so den Verbraucher beim Erwerb messbarer Güter und Dienstleistungen schützen, sowie das Vertrauen in amtliche Messungen stärken (§1 - Zweck des Gesetzes).

§2 regelt die Eichpflicht und andere Maßnahmen zur Gewährleistung der Messsicherheit: "Messgeräte, die im geschäftlichen oder amtlichen Verkehr, Arbeitsschutz oder Strahlenschutz oder im Verkehrswesen verwendet werden, müssen zugelassen und geeicht sein, sofern dies zur Gewährleistung der Messsicherheit erforderlich ist." Welche Messgeräte nun im Einzelnen zu eichen sind und in welcher Form, ist nicht geregelt. Hier überträgt das Gesetz nur der Bundesregierung unter Zustimmung des Bundesrates die Möglichkeit Rechtsverordnungen zu erlassen, die die Details regeln (siehe auch §3 – Erlass von Ausführungsvorschriften).

Diesen Regelungsspielraum hat der Gesetzesgeber auch intensiv genutzt und in der **Eichordnung** festgelegt. Die erste Ausfertigung der Eichordnung ist vom 12.08.1988, aktuell gültig ist die Fassung vom 06.06.2011. Im Teil 2 werden Ausnahmen von der Eichpflicht definiert, so regelt §8 die Messgeräte, die von der Eichpflicht ausgenommen sind und verweist auf eine Zusammenstellung im Anhang A. Hier tauchen unter Punkt 30 "Messgeräte im öffentlichen Vermessungswesen und im Markscheidewesen" auf.

Dies besagt aber nicht, dass auf eine Eichung, (Kalibrierung und Überprüfung) vollständig verzichtet werden kann. Es eröffnet nur einen größeren Spielraum zur Festlegung eigener Prüfvorschriften, wie es im Vermessungswesen z.B. durch Verwaltungsvorschriften der zuständigen Landesministerien durchgeführt wird.

§25 Satz 1 Nr.1 unterstreicht die Ausführungen von §2: "Es ist verboten, Messgeräte zur Bestimmung der Länge, der Fläche, des Volumens, ... ungeeicht im geschäftlichen Verkehr zu verwenden oder so bereitzuhalten, dass sie ohne besondere Vorbereitung in Gebrauch genommen werden können, ... soweit nicht die Bundesregierung in einer Rechtsverordnung nach §2 eine neue Regelung trifft."

Eigentlich sollte mit der Umsetzung der Messgeräterichtlinie eine umfassende Neuregelung des gesetzlichen Messwesens erfolgen. Aufgrund einiger Verzögerungen und der doch recht kurzen Zeitspanne von 2 ½ Jahren, wurde nur die MID umgesetzt und das bestehende Eichgesetz angepasst (08.02.2007) [1].

So entstand in dieser Zeit ein Gesetzentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie zur Neuregelung des gesetzlichen Messwesens, der am 10.07.2008 den Verbänden zur Stellungnahme übergeben wurde [3]. In diesem Entwurf ist keine Befreiung des Vermessungs- und Markscheidewesens von der Eichpflicht vorgesehen, es sind aber auch keine konkreten Prüf- und Kalibriervorschriften oder Fehlergrenzen für z.B. Distanzmessgeräte angegeben. Dieses soll auch wie bisher in speziellen Verordnungen geregelt werden, die die Bundesregierung erlassen darf. Dieser Entwurf ist aber bis heute nicht in ein Gesetz gemündet.

Eine weitere Änderung des Eichgesetzes gab es am 12.03.2011, die die Umsetzung der europäischen Dienstleistungsrichtlinie zum Anlass hatte. Diese beinhaltet aber keine Veränderungen bezüglich der Eichung von Vermessungsinstrumenten.

2.1.3 Kalibriererlass EDM Mecklenburg-Vorpommern¹

Anders als in anderen Bundesländern, wo zum Teil nur die Fehlergrenzen für die Lage von Vermessungspunkten festgelegt sind, gibt es in Mecklenburg-Vorpommern eine Verwaltungsvorschrift, die die Kalibrierung und Überprüfung elektrooptischer Distanzmesser regelt. Es handelt sich hierbei um einen Erlass des Innenministeriums vom 17.08.1999 und ist somit für alle Instrumente verbindlich, die für öffentliche Vermessungen eingesetzt werden.

Im ersten Teil unter 'Allgemeines' ist festgelegt: "An die Ergebnisse elektrooptisch gemessener Strecken sind bei der Auswertung Korrekturen anzubringen, die durch Kalibrierung der benutzten elektrooptischen Distanzmessgeräte (EDM) zu bestimmen sind."
[4]

Zudem wird definiert welche Korrekturen bei der Kalibrierung zu bestimmen sind:

- "die Maßstabskorrektur (multiplikative Abweichung),
- die entfernungsabhängige Nullpunktkorrektur (additive Abweichung)² und
- gegebenenfalls die zyklische Korrektur (zyklischer Phasenfehler)"

Es sind auch die Fehlergrenzen, unterschieden nach Einsatzzweck des EDM, festgelegt:

"Die verbleibenden Differenzen (Restabweichungen) zwischen den mit den signifikanten Kalibrierkorrekturen korrigierten Messwerten und den Sollmaßen der Kalibrierstrecke dürfen für EDM,

- die ausschließlich für Liegenschaftsvermessungen gemäß Punkt 1.1 der Anweisung zur Durchführung von Liegenschaftsvermessungen (LiVermA M-V) vom 1. Januar 1996 verwendet werden, im Betrag nicht größer als 0,010 m sein;
- die für Messungen im Aufnahmepunkt- (AP-)Netz verwendet werden, im Betrag nicht größer als 0,008 m und im Mittel der Beträge nicht größer als 0,005 m sein;
- die im amtlichen Lagefestpunktfeld der Grundlagenvermessung verwendet werden, im Betrag nicht größer als 0,005 m und im Mittel der Beträge nicht größer als 0,003 m sein." [4]

Eine Kalibrierung hat vor der ersten Inbetriebnahme, nach jeder Reparatur und in einem Intervall von maximal zwei Jahren zu erfolgen.

Im Abschnitt 2. ist die 'Bestimmung der Maßstabskorrektur' definiert. Diese hat durch die Messung der Modulationsfrequenz an einer **Frequenzprüfeinrichtung** zu erfolgen. Der verwendete Frequenzzähler muss regelmäßig mit einem Frequenznormal verglichen werden und die Abweichung bei der Kalibrierung berücksichtigt werden.

¹ Verwaltungsvorschrift zur Kalibrierung und Überprüfung elektrooptischer Distanzmessgeräte (EDM) des öffentlichen Vermessungswesens in Mecklenburg-Vorpommern
- Kalibriererlass EDM Mecklenburg-Vorpommern - (VwV-Kalibr-EDM M-V)
Erlass des Innenministeriums vom 17. August 1999 - II 720 - 567.27-3 -

² Unter der entfernungsabhängigen Nullpunktkorrektur wird in diesem Erlass sowohl die Additionskonstante als auch der eigentliche entfernungsabhängige Anteil (multiplikative Abweichung) verstanden.

Abschnitt 3. regelt die 'Bestimmung der entfernungsabhängigen Nullpunktkorrektur', die durch Streckenmessung in allen Kombinationen auf einer **pfeilvermarkten Kalibrierstrecke** durchgeführt werden soll. Des Weiteren sind die Rahmenbedingungen für die Kalibrierstrecke und die Durchführung der Kalibriermessung festgelegt.

Abschnitt 4. gibt die zulässigen Höchstbeträge der Korrekturwerte an. Bei Überschreitung ist das EDM vom Hersteller oder einer geeigneten Servicestelle zu prüfen und ggf. zu justieren.

In Abschnitt 5. ist nur der Inhalt der Kalibrierbescheinigung festgelegt.

Abschnitt 6. verpflichtet den Eigentümer / Nutzer eines kalibrierpflichtigen EDMs, dieses zusätzlich zur o.g. Kalibrierung mindestens vierteljährlich selbstständig zu kontrollieren. Dazu soll sämtliches Zubehör, die optischen Lote und die Achsfehler des Tachymeters überprüft werden. Die Kalibrierparameter des EDMs sind auf einer anzulegenden, durch Adapterbolzen oder Bodenpunkte vermarkte, Vergleichsstrecke zu kontrollieren und die Ergebnisse in einem Protokoll zu dokumentieren. Ein Vordruck für so ein Protokoll ist dem Erlass angehängt.

Im Abschnitt 7. ist festgelegt, dass das LAiV M-V (ehemals Landesvermessungsamt M-V) eine Landeskaliereinrichtung, bestehend aus Frequenzprüfeinrichtung, Messschienen-einrichtung und der Landeskaliestrecke Neustadt-Glewe unterhält. Im Weiteren ist die Benutzung dieser Einrichtung geregelt.

Dieser Erlass ist wirklich als vorbildlich zu bezeichnen, da alle Fragen zur Kalibrierung elektro-optischer Entfernungsmesser beantwortet werden und ganz klare Vorgaben zur Durchführung, teilweise sogar mit Formelangaben, gemacht werden. In anderen Bundesländern gibt es oft keine fachspezifischen Prüfvorgaben zur Durchführung der Kalibrierung.

2.2 Prüfvorschriften nach DIN und ISO

2.2.1 Historie und Allgemeines

"Die Prüfung von vermessungstechnischem Instrumentarium und die Versuche, solche Prüfungen in Normenwerken festzuschreiben, haben eine lange Geschichte. Beispiele hierzu sind die DIN-Norm 18723 (Teil 1-8), die ISO-Norm 8332 (Teil 1-10) und die ISO-Norm 12857.

Die DIN 18723 erlangte eine gewisse Bedeutung, da weltweit alle Instrumentenhersteller die Genauigkeitsangaben ihrer Winkelmessinstrumente und Nivelliere gemäß dieser Norm bestimmten und dem Anwender so eine gute Vergleichsmöglichkeit gaben. Die ISO 8332 war eher auf vermessungstechnische Anwendungen im Bauwesen ausgerichtet. Die ISO 12857 erlangte keine Bedeutung, da sie nicht aus dem Entwurfsstadium heraus kam. Allen Normen gemeinsam ist, dass sie dem Anwender in der Praxis gar nicht oder nur sehr unzulänglich bekannt sind, dass die Ausführung der beschriebenen Verfahren oft mit sehr großem zeitlichem Aufwand verbunden ist und sie daher nur bedingt praxistauglich sind." [5]

Zwischen 1990 und 1994 erarbeitete die FIG Kommission 5 exemplarisch eine Prüfstrategie für elektro-optische Distanzmesser, die die Bedürfnisse des Anwenders berücksichtigte (minimaler Aufwand bei hoher Prüfsicherheit). In ähnlicher Art und Weise hat die 'International Organisation for Standardisation' (ISO) zwischen 2001 und 2005 die Norm 17123, Teil 1 – 7, 'Field procedures for testing geodetic and surveying Instruments' herausgebracht. Sie löst die ISO-Normen 8332 und 12857 ab. Ein Großteil der Prüfverfahren der DIN 18723 sind in der neuen ISO-Norm in leicht abgewandelter Form wiederzufinden. Sie wurde speziell für Genauigkeitsüberprüfungen von geodätischen Vermessungsinstrumenten im Felde entwickelt.

2.2.2 ISO 17123-4

Teil 4 'EDM' der ISO 17123 wurde erstmals am 01.12.2001 veröffentlicht, aktuell ist die Ausführung vom 23.05.2012. Die in diesem Teil der Norm festgelegten Prüfverfahren entsprechen prinzipiell den Vorschlägen der FIG Kommission 5 von 1994 und den sich in der Prüfpraxis etablierten Verfahren der DIN 17123, Teil 6. Wie auch in den anderen Teilen der Norm gibt es auch im Teil 4 ein vereinfachtes Testverfahren (simplified test procedure) und ein vollständiges Testverfahren (full test procedure), wobei es sich bei beiden um Feldverfahren handelt, die keine besondere Laborausstattung voraussetzt.

Die beschriebenen Verfahren zeigen nicht den Ablauf einer Kalibrierung eines EDM auf, sondern die Überprüfung eines Instrumentes auf seine Verwendbarkeit für spezielle Messaufgaben unter Feldbedingungen.

Vereinfachtes Testverfahren (simplified test procedure):

Bei diesem Testverfahren sind 4 vier über den Arbeitsbereich des EDM verteilte Strecken anzulegen und mit einem Instrument übergeordneter Genauigkeit zu bestimmen. Mit dem Prüfling ist nun jede Strecke mindestens dreimal zu messen und gegen die "Sollstrecken" zu vergleichen. Dabei soll die für die Messaufgabe vorgegebenen Grenzwerte eingehalten werden.

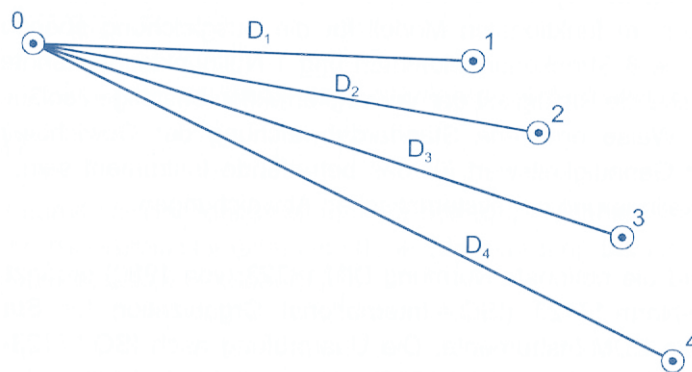


Abbildung 1: Vergleichsstrecken beim vereinfachten Testverfahren nach ISO 17123-4 [6]

Ist kein Grenzwert vorgegeben, so testet man, ob die Differenzen betragsmäßig kleiner als die 2,5-fache empirische Standardabweichung der gemessenen Strecken sind, ermittelt nach dem 'Vollständigen Testverfahren'.

Vollständiges Testverfahren (full test procedure):

Bei diesem Verfahren ist eine Linie in 6 Teilstrecken zu unterteilen, so dass für nach dem Phasenvergleichsverfahren arbeitende EDM bei Messung in allen Kombinationen die Strecken gleichmäßig über den Feinmaßstab verteilt sind.

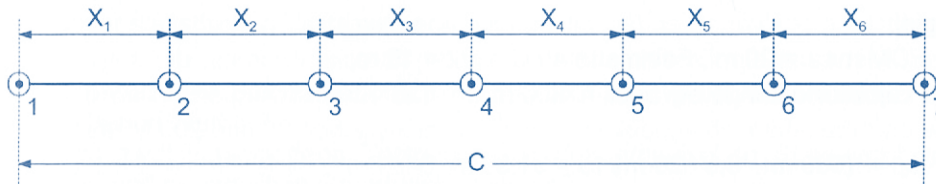


Abbildung 2: Vergleichsstrecken beim vollständigen Test nach ISO 17123-4 [6]

Die Berechnung der Nullpunktkorrektur und der Teilstrecken erfolgt nach der meteorologischen Korrektur und der Horizontierung der 21 gemessenen Strecken durch Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen ohne Sollstrecken. Die Norm gibt auch die Berechnungsformeln für die empirische Standardabweichung der Gewichtseinheit und der Nullpunktkorrektur an. Mit Hilfe statistischer Tests kann nun untersucht werden:

- Liegt die Standardabweichung für die gemessenen Strecken unterhalb der vom Hersteller angegeben?
- Beim Vergleich von Testreihen, z.B. eines EDMs zu unterschiedlichen Zeiten oder zweier verschiedener EDMs kann getestet werden, ob die Testreihen der gleichen Grundgesamtheit angehören.
- Ist die Nullpunktkorrektur des EDMs signifikant?

Durch die fehlenden Sollstrecken ist es bei diesem Testverfahren nicht möglich eine Maßstabsabweichung zu bestimmen.

2.3 Arten der elektro-optischen Entfernungsmessung

Für die Bedienung eines modernen Tachymeters ist es heute nicht mehr zwingend notwendig zu wissen, nach welchem Messverfahren die Entfernungsmessung abläuft. Möchte man mögliche Messfehler beurteilen, kann das Wissen über das Messverfahren schon Licht ins Dunkel bringen; bei der Kalibrierung von EDM, speziell bei der Frequenzprüfung, muss bekannt sein, nach welchem Messprinzip der Entfernungsmesser arbeitet.

Heute unterscheidet man vor allem das Impulslaufzeit- und das Phasenvergleichsverfahren mit kontinuierlich abgestrahltem sinusförmig aufmoduliertem Signal. Eine Variation des zweiten Verfahrens, bei dem das Signal nur über einige Perioden ausgestrahlt wird, wurde von der Firma Zeiss in den Elta E-Instrumenten eingesetzt. Diese Instrumente werden schon seit ~1995 nicht mehr gebaut und sind heute nur noch vereinzelt, meist als Ersatzgeräte, im Einsatz zu finden.

2.3.1 Impulslaufzeitverfahren

Beim Impulslaufzeitverfahren wird ein kurzer (ca. 10 ns, entspricht 3 m Lichtbalken) Laserimpuls von der Sendeeinheit des Tachymeters ausgesendet, durch den Reflektor zurückgeworfen und durch die Empfangseinheit wieder empfangen. Dazu wird die Laufzeit t des Laserimpulses, der sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, hochgenau gemessen. Jetzt lässt sich bei bekannter Brechzahl der Atmosphäre die Distanz nach folgender einfacher Gleichung berechnen:

$$D = \frac{c_0}{2 \cdot n} \cdot t$$

mit $c_0 =$ Lichtgeschwindigkeit im Vakuum

$$= 299\,792\,458 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

$n =$ Brechzahl der Atmosphäre

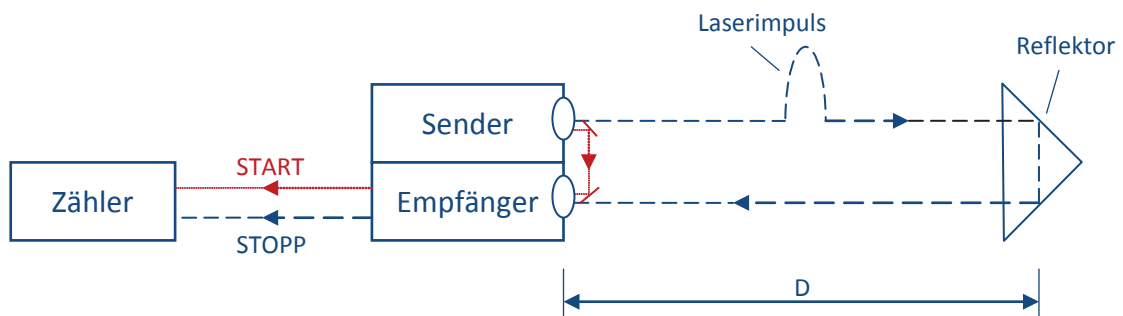


Abbildung 3: Impulsmessverfahren

Ein Teil des ausgesendeten Impulses wird direkt auf den Empfänger gelenkt und startet so den Zähler. Dieser zählt so lange, bis der vom Reflektor zurückgeworfene Impuls auf den Empfänger trifft.

Durch die sehr große Lichtgeschwindigkeit muss die Laufzeitmessung extrem genau erfolgen: Möchte man die Streckenmessung auf 3 mm genau durchführen, kann man obige Formel nach t umstellen, nach D differenzieren und die Fehlerfortpflanzung durchführen. Dadurch ergibt sich, dass die Zeitmessung mit einer Genauigkeit von 0,02 ns erfolgen muss. Diese hohe Genauigkeitsanforderung ist unabhängig von der Länge der gemessenen Strecke, d.h. bei einer kurzen Strecke muss die Zeitmessung mit der gleichen Genauigkeit wie bei einer langen Strecke erfolgen. In der Praxis ist es nicht ganz möglich die Zeitmessung so exakt durchzuführen, deshalb werden mehrere hundert Einzelmessungen in einer Sekunde Messzeit durchgeführt und gemittelt.

Bei diesem Verfahren darf die Leistung des Laserimpulses bei gleicher Laserklasse wesentlich höher ausfallen als bei einem kontinuierlich ausgesendeten Signal. Dies ermöglicht bei der reflektorlosen Distanzmessung größere Reichweiten. Allerdings ist dieses Verfahren aufgrund der zuvor beschriebenen Zeitmessproblematik geringfügig ungenauer, als das im folgenden Kapitel beschriebene Phasenvergleichsverfahren.

2.3.2 Phasenvergleichsverfahren

Bei diesem Verfahren wird eine Trägerwelle (zwischen 600 nm und 900 nm) kontinuierlich ausgesendet, der ein wesentlich längeres Messsignal (aktuell zwischen 0,75 m und 20 m) sinusförmig aufmoduliert wird. Dieses Signal wird von einem Reflektor zurück geworfen und im Empfänger kann durch einen Phasendetektor die Phasenverschiebung $\Delta\lambda$ gegenüber der ausgesandten Welle gemessen werden.

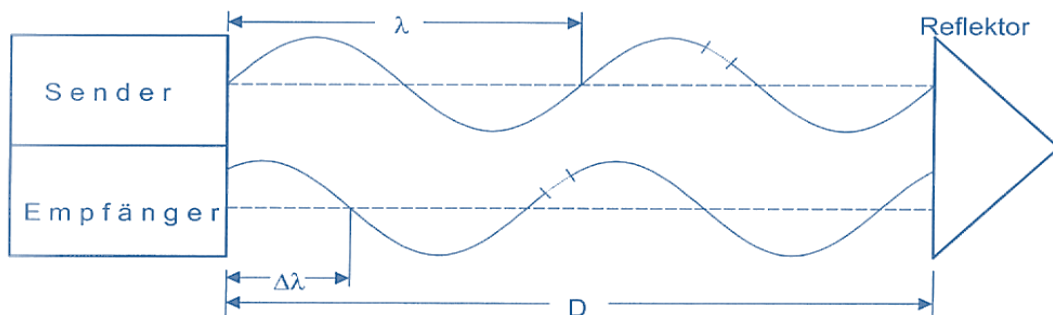


Abbildung 4: Phasenvergleichsverfahren [6]

Zur Bestimmung der Streckenlänge D ist es aber noch erforderlich die Anzahl N der vollen Wellenlängen λ zu kennen:

$$2D = N \cdot \lambda + \Delta\lambda$$

bzw.

$$D = N \cdot \frac{\lambda}{2} + \frac{\Delta\lambda}{2}$$

Wird die Maßstabswellenlänge λ so gewählt, dass sie größer wäre als die doppelte Maximaldistanz des EDM, so entspricht das gemessene Wellenreststück $\Delta\lambda$ der doppelten Strecke $2D$. Da die Auflösung der Phasenmessung allerdings auf $1/5000$ bis $1/10.000$ der Länge der Maßstabswellenlänge beschränkt ist, würde man bei $\lambda = 10$ km nur eine Genauigkeit der Streckenmessung von 1 m bis 2 m erhalten. Dieses Verfahren kann aber wunderbar zur Bestimmung der Grobentfernung genutzt werden. Um die Genauigkeit zu steigern muss mindestens noch eine kürzere Maßstabswellenlänge genutzt werden. Der Grobwert $\Delta\lambda_2$ wird dann nur dazu verwendet die Anzahl N der ganzen Wellenlängen λ_1 zu bestimmen.

$$N = Rnd\left(\frac{\Delta\lambda_2 - \Delta\lambda_1}{\lambda_1}\right)$$

Da N nur ganzzahlig sein kann, muss N auf die nächstgelegene ganze Zahl gerundet werden. Nun kann mit obenstehender Formel und der kürzesten Maßstabswellenlänge λ_1 die Distanz D berechnet werden. [6]

Bei Entfernungsmessern mit relativ kurzen Reichweiten (bis ~ 1000 m) und durch die gesteigerte Auflösung bei der Phasenmessung, sind zwei Modulationsfrequenzen

ausreichend. Sollen größere Reichweiten erzielt werden, so können weitere Wellenlängen zur Verbesserung der Grobmessung verwendet werden.

	Frequenz f [kHz]	Maßstab U [m]	Ablesung A am Phasenmesser	$\Delta\lambda = A \cdot U$ [m]
1. Messung	10	15000	0,1247	1870,5
2. Messung	1000	150	0,4699	70,485
3. Messung	100.000	1,5	0,3218	0,4827
			Ergebnis:	1870,4827

Die unterschiedlichen Maßstäbe wurden früher nacheinander durchgeschaltet und anschließend die Streckenberechnung durchgeführt, heute hat man die Möglichkeit mehrere Frequenzen gleichzeitig auf die Trägerwelle aufzumodulieren und anschließend zur Auswertung wieder herauszufiltern.

Neben dieser Möglichkeit, bei der ein Grobmaßstab $U_2 = \frac{\lambda_2}{2}$ gewählt wird, der größer als die maximal zu messender Distanz ist, gibt es noch weitere Möglichkeiten:

- Durch veränderbare Modulationsfrequenzen werden diese so aufeinander abgestimmt, dass $N_2 = N_1 + 1$ ist.
- Zwei nahe beieinander liegende, feste Modulationsfrequenzen werden so gewählt, dass entweder die Beziehung $N_2 = N_1$ oder $N_2 = N_1 + 1$ besteht. Des Weiteren muss für die Maximalentfernung gelten: $D_{max} = N_{1max} \cdot U_1 = N_{2max} \cdot U_2$.

Weitere Details zu den beiden nur aufgezählten Verfahren sind in [6] detailliert beschrieben.

2.4 Atmosphärische Einflüsse der elektro-optischen Entfernungsmessung³

Da die elektro-optische Entfernungsmessung nicht im Vakuum stattfindet, sondern in der mit verschiedenen Gasen gefüllten Atmosphäre, verändert sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtimpulses (Impulslaufzeitverfahren) bzw. der ausgesendeten Welle (Phasenvergleichsverfahren) und die gemessenen Strecken müssen um meteorologische Einflüsse korrigiert werden. So hat der Brechungsindex der Atmosphäre direkten Einfluss auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{c_0}{n \cdot f}$$

mit λ = Wellenlänge des aufmodulierten Messsignals
 c = Lichtgeschwindigkeit im aktuellen Medium (Atmosphäre)

³ Dieses Kapitel ist sehr stark an das in [6] abgehandelte Kapitels, '5.1 Einflüsse der Atmosphäre' angelehnt

$$\begin{aligned}
 c_0 &= \text{Lichtgeschwindigkeit im Vakuum} \\
 f &= \text{Modulationsfrequenz} \\
 n &= \text{Brechungsindex (hier der Atmosphäre)}
 \end{aligned}$$

Des Weiteren hat die Atmosphäre auch Einfluss auf die Krümmung der Bahnkurve des Messsignals.

Im Folgenden soll es um die Bestimmung des Brechungsindex gehen, der von folgenden Parametern beeinflusst wird:

- Der Wellenlänge der Trägerwelle λ_T (Dispersion)
- Die meteorologischen Daten (Temperatur t , Luftdruck p und Partialdruck des Wasserdampfes e)

Für völlig monochromatisches Licht beschreibt CAUCHY die Dispersion durch eine Reihenentwicklung, deren Konstanten A , B , C empirisch bestimmt wurden:

$$(n - 1) \cdot 10^6 = N = A + \frac{B}{\lambda_T^2} + \frac{C}{\lambda_T^4}$$

Da es sich bei der elektro-optischen Entfernungsmessung nicht um monochromatisches Licht, sondern aus einer Mischung von Wellenlängen aus einem schmalen Frequenzband handelt, breitet sich das Licht auch nicht mit der Phasengeschwindigkeit, sondern mit der Gruppengeschwindigkeit c_{Gr} aus. Der zugehörige Brechungsindex wird als Gruppenbrechungsindex n_{Gr} bezeichnet und kann wieder durch eine Reihenentwicklung nach CAUCHY ermittelt werden:

$$(n_{Gr} - 1) \cdot 10^6 = N_{Gr} = A + 3 \cdot \frac{B}{\lambda_{eff}^2} + 5 \cdot \frac{C}{\lambda_{eff}^4}$$

mit λ_{eff} = effektive Trägerwellenlänge der Wellengruppe in $[\mu\text{m}]$

Die effektive Wellenlänge λ_{eff} ist nicht nur vom Frequenzband abhängig und wird experimentell vom Gerätehersteller bestimmt. Sie wird in den technischen Daten der Bedienungsanleitung des EDMs angegeben.

Die Konstanten für A , B und C wurden durch verschiedene Wissenschaftler in der Vergangenheit empirisch bestimmt. Am bekanntesten sind die Werte von BARREL&SEARS (1939) und EDLÉN (1953), die auf der XIII. Generalversammlung der IUGG/IAG 1963 zur Berechnung des Gruppenbrechungsindex empfohlen wurden.

1999 fand die XXII. Generalkonferenz der 'Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik' (IUGG) und der 'Internationalen Assoziation für Geodäsie' (IAG) in Birmingham statt. Dort wurden in der Resolution 3 der IAG basierend auf den Forschungen von CIDDOR folgende Konstanten und Formeln zur Berechnung des Phasenbrechungsindex und des Gruppenbrechungsindex festgelegt [7]:

$$(n_{ph} - 1) \cdot 10^6 = N_{ph} = 287,6155 + \frac{1,62887}{\lambda_T^2} + \frac{0,01360}{\lambda_T^4}$$

$$(n_{Gr} - 1) \cdot 10^6 = N_{Gr} = 287,6155 + \frac{4,88660}{\lambda_{eff}^2} + \frac{0,06800}{\lambda_{eff}^4}$$

Die zugehörige Normalatmosphäre wurde an den zugenommenen CO₂-Gehalt angepasst:

$$t = 0^\circ\text{C} \quad (T = 273,15 \text{ K})$$

$$p = 1013,25 \text{ hPa}$$

$$\text{CO}_2 - \text{Gehalt} = 0,0375\% = 375 \text{ ppm}$$

$$e = 0,0 \text{ hPa (trockene Luft)}$$

Diese Konstanten berücksichtigen dabei den zugenommenen Kohlendioxidgehalt der Luft, der von 300 ppm auf 375 ppm seit der letzten Resolution von 1963 gestiegen ist und erweitern den Gültigkeitsbereich.

Um nun den Gruppenbrechungsindex der Normalatmosphäre auf die tatsächlich herrschenden meteorologischen Verhältnisse anzupassen empfiehlt o.g. Resolution folgende Formel:

$$N_L = (n_L - 1) \cdot 10^6 = N_{Gr} \cdot \frac{273,15}{1013,25} \cdot \frac{p}{T} - \frac{11,27 \cdot e}{T}$$

$$\text{mit } T [K] = t [^\circ\text{C}] + 273,15$$

Die Abweichungen der oben angegebenen "Näherungs-/Arbeitsformeln" gegenüber den genauen Formeln beträgt maximal 0,25 ppm [7]. Die Differenzen zu den älteren Formeln von BARREL & SEARS sind im üblichen Trägerwellenbereich der heutigen EDMs im roten und nahem Infrarotbereich (600 nm – 900 nm) mit < 0,1 ppm praktisch vernachlässigbar. Größere Differenzen treten im Trägerwellenbereich um 200 nm mit ~1 ppm auf.

Wie wird aber mit den wie oben beschriebenen Daten die gemessene Strecke D_a korrigiert?

Für jedes EDM sind in den technischen Daten der Bedienungsanleitung die Bezugsatmosphäre mit Bezugstemperatur, Bezugsluftdruck und Bezugsfeuchte und meistens auch ein Bezugsbrechungsindex angegeben.

Bei allen Instrumenten der Firma 'Leica Geosystems' sind dies:

$$t_0 = 12^\circ\text{C}$$

$$p_0 = 1013,25 \text{ hPa}$$

$$rF_0 = 60 \%$$

$$N_0 = 286,34 \text{ bzw. } n_0 = 1,00028634$$

Bei der Firma 'Trimble' sind diese Angaben nicht so homogen, da die Tachymetersparte aus den Entwicklungen der übernommenen Firmen 'Zeiss' und 'Spectra-Precision' (Geodimeter) hervorgegangen ist. Für das 'Trimble S8' sind folgende Bezugsdaten angegeben:

$$t_0 = 20 \text{ °C}$$

$$p_0 = 1013,25 \text{ hPa}$$

$$rF_0 = 60 \%$$

$$N_0 = 278,23 \text{ bzw. } n_0 = 1,00027823$$

Die Streckenmessung erfolgt aber nicht immer bei der angegebenen Bezugsatmosphäre, so dass aus den meteorologischen Daten der für die aktuelle Atmosphäre gültige Brechungsindex n berechnet werden muss. Jetzt kann die tatsächliche Länge der Strecke berechnet werden:

$$D = D_a \cdot \frac{n_0}{n_l}$$

bzw. die meteorologische Korrektur K_n :

$$K_n = D - D_a = D_a \cdot \left(\frac{n_0 - n_l}{n_l} \right)$$

und mit $n \approx 1$ genügend genau:

$$K_n = D_a \cdot (n_0 - n_l)$$

Die vorstehend beschriebene Korrektur K_n wird auch als **1. Geschwindigkeitskorrektur** bezeichnet.

Wenn es eine 1. Geschwindigkeitskorrektur gibt, dann gibt es wahrscheinlich auch eine 2. Geschwindigkeitskorrektur. Und so ist es auch.

In der **2. Geschwindigkeitskorrektur** wird berücksichtigt, dass zur Bestimmung des aktuellen Brechungsindex i.d.R. am Stand- und Zielpunkt die meteorologischen Parameter erfasst werden und diese Brechungsindizes zur Streckenkorrektur gemittelt werden. Da aber die Bahnkurve des EDM-Signals eine geringere Krümmung aufweist als die Erdoberfläche, und somit nicht erdparallel verläuft, durchläuft der Messstrahl in der Mitte dichtere Luftschichten als an den Endpunkten, wo die meteorologischen Parameter gemessen wurden.

$$K_{\Delta n} = -(k - k^2) \cdot \frac{D^3}{12 \cdot R^2}$$

mit $k = \text{Refraktionskoeffizient}$ ($k_{\text{Licht}} \approx 0,13$)

$$R = \text{Erdradius} \approx 6371.000 \text{ m}$$

Diese Korrektur soll nur der Vollständigkeit halber hier aufgeführt werden, da die Korrekturwerte bei den heute mit EDMs gemessenen, verhältnismäßig kurzen Streckenlängen vernachlässigbar sind.

Korrektion $K_{\Delta n}$	Streckenlänge D [m]
-0,1 mm	7,5 km
-1 mm	16,3 km

Auf der Kalibrierstrecke 'Ganzkow' mit einer maximalen Streckenlänge von 1095 m beträgt $K_{\Delta n}$ max. $-0,3 \mu\text{m}$, auf der Kalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' mit einer maximalen Länge von 2000 m beträgt $K_{\Delta n}$ max. $-1,9 \mu\text{m}$.

2.5 Geometrische Reduktionen

Der Vollständigkeit halber seien an dieser Stelle auch die geometrischen Reduktionen erwähnt, da die gemessenen Strecken auf der Kalibrierstrecke natürlich auch horizontiert und evtl. in einen Bezugshorizont reduziert werden. Aber da es sich um keine vollständige Reproduktion des Kapitels 7.2 aus [6] handeln soll, sei eben auf dieses Buch verwiesen, und hier sollen nur die Ergebnisse dargestellt werden.

Nach der Korrektur der gemessenen Strecke um die atmosphärischen Einflüsse wird die Bahnkurve D erhalten. Die geometrischen Reduktionen beschäftigen sich mit dem Übergang auf den sphärischen Bogen S im Niveau des Bezugshorizontes.

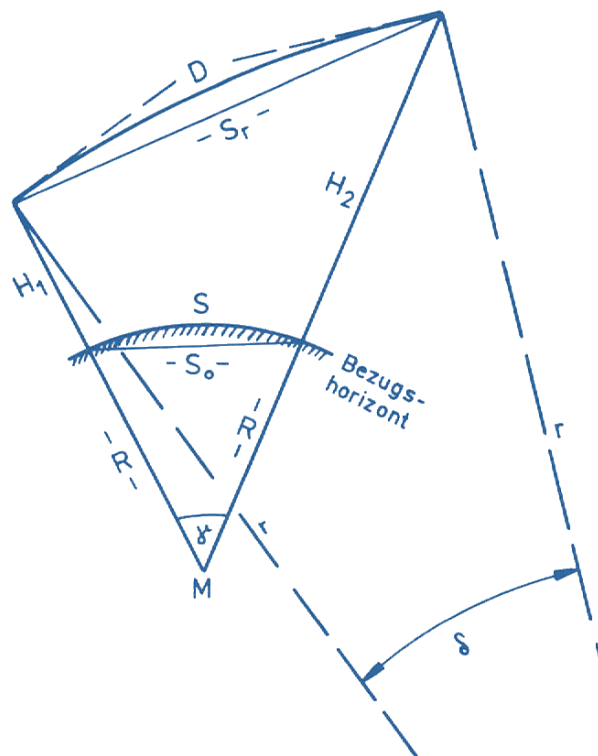


Abbildung 5: Geometrische Reduktionen [6]

2.5.1 Krümmungsreduktion

Die gemessene EDM-Strecke verläuft aufgrund der Dichteabnahme der Atmosphäre nicht geradlinig, sondern bei Annahme einer konzentrischen Schichtung der Atmosphäre und höhenlinearer Dichteabnahme auf einem Kreisbogen. Man spricht von Refraktion, die über den Refraktionskoeffizienten k als Verhältnis des Erdradius R zum Messbahnradius r angegeben wird.

$$k = \frac{R}{r} \approx \frac{1}{8} \approx 0,13 \quad \text{für Lichtwellen}$$

Die Reduktion der Messbahn D auf die Raumsehne S_r bezeichnet man als 'Reduktion wegen Bahnkrümmung' und kann wie folgt berechnet werden:

$$K_r = S_r - D = -k^2 \cdot \frac{D^3}{24 \cdot R^2}$$

2.5.2 Neigungs- und Höhenreduktion

Diese Reduktion beschreibt die Umrechnung von der Raumsehne S_r auf die Sehne S_0 im Niveau des Bezugshorizonts. Sie kann über bekannte Höhen im Stand- und Zielpunkt oder über eine bekannte Höhe und den gemessenen Zenitwinkel im Standpunkt erfolgen. Auf Kalibrierstrecken arbeitet man in der Regel mit bekannten Pfeilerhöhen, die um die Kippachs- und Reflektorhöhe addiert werden.

$$S_0 = R \cdot \sqrt{\frac{S_r^2 - (H_2 - H_1)^2}{(R + H_1) \cdot (R + H_2)}}$$

oder als Reduktion ausgedrückt:

$$K_{(\Delta H+H)} = S_r \cdot \left(\sqrt{\frac{1 - \left(\frac{H_2 - H_1}{S_r}\right)^2}{\left(1 + \frac{H_1}{R}\right) \cdot \left(1 + \frac{H_2}{R}\right)}} - 1 \right)$$

Um die Sehne S_0 auf den Bogen S auf der Erdoberfläche zu überführen, muss nun eine weitere Krümmungsreduktion, die **Erdkrümmungsreduktion** K_R , durchgeführt werden:

$$K_R = \frac{S_0^3}{24 \cdot R^2}$$

Als Ergebnis erhält man die auf das Ellipsoid bezogene Strecke $S = S_0 + K_R$.

2.5.3 Reduktion wegen Projektionsverzerrung

Sie beschreibt die Umrechnung der Ellipsoidstrecke S beim Übergang in ein ebenes Koordinatensystem. Die gängigsten Projektionen in Deutschland sind die 'Gauß-Krüger-Abbildung' und die 'UTM-Abbildung'.

Die Anwendung einer Abbildungsreduktion ist für Kalibrierstreckenmessungen nicht sinnvoll. Die Berechnung erfolgt bei der Sollstreckenbestimmung, wie auch bei der Messung mit dem zu prüfenden EDM in gleicher Weise und liefert einen identischen Korrektionsbetrag.

3 Fehlerbetrachtung

Bei dieser Genauigkeitsabschätzung geht es nicht um die Genauigkeit des zu kalibrierenden Tachymeters, sondern um Fehlereinflüsse der Prüfeinrichtungen, die sich auf das Kalibrierergebnis auswirken. So wird z.B. bei der Bestimmung der Nullpunktkorrektur auch ein entfernungsabhängiger Anteil berechnet, der sich nur berechnen lässt, wenn die Pfeilerabstände der Kalibrierstrecke bekannt sind. Wie wirken sich nun Fehler in den Pfeilerabständen auf diese Kalibriergröße aus, bzw. ab welchem Wert kann diese noch als signifikant ausgegeben werden?

3.1 Einflussgrößen

3.1.1 Genauigkeit der Frequenzprüfung

Bei der Kalibrierung aller Tachymeter wird mit Hilfe einer Frequenzprüfeinrichtung die Frequenz des Feinmaßstabes bestimmt, aus der das Instrument den Maßstab für die Streckenmessung ableitet. Als Frequenzzähler wird beim LAiV M-V der Fluke PM6690 in der Ausführung 'High Stability' (OCXO = Quarzofen) eingesetzt, der eine Stabilität von $< 1 * 10^{-8}$ aufweist. Als Anbindung an internationale Normale wird das DCF-77-Frequenznormal der Firma Schwille (Typ 860-000) eingesetzt, das eine Genauigkeit von $1 * 10^{-8}$ bei 10 Sekunden Messzeit liefert. Damit ist auch die Genauigkeit der Frequenzprüfung bei den Tachymetern mit $1 * 10^{-8}$ (= **0,01 ppm**) festgelegt. (Für ein 100 MHz-Instrument, wie z.B. die modernen Leica-Tachymeter ab der TPS1100-Serie, bedeutet dies eine max. Abweichung der Erfassung der Frequenz von 1 Hz.) Für die Fehlerabschätzung kann der Einfluss der Genauigkeit der Frequenzprüfung von 0,01 ppm vernachlässigt werden.

3.1.2 Genauigkeit der Sollstrecken der Kalibrierstrecke

Die Bestimmung der Sollstrecken der Kalibrierstrecke '**Neustadt-Glewe**', die etwa alle drei Jahre mit dem Präzisionsstreckenmessinstrument Kern Mekometer 'ME5000' durchgeführt wird, erbrachte die in der folgenden Tabelle dargestellten Ergebnisse.

Zur Tabelle sei angemerkt, dass die Kalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' aus zehn Messpfeilern besteht, von denen aber nur die ersten sieben für die Standard-EDM-Kalibrierungen benutzt werden. Deshalb sind die drei letzten Zeilen der Tabelle grau hinterlegt ("ausgegraut"). Die weiteren drei Pfeiler erweitern den Messbereich der Strecke von 680 m auf 2000 m. Eine Kalibrierung über alle 10 Pfeiler wird nur mit den eigenen Instrumenten des LAiV M-V und auf besonderen Kundenwunsch durchgeführt, wenn das Tachymeter für die Messung so großer Distanzen eingesetzt wird.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Sollstreckenbestimmungen der Kalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' zwischen 1998 - 2009

Strecke	Messungen					Differenzen [mm] zu 1998			
	1998	2000	2003	2005	2009	2000	2003	2005	2009
P1 - P2	27,1622	27,1622	27,1624	27,1624	27,1622	0,0	-0,2	-0,2	0,0
P2 - P3	161,1492	161,1505	161,1511	161,1510	161,1518	-1,3	-1,8	-1,8	-2,6
P3 - P4	110,6324	110,6322	110,6322	110,6318	110,6315	0,2	0,2	0,6	0,9
P4 - P5	244,7022	244,7019	244,7003	244,7002	244,6999	0,3	1,9	2,0	2,3
P5 - P6	81,4603	81,4603	81,4604	81,4605	81,4608	0,0	-0,1	-0,2	-0,5
P6 - P7	54,6461	54,6460	54,6462	54,6460	54,6458	0,1	-0,1	0,1	0,3
P7 - P8	320,3129	320,3135	320,3132	320,3136	320,3138	-0,6	-0,3	-0,7	-0,9
P8 - P9	536,6709	536,6713	536,6710	536,6712	536,6714	-0,4	-0,1	-0,3	-0,5
P9 - P10	665,3077	665,3074	665,3065	665,3064	665,3158	0,3	1,2	1,3	-8,1

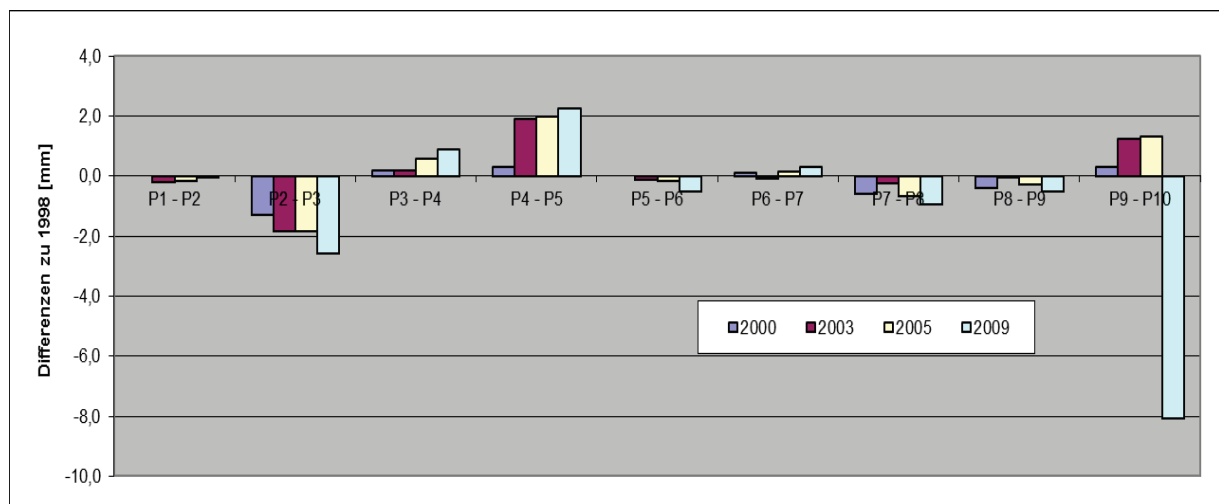


Abbildung 6: Grafische Darstellung der Veränderung der Pfeilerabstände

Aus der freien Ausgleichung ergeben sich Genauigkeiten von ca. **0,3 mm** für die Pfeilerabstände. Dieser Wert deckt sich auch mit den Herstellerangaben der Firma Kern für das Mekometer ME5000 von "0,2mm + 0,2ppm (bei einer hinreichend genauen Erfassung und Korrektion des meteorologischen Einflusses)" [8].

Angemerkt sei noch, dass das Mekometer ME5000 mind. jährlich einer Frequenzüberprüfung unterzogen wird, aus der sich der Maßstab für die Streckenmessung ableitet. Die Werte sind über die letzten 5 Jahre konstant bei +0,40ppm. Ein Erwärmungseffekt bei 2 Stunden Dauerbetrieb wurde mit +0,08ppm festgestellt. Die Frequenzabweichung wird in der Auswertung zur Bestimmung der Pfeilerabstände berücksichtigt.

3.1.3 Genauigkeit der Zwangszentrierung der Messpfeiler

Die Aufnahme des Prismas während der Kalibriermessung erfolgt auf der Kalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' über den Pfeilern zugeordnete DreifüÙe mit Dreiklauensystem (Wild-Zentrierung). Die Abweichung zwischen der $\frac{5}{8}$ "-Bohrung und der 80 mm-Zentrieraufnahme kann durchaus Werte bis 0,4 mm annehmen, was bei sämtlichen an der Hochschule Neubrandenburg verfügbaren DreifüÙen ausgemessen wurde. Dadurch, dass aber immer der gleiche DreifuÙ auf dem gleichen Pfeiler aufgeschraubt wird, und das mit ungefähr gleicher Kraft, ist die Exzentrizität annähernd immer identisch. Ein Restfehler aus der Zentrierung über das recht groÙe $\frac{5}{8}$ "-Gewinde beim Aufschrauben wird mit **0,07 mm** abgeschätzt. Es wird der ungünstigste Fall unterstellt, dass sich die Exzentrizität genau in Messrichtung auswirkt. (Angemerkt sei noch, dass die Zentrierung des Mekometers ME5000 während der Sollstreckenbestimmung über die gleichen DreifüÙe erfolgt.)

Bei einer gemessenen Strecke zwischen zwei Pfeilern, ist der Zentrierfehler zweimal vorhanden, so dass sich der Einfluss des Zentrierfehlers auf die gemessene Strecke nach Fehlerfortpflanzungsgesetz zu **0,1 mm** ergibt.

$$s_z = \sqrt{(0,07 \text{ mm})^2 + (0,07 \text{ mm})^2} = 0,1 \text{ mm}$$

3.1.4 Genauigkeit der Temperatur- und Luftdruckerfassung

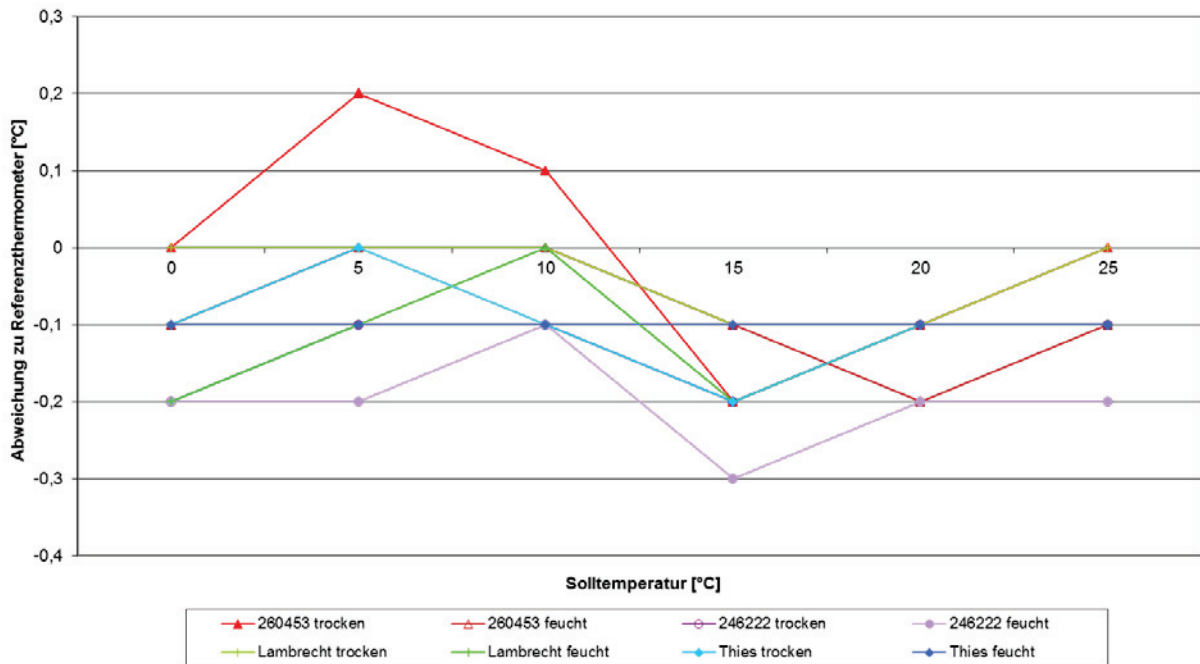
Die Messung der Temperatur erfolgt auf der Kalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe', wie auch auf der Kalibrierstrecke 'Ganzkow' mittels elektronischen Thermometern. Die genaue Bezeichnung und Genauigkeit der vom LAiV M-V zur Verfügung gestellten Thermometer ist mir nicht bekannt, sollte sich aber mit denen von der Hochschule Neubrandenburg eingesetzten Thermometern decken. Hier handelt es sich um die 'MeteoStation HM30' der Firma Thommen mit einer angegebenen Genauigkeit für die Temperaturmessung von 0,3 °C.

Um diese Herstellerangaben zu verifizieren wurde im November 2005 eine Überprüfung aller bei der EDM-Kalibrierung eingesetzten Thermometer (HM30 und Quecksilberthermometer der Aspirationspsychrometer) durchgeführt.

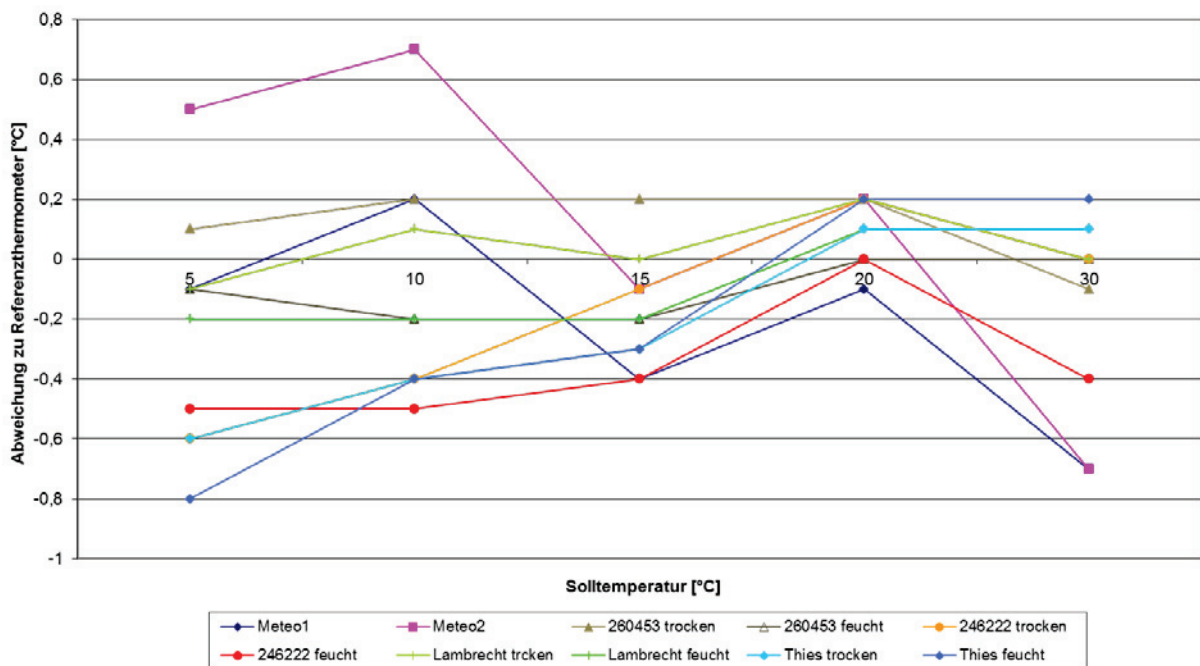
Als Referenzthermometer wurde ein Flüssigkeits-Glasthermometer der Firma Lambrecht, Nr. 2484 verwendet, welches durch das Eichamt Wertheim am 19.07.2000 geeicht wurde.

Die Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt:

Vergleich der Thermometer im Wasserbad



Vergleich der Thermometer im Vertikalkomparator



Die Überprüfung zeigt zum einen, dass im Wasserbad die Temperatur genauer bestimmt werden kann als im Medium Luft (hier Vertikalkomparator für Präzisionsnivellierlaten). Zum

anderen wird deutlich, dass die Erfassung der Lufttemperatur mit der Thommen Meteo-Station HM 30 nicht so genau erfolgen kann wie mit den Aspirationspsychrometern.

Die Messungen der MeteoStation HM 30 im Vertikalkomparator, wie auch Erfahrungen bei der Temperaturerfassung auf der Kalibrierstrecke zeigen, dass die angegebene Genauigkeit von 0,3 °C sehr optimistisch ist und ein Wert von **1 °C** als realistisch angesehen werden kann. Dies entspricht einem Streckenfehler von **1 ppm**.

Die Erfassung des Luftdrucks erfolgt auf der Kalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' mit Aneroidbarometern der Firma Fischer, die eine Genauigkeit von **1 hPa** liefern. Dies entspricht einem Streckenfehler von **0,3 ppm**.

3.2 Genauigkeitsabschätzung für die zu ermittelnden Kalibrierparameter

Während der Auswertung der Kalibrierstreckenmessung mit der Bestimmung der Additionskonstante und der entfernungsabhängigen Nullpunktkorrektur durch eine Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen wird natürlich auch die Standardabweichung der o.g. Größen mitbestimmt. Über einen Student-t-Test wird auf einfache Weise die Signifikanz der berechneten Kalibrierparameter ermittelt. Hier wird aber nur die innere Genauigkeit der Kalibrierstreckenauswertung betrachtet; es gibt aber noch weitere Einflussgrößen, die im vorherigen Kapitel erläutert wurden. So geht die Ausgleichsrechnung bei der Kalibrierstreckenauswertung z.B. von fehlerfreien Pfeilerabständen aus. In Wirklichkeit sind diese natürlich nicht fehlerfrei. Wie wirken sich nun diese äußeren Einflussgrößen auf die Kalibrierergebnisse aus? Im Folgenden sollen Hinweise zur **Signifikanzabschätzung** der ermittelten Kalibrierparameter bezüglich dieser Einflussgrößen gegeben werden.

Die Durchführung von Hypothesentests (wie F-Test, oder Student-t-Test) ist in den folgenden Fällen nicht möglich, da nicht zwei Stichproben zur Verfügung stehen, die gegeneinander getestet werden können.

3.2.1 Signifikanz des aus der Frequenzmessung abgeleiteten Maßstabsfehlers k_m

Die Fehler der Frequenzprüfeinrichtung von 0,01 ppm, wie sie in Kapitel 3.1.1 dargelegt wurden, haben keinen Einfluss auf die Signifikanzabschätzung. Größer ist da schon der Einfluss der angezeigten Sollfrequenz bei Leica-Tachymetern oder der Genauigkeit der automatischen Temperaturstabilisierung der TCXO-Quarze bei Trimble-Instrumenten. Wird das Einlaufverhalten des Quarzes bei der Frequenzmessung untersucht, so kann festgestellt werden, dass in der Anfangsphase, der Phase der stärksten Erwärmung des Quarzes, Sprünge von 5 Hz zwischen den angezeigten Sollfrequenzen auftauchen. Dies bedeutet bei einem 100 MHz-EDM eine Genauigkeit der Sollfrequenzanzeige von 0,05 ppm. In dieser

Größenordnung wird auch die Stabilisierungsgenauigkeit des TXCO-Quarzes eingeschätzt. D.h., dass die Maßstabsbestimmung km aus der Frequenzmessung sehr genau erfolgen kann und quasi jede Maßstabsangabe signifikant ist, da diese sinnvollerweise auf 0,1 ppm gerundet wird.

3.2.2 Signifikanz der aus Pfeilerstrecken abgeleiteten Additionskonstante

Vereinfacht gesagt werden hier die gemessenen Strecken mit den Pfeilerabständen, die als Sollstrecken angenommen werden, verglichen. Die Differenz entspricht der Additionskonstante. Ganz so einfach ist das allerdings nur bei zwei Messpfeilern (eine Sollstrecke). Die meisten Kalibrierstrecken bestehen aber aus mind. 7 Pfeilern, so dass mind. 21 mal unabhängig die Additionskonstante bestimmt werden kann. I.d.R. wird auch noch parallel ein Maßstab mitgeschätzt und die Strecken werden gemäß ihrer Länge unterschiedlich gewichtet.

Bei obenstehender Überlegung wird sofort deutlich, dass sich ein Fehler in den Pfeilerabständen direkt auf die Additionskonstantenberechnung auswirkt. Wie genau ist aber der Abstand der Pfeiler? Einfluss darauf haben die Genauigkeit der Bestimmung der Pfeilerabstände mit dem Mekometer ME5000 (3.1.2) und die Zentriergenauigkeit (3.1.3). Diese lassen sich über das Fehlerfortpflanzungsgesetz zusammenführen.

$$s_{Pfeiler_{ges}} = \sqrt{s_{Pfeiler}^2 + 2 \cdot s_Z^2}$$

mit:

$$s_{Pfeiler} = \text{Genauigkeit der Pfeilerabstände} = 0,3 \text{ mm}$$

$$s_Z = \text{Zentrierfehler pro Pfeiler} = 0,07 \text{ mm}$$

Somit ergibt sich die Gesamtstandardabweichung der Pfeilerabstände zu:

$$s_{Pfeiler_{ges}} = \sqrt{(0,3 \text{ mm})^2 + 2 \cdot (0,07 \text{ mm})^2} = 0,32 \text{ mm}$$

D.h., dass alle berechneten Additionskonstanten, die kleiner als 0,32 mm sind, als nicht signifikant eingestuft werden müssten, oder zumindest sollte die Signifikanz stark hinterfragt werden.

Parallel zur Berechnung der Additionskonstante über eine Ausgleichsrechnung unter Verwendung der Sollstrecken wird auch eine Ausgleichung ohne Verwendung von Sollstrecken gerechnet. Die über beide Ansätze bestimmten Additionskonstanten sollten im Bereich weniger $\frac{1}{10}$ mm identisch sein. Ist dies nicht der Fall, so könnte es an fehlerhaften Sollstrecken liegen. Um diese Vermutung näher zu beleuchten werden beim zweiten Ansatz die Pfeilerabstände mitgeschätzt, so dass schnell erkannt werden kann, wenn eine Sollstrecke sich verändert hat. Dies ist z.B. bei Pfeiler 10 der Kalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' zu sehen, der durch ein landwirtschaftliches Fahrzeug touchiert wurde (siehe Tabelle 1:

Gegenüberstellung der Sollstreckenbestimmungen der Kalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' zwischen 1998 - 2009').

Eine Idee entstand im Gespräch mit dem Betreuer Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Larisch zu o.g. Problematik: Wenn man eine Ausgleichung mit "weicher" Lagerung durchführt, d.h. die Pfeilerabstände nicht fixiert, sondern mit Standardabweichungen belegt, sollte die Signifikanz direkt aus der Ausgleichung abgeleitet werden können. Leider fehlte die Zeit dieses auszuprobieren, da der Quellcode doch umfangreich geändert werden muss, aber es wird mit Sicherheit in näherer Zukunft getestet.

3.2.3 Signifikanz der aus Pfeilerstrecken abgeleiteten entfernungsabhängigen Nullpunktkorrektur

Auch für die Signifikanz der entfernungsabhängigen Nullpunktkorrektur spielt die Genauigkeit der **Pfeilerabstände** eine wichtige Rolle. Teilt man die unter 3.2.2 ermittelte Gesamtstandardabweichung der Pfeilerabstände von 0,32 mm durch den Pfeilerabstand selbst, so erhält man ein Verhältnis, das in ppm ausgedrückt die Signifikanzschwelle für den ermittelten Maßstabsfaktor angesetzt werden kann.

Die nachfolgende Tabelle listet dieses Verhältnis für die einzelnen Pfeilerabstände der Kalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' auf.

Pfeilerabstand [m]	Verhältnis der Genauigkeit des Pfeilerabstandes zum Pfeilerabstand selbst [ppm]
27,1592	11,6
188,3123	1,7
298,9430	1,1
543,6416	0,6
625,1029	0,5
679,7488	0,5
161,1502	2,0
271,7814	1,2
516,4804	0,6
597,9409	0,5
652,5882	0,5
110,6276	2,9
355,3263	0,9
436,7883	0,7
491,4347	0,6
244,6960	1,3
326,1581	1,0
380,8032	0,8
81,4577	3,9
136,1036	2,3
54,6427	5,8
Mittel =	<u>1,9</u>

Da die Standardabweichung der Pfeilerabstände konstant ist, ist die Signifikanzschwelle bei den kürzeren Stecken höher als bei den längeren. In diesem Fall liegen die Werte zwischen 0,5 ppm und 11,6 ppm. Die einfache Bildung des Mittelwertes der 21 Signifikanzschwellen ist zwar nicht der korrekte Ansatz, aber zur reinen Abschätzung der Signifikanz sei es legitim.

D.h., dass die entfernungsabhängige Nullpunktkorrekturen aus den Pfeilerstrecken nur mit einer Genauigkeit von ~2 ppm bestimmt werden kann, oder anders ausgedrückt: Alle entfernungsabhängigen Nullpunktkorrekturen kleiner 2 ppm können als nicht signifikant betrachtet werden.

Auch in diesem Fall wäre ein Ausgleichungsansatz über eine "weiche" Lagerung sinnvoll, um den entfernungsabhängigen Teil der Nullpunktkorrektur auf Signifikanz zu testen.

Aber auch die **Meteorologie** hat Einfluss auf die entfernungsabhängige Nullpunktkorrektur. Wie im Kapitel 3.1.4 dargelegt wurde, kann die Temperatur nur auf ca. 1°C und der Luftdruck

auf ca. 1 hPa genau erfasst werden. Die mit dem zu kalibrierenden Tachymeter gemessenen Strecken können so nur mit einer Genauigkeit von 1,3 ppm korrigiert werden.

Allein durch den Einfluss der Meteorologie kann eine berechnete entfernungsabhängige Nullpunktkorrektur, die kleiner als 1,3 ppm ist, als nicht signifikant angesehen werden.

Addiert man beide Einflussgrößen über das Fehlerfortpflanzungsgesetz, so ergibt sich eine Schwelle von **2,3 ppm** unter der eine berechnete entfernungsabhängige Nullpunktkorrektur nicht mehr als signifikant angenommen werden kann.

Hier zeigt sich, dass die Bestimmung des Maßstabsfaktors (entfernungsabhängige Nullpunktkorrektur) aus der Kalibrierstreckenmessung als äußerst kritisch angesehen werden muss. Wesentlich genauer ist die Bestimmung über eine Frequenzmessung (besser 0,05 ppm). Dies ist auch ein Grund, neben dem reduzierten Aufwand, dass die Instrumentenhersteller den Maßstab des EDMs allein aus einer Frequenzmessung bestimmen.

4 Konzeption der Software zur EDM-Kalibrierung

Auslöser für die Erneuerung der Soft- und Hardware zur Kalibrierung elektro-optischer Distanzmessgeräte beim LAiV M-V war der anstehende Wechsel des Betriebssystems von 'Microsoft Windows XP' auf 'Windows7-64bit' und die Erneuerung des Office-Paketes von 'Microsoft Office 2003' auf 'Office 2010'. Zudem konnten einige Tachymeter der neuesten Generation nicht mehr auf der bestehenden Frequenzmesseinrichtung geprüft werden.

4.1 Grundüberlegungen und Allgemeines

Die alte Kalibriereinrichtung teilte sich in zwei Bereiche auf: Der Frequenzmessplatz mit zugehöriger Software und das Programm zur Auswertung der Kalibrierstreckenmessungen. Es wurde schnell klar, dass eine Zusammenführung beider Programme vor allem aus Sicht der Arbeitsabläufe nicht sinnvoll ist:

Die Frequenzmessung wird in der Justierwerkstatt des LAiV M-V durchgeführt. Dann fährt der Kunde mit seinen Instrumenten zur Kalibrierstrecke nach Neustadt-Glewe, führt die Messungen durch, fährt zurück zum LAiV M-V nach Schwerin, um die Kalibrierstreckenausrüstung (Schlüssel für Pfeilerkappen, Dreifüße, Kippachshöhenmesseinrichtung, Thermometer, Barometer,...) und die handschriftlich erfassten Messdaten abzugeben. Jetzt werden diese Messdaten und der Maßstabsfaktor aus der Frequenzprüfung mit Hilfe des separaten Eingabeprogramms erfasst. Über das Auswerteprogramm wird die Berechnung der Nullpunktkorrektur ausgeführt. Die Protokolle und die Kalibrierbescheinigung müssen nachbearbeitet werden und können dann an den Kunden verschickt werden.

D.h. es gibt sowohl eine zeitliche, als auch räumliche Trennung zwischen der Frequenzprüfung und der Auswertung der Kalibrierstreckenmessung. Zudem gibt es auch eine personelle Trennung: Die Frequenzmessung wird durch Herrn Hagemeister durchgeführt; die Auswertung erledigte Herr Lüdemann, der überraschend im September 2012 verstarb. Diese Aufgabe hat die Sachgebietsleiterin Frau Niemeyer übernommen.

4.2 Frequenzprüfung

Zur Konzeptionserstellung wurde die bestehende Frequenzmesseinrichtung des LAiV M-V begutachtet. Es wurden Empfehlungen erarbeitet, welche Teile erneuert werden müssen und welche weiterhin verwendet werden können:

- Für die Zeiss Elta Tachymeter, die sich nicht mehr lange im Markt befinden werden, sollte die vorhandene Frequenzmesseinrichtung weiter genutzt werden. Diese kann

an den neuen Frequenzzähler angeschlossen und durch die neue Software gesteuert werden.

- Die Kalibrierung der Impulsentfernungsmesser, wie z.B. Trimble DR200+/DR300+ ist mit der alten Einrichtung nicht möglich, da die alte Frequenzmesssoftware dieses spezielle Kalibrierverfahren nicht unterstützt.
- Die Frequenzbestimmung bei den hochfrequenten Trimble-Instrumenten mit 300 bzw. 400 MHz ist mit der alten Frequenzprüfeinrichtung nicht möglich. Dafür muss ein neuer Messkopf angeschafft werden.

Die folgenden beiden Komponenten sollten ersetzt werden:

- Das vorhandene Digitaloszilloskop HP 54600B ist zwar in der Lage Signale bis 100MHz darzustellen, ist aber bei den mit 100MHz arbeitenden Leica-Tachymetern zu träge, so dass der Einsatz eines analogen Oszilloskops wie das Tektronix 2465B mit einer Bandbreite von 400 MHz empfohlen wird. Interessant wäre auch ein Oszilloskop mit PC-Schnittstelle (USB, RS-232 oder GPIB), so dass die Grundeinstellungen für die einzelnen Tachymeter durch die Frequenzprüfsoftware eingestellt werden können.
- Der bisher verwendete Frequenzzähler sollte durch einen Zähler mit größerer Bandbreite bis mind. 500MHz ausgetauscht werden. Es sollte nach Möglichkeit ein Universalzähler und kein "rechnender" Zähler angeschafft werden. Die meisten Zähler können am Standardeingang (A) bis max. 200 MHz Signale verarbeiten, können aber über einen optional erhältlichen Eingang (meist C) für höhere Frequenzen erweitert werden. Wichtig ist, dass der Zähler über eine Schnittstelle zum PC verfügt (USB, RS232 oder GPIB-Bus), um den Zähler durch die Software steuern zu können.

Wichtigster Punkt bei der Aktualisierung der Frequenzmesseinrichtung ist die Erneuerung der Software.

- Diese sollte in der Lage sein den Frequenzzähler in die unterschiedlichen Messmodi zu schalten, um sowohl die Impulslaufzeit-EDM (mittelwertbildende Periodenmessung), als auch die Phasenvergleichs-EDM (wahre gezählte Impulse pro Zeit) messen zu können.
- Zudem sollten alle EDM-Parameter in einer leicht zu erweiternden Datei abgelegt sein, über die die Software den Frequenzzähler in den entsprechenden Modus schalten kann und Grundeinträge für das Protokoll entnehmen kann.
- Über die Software sollte der Frequenzzähler mit Hilfe des vorhandenen DCF-77-Frequenznormal überprüft / kalibriert werden können und die Verbesserungen sollten bei den folgenden Frequenzkalibrierungen angebracht werden können.
- Es sollte sowohl eine manuelle Frequenzprüfung möglich sein, bei der der Zeitpunkt der Messung 'von Hand' festgelegt wird, als auch eine automatisierte Messung über einen längeren Zeitraum mit wählbarem Intervall, so dass das Einlaufverhalten des Quarzes bestimmt werden kann.

- Eine Lösung mit graphischer Oberfläche und intuitiver Bedienung sollte heute Standard sein. Eine Anbindung an bzw. Integration in Microsoft Excel wird empfohlen, da dadurch die Bedienung sehr gewohnt erscheint. Des Weiteren lässt sich die Protokollerstellung, evtl. mit Diagrammdarstellung des Einlaufverhaltens des EDM, relativ einfach programmtechnisch umsetzen. Es können noch spezielle Kommentare ergänzt, oder Kopfdaten geändert werden; auch einzelne, offensichtliche Fehlmessung können gelöscht werden, ohne dass die ganze Frequenzmessung wiederholt werden muss.

Aus diesen Grundüberlegungen wurde die Frequenzprüfeinrichtung wie folgt aufgebaut:

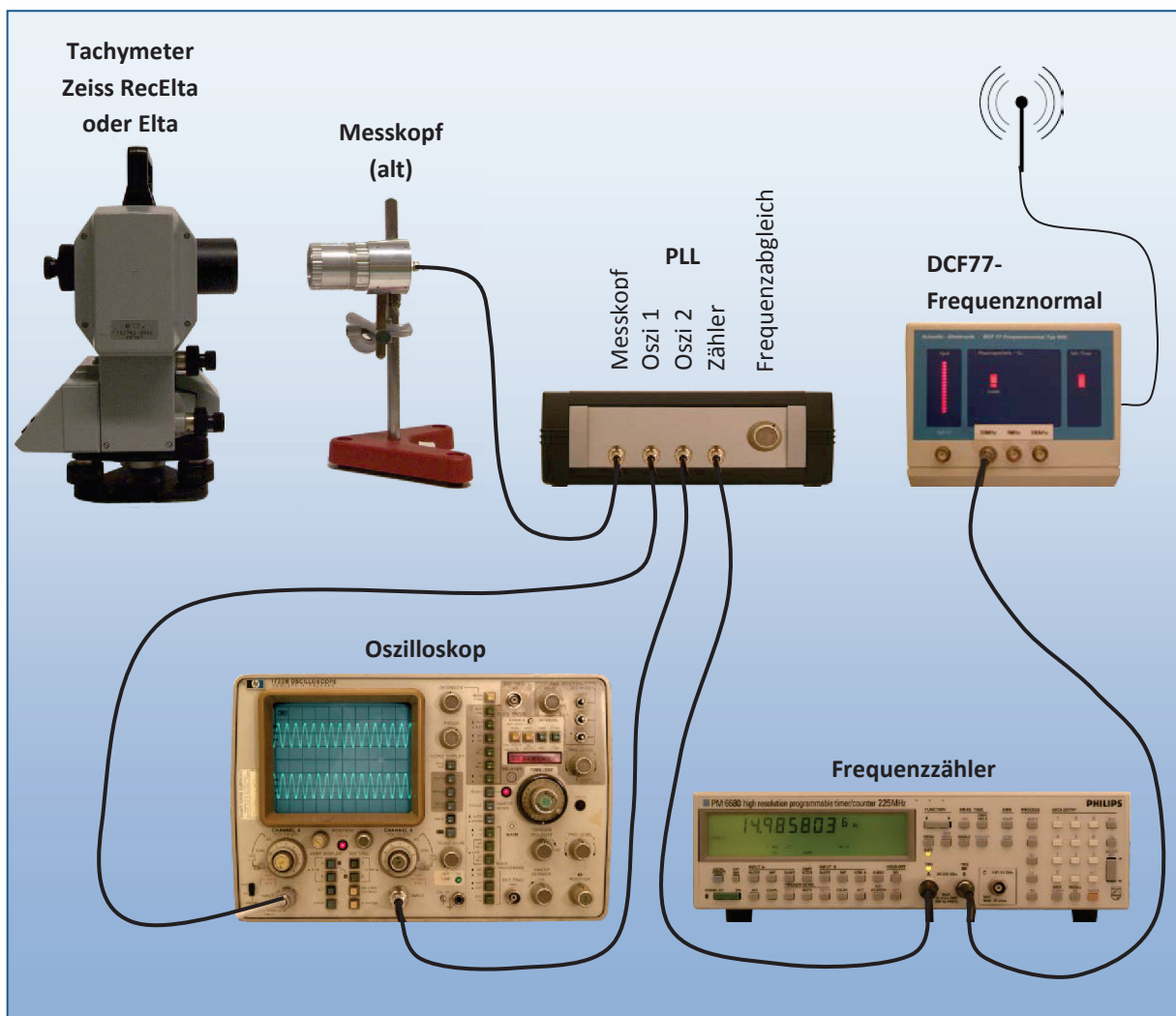


Abbildung 7: Verkabelung der Frequenzprüfeinrichtung bei der Kalibrierung von Zeiss Elta-Tachymetern

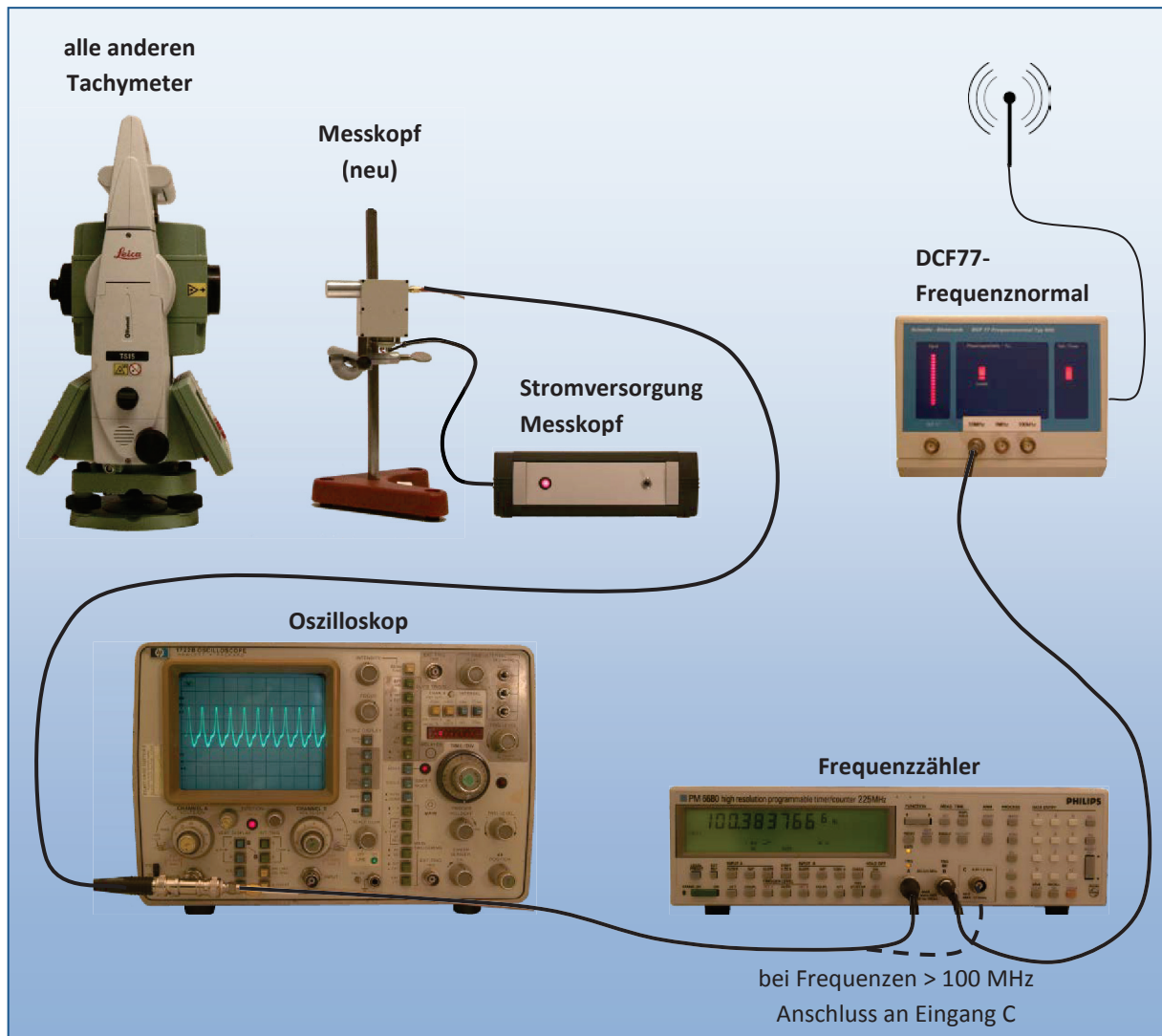


Abbildung 8: Verkabelung der Frequenzprüfeinrichtung bei der Kalibrierung aller anderen Tachymeter

4.3 Bestimmung der Nullpunktkorrektion

Bei der Konzeption der Software zur Auswertung der Kalibrierstreckenmessungen wurde zunächst folgende Frage aufgeworfen:

Wie sollen die Messdaten erfasst werden?

1. **Speicherung im Tachymeter und anschließendes Einlesen in die Auswertesoftware**
Die naheliegendste Lösung, aber in der Praxis nicht / oder nur mit großem Aufwand umsetzbar. Die Speichermaske / der Exportfilter müsste so angepasst werden, dass alle für die Kalibrierstreckenauswertung relevanten Daten auch gespeichert / exportiert werden. Dies erfordert eine sehr intensive Kenntnis aller zu kalibrierenden Instrumente. Darüber hinaus sind die meisten Kunden nicht begeistert, wenn man ihnen etwas am Tachymeter "verstellt".

2. **Übertragung der Messdaten auf einen feldtauglichen Controller / Tablet-PC mit spezieller Erfassungssoftware**

Die Lösung ist hard- und softwaretechnisch aufwendig, stellt aber sicher, dass alle Daten richtig erfasst werden und anschließend auch problemlos in die Auswertesoftware eingelesen werden können.

Problematisch ist hier die Umstellung der Tachymeter auf die Speicherung der Messdaten an die Schnittstelle. Auch hier ist umfangreiches Knowhow erforderlich und es darf nicht vergessen werden, die Speicherung nach der Kalibriermessung wieder auf den internen Speicher, bzw. die Speicherkarte umzustellen. Bei den modernen Trimble-Tachymetern ist eine einfache Umstellung des Speicherziels gar nicht mehr möglich.

Darüber hinaus ist es sowohl programmtechnisch, als auch vom Handling im Außendienst schwierig, mehrere Tachymeter gleichzeitig auf der Pfeilerstrecke zu kalibrieren, was in der Praxis üblich ist um Fahrwege und somit auch Zeit zu sparen.

3. **Eingabe auf einem feldtauglichem Controller / Tablet-PC mit spezieller Erfassungssoftware**

Bei dieser Lösung ist der hard- und softwaretechnische Aufwand vergleichbar mit Lösung 2. Allerdings wird hier das Tachymeter nicht per Kabel oder Bluetooth mit dem Controller / Tablet-PC verbunden, sondern die Messdaten werden vom Display des Tachymeters abgelesen und in die Erfassungssoftware eingetippt. Mögliche grobe Übertragungsfehler können gleich im Felde durch einen Vergleich mit den Sollstrecken aufgedeckt werden. Fehler im cm- und mm-Bereich können nicht erkannt werden, fallen aber bei der anschließenden Gesamtauswertung / -ausgleichung als Ausreißer auf.

4. **Aufschrieb in einem speziellen Formular**

Diese Lösung bedarf keiner Veränderungen der Einstellungen am Tachymeter und der geringsten Einweisung des Kunden. Das Formular ist selber Neukunden schnell im Zusammenhang mit dem Arbeitsablauf auf der Kalibrierstrecke erklärt. Der Kunde kann nichts vergessen, wenn er alle Felder ausfüllt. Ein paralleles Arbeiten mit mehreren Instrumenten ist problemlos möglich, in dem mehrere Formulare verwendet werden. Nachteilig bei dieser Lösung ist, dass anschließend die Messdaten vom Formular in das Auswerteprogramm eingegeben werden müssen. Dies kann durch einen Mitarbeiter des LAiV M-V erfolgen, oder es wird eine separate Eingabesoftware zur Verfügung gestellt, in die der Kunde die Daten eingeben kann und anschließend die Eingabedatei per E-Mail an das LAiV M-V übermittelt.

Aus der Erfahrung des Betriebs der Kalibrierstrecke der Hochschule Neubrandenburg in Ganzkow sind nur die Messdatenerfassungen nach 3. und 4. praktikabel, solange nicht ein genormtes Datenformat für Tachymetermessungen existiert und von allen Herstellern umgesetzt ist. An der Hochschule Neubrandenburg und beim LAiV M-V wird nach Variante 4. vorgefahren, wobei die Daten durch die Kalibrierstelle eingegeben werden. Die Vorhaltung eines

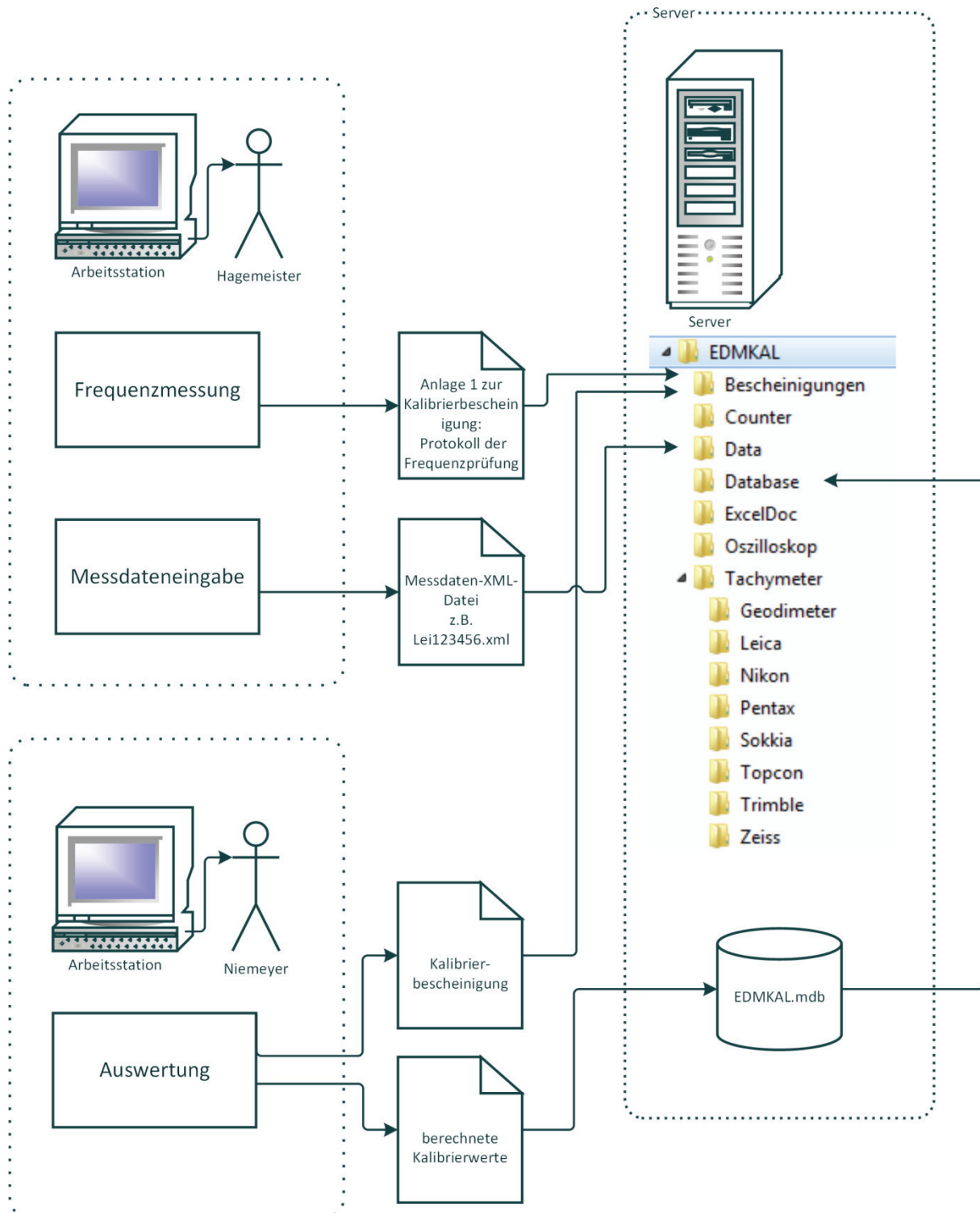
feldtauglichen Tablet-PC ist sehr teuer, und würde fast die gesamten Einnahmen des Betriebes der Kalibrierstrecke auffressen. Zudem müssen die Daten anschließend auch noch überspielt werden. Dies kostet auch Zeit, und der Zeitgewinn gegenüber der Messdateneingabe ist nicht beträchtlich. (Die Eingabe der Messdaten für ein zu prüfendes Tachymeter dauert etwa eine gute Viertelstunde.)

Die Option einer **separaten Eingabesoftware** sollte berücksichtigt werden. So ist es wie mit der bisherigen Software möglich, dass der Mitarbeiter der Justierwerkstatt des LAiV M-V, die Messdaten eingibt und die Dateien auf einem Netzlaufwerk zur Auswertung zur Verfügung stellt.

Eine Eingabe der Daten durch den Kunden, wie er unter 4. beschrieben wurde, ist mit der separaten Eingabesoftware auch möglich, wenn diese per Download oder CD dem Kunden zur Verfügung gestellt wird.

4.4 Gesamtkonzept

Bildlich zusammengefasst sieht das Zusammenspiel zwischen Frequenzprüfung, Messdateneingabe und Auswertung mit Verteilung der Arbeitsprozesse wie folgt aus:



Hier wird sofort deutlich, dass eine effektive Zusammenarbeit nur möglich ist, wenn alle Parameter- und Eingabedateien, die Kalibrierbescheinigungen, sowie die Datenbankdatei auf einem zentralen Netzlaufwerk abgelegt werden.

4.4.1 VBA, VSTO oder eigenständiges Windows-Programm

Nachdem die Arbeitsabläufe analysiert sind und das Zusammenspiel der beiden Programmpakete (Frequenzprüfung und Kalibrierstreckenauswertung) prinzipiell festgelegt ist, besteht die nächste Überlegung darin, das zu verwendende Entwicklungswerkzeug festzulegen. Aus den Anforderungen des LAiV M-Vs geht hervor, dass das Kalibrierprotokoll als Excel-Arbeitsmappe erstellt werden soll. Da liegt es nahe, die in Excel integrierte Entwicklungsumgebung zu verwenden und das Programm in 'VisualBasic für Anwendungen (VBA)' zu schreiben.

4.4.1.1 VisualBasic für Anwendungen (VBA)

In dieser Sprache war auch bereits das bisherige Programm zur Auswertung der Kalibrierstreckenmessungen geschrieben, das Mitte der neunziger Jahre durch das damalige Landesvermessungsamt in Person von Herrn Haberkamp entwickelt wurde. VBA hat einige Vor- und Nachteile, die im Folgenden aufgezählt werden sollen:

Vorteile von VBA:

- Die Entwicklungsumgebung (VisualBasic Editor) ist bereits in Excel integriert und so ohne zusätzliche Kosten verfügbar.
- Die Sprache ist von der Syntax her leicht zu erlernen. Durch den integrierten Makrorecorder kann VBA-Code einfach durch die Bedienung von Excel erzeugt werden, der in der Entwicklungsumgebung angeschaut und modifiziert werden kann.
- Mit VBA kann man sehr schnell kleine Erweiterungen der Funktionalität von Excel erstellen.
- Der VBA-Code wird nicht kompiliert, sondern während der Laufzeit interpretiert. Dadurch ist es möglich den Code während der Ausführung zu korrigieren (Debugging), was die Fehlersuche sehr angenehm macht.

Nachteile von VBA:

- Den Makrorecorder gibt es bereits seit den ersten Versionen von Excel. Die Erzeugung von VBA-Code mithilfe des Makrorecorders gibt seit Excel'97. Seit dieser Zeit wurde VBA nur um einzelne Befehle ergänzt, die sich durch die neuen Excel-Versionen ergaben. Die grundlegende Architektur ist aber noch auf dem Stand von 1997.
- VBA arbeitete wunderbar mit der damals aktuellen Entwicklungsumgebung 'VisualBasic 6.0 (VB6)', zur Programmierung eigenständiger Programme zusammen. Die Komponenten von VB6, sogenannte ActiveX-Controls, konnten direkt über die VBA-Entwicklungsumgebung in den VBA-Code eingebunden werden. Leider werden mittlerweile viele dieser Komponenten durch das Betriebssystem Windows als un-

sicherer Code eingeschätzt und im System deaktiviert. So kann auf einem aktuellen Rechner z.B. kein 'Datei-Öffnen-Dialog' mehr eingebunden werden.

- VBA existiert zwar noch, weil es zu viele Anwendungen gibt, die damit entwickelt wurden und ein Fehlen von VBA in einer nächsten Excel-Version einen Aufschrei der Empörung auslösen würde, es wird aber nicht mehr weiterentwickelt.
- Parallel gibt es seit Excel 2003 die 'VisualStudio Tools für Office' (VSTO), die im folgenden Kapitel vorgestellt werden. Diese werden definitiv VBA irgendwann ablösen. **Neue Entwicklungen sollten deshalb nicht mehr mit VBA angefangen werden, sondern mit den modernen VSTOs.**
- Die Entwicklungsumgebung ist für die Erstellung von umfangreichen Anwendungen nur bedingt geeignet. Es fehlen einige Werkzeuge, die die Arbeit mit komplexem Code vereinfachen, wie z.B. ein Klassendiagramm, über das man Klassen, Methoden, Eigenschaften und Variablen anlegen und verändern kann.

4.4.1.2 VisualStudio Tools für Office (VSTO)

Die 'VisualStudio Tools für Office' sind seit fast zehn Jahren auf dem Markt und werden auf kurz oder lang VBA bei der Entwicklung von Office-Erweiterungen (Word, Excel, Outlook, PowerPoint, ...) ablösen. VSTO sind im Grunde genommen Erweiterungen von Visual Studio um Vorlagen mit der Möglichkeit, Erweiterungen bzw. Anpassungen in Visual Basic oder C# auf der Grundlage des .NET Frameworks für Office-Anwendungen zu entwickeln.

Für die Erweiterung von Excel gibt es drei Varianten:

Die Erste ist eine sogenannte **Erweiterung auf Anwendungsebene** (Add-In). Diese Erweiterung wird bei jedem Start von Excel mit geladen und steht dann immer zur Verfügung, egal was für eine Arbeitsmappe geladen ist.

Die Zweite ist die **Erweiterung auf Dokumentebene**. In diesem Fall wird die Erweiterung nur geladen, wenn das verknüpfte Dokument geladen wird.

Die dritte Erweiterung ist für diese Anwendung uninteressant, es handelt sich um sogenannte **Smart-Tags**, mit denen vor allem benutzerdefinierte Contextmenüs erstellt werden können.

Vorteile der VSTOs:

- Die Architektur ist modern und es können alle Komponenten des .NET-Frameworks verwendet werden.
- Durch die Verteilung über ein Installationspaket und die Verwendung von Zertifikaten wird die Verwendung recht sicher, im Gegensatz zu den immer wieder in der Kritik stehenden VBA-Makros, die Teil der zu verteilenden Dokumente sind.

Nachteile der VSTOs:

- Durch die Integration in die Entwicklungsumgebung 'VisualStudio' sind die VSTOs nur verfügbar, wenn auch 'VisualStudio' mindestens in der Professional-Edition gekauft wurde. D.h. es müssen zusätzliche Kosten kalkuliert werden.
- Erweiterungen müssen installiert werden. Sie werden nicht wie bei VBA im Dokument gespeichert und stehen somit nicht einfach zur Verfügung, wenn das Dokument geladen wird. Dies erhöht die Sicherheit (vgl. unter Vorteile), aber die Verwendung wird (zumindest beim ersten Mal) aufwendiger.

Welche Erweiterungsvariante macht nun Sinn, um das oben vorgestellte Grundkonzept umzusetzen? In beiden Fällen kann die Multifunktionsleiste von Excel um eine eigene Programmgruppe erweitert werden. Zudem kann bei beiden Erweiterungen auf der rechten Seite neben den Arbeitsblättern ein sogenanntes 'ActionPane' eingeblendet werden, das dann die Steuerelemente (Buttons, Eingabefelder, ...) zur Steuerung des Programmablaufs enthält. Dadurch wäre es grundsätzlich möglich das Konzept umzusetzen.

Nachteilig bei einer 'Erweiterung auf Anwendungsebene' ist, dass die Erweiterung immer zur Verfügung steht; also auch dann, wenn mit Excel ganz andere Dinge erledigt werden sollen. Diese Erweiterung macht Excel dadurch unübersichtlicher und vor allem werden die Ladezeiten von Excel stark verlängert.

Bei einer 'Erweiterung auf Dokumentebene' wird die Erweiterung zwar nur geladen, wenn auch das entsprechende (verknüpfte) Dokument geladen wird, dafür ergeben sich aber andere Probleme: Mit sämtlichen Steuerelementen der Erweiterungen können sehr gut die Daten in den Tabellen des geladenen Dokuments verändert werden. So könnte problemlos ein Muster des Kalibrierprotokolls durch die Erweiterung angepasst werden. Will man nun aber das Protokoll abspeichern, wird immer die Verknüpfung zur Excel-Erweiterung mit gespeichert. Die Kalibrierdatei kann nicht auf einem anderen Rechner geöffnet werden, wenn auf diesem die Erweiterung nicht installiert ist. Damit ist auch die 'Erweiterung auf Dokumentebene' unbrauchbar.

4.4.1.3 Eigenständiges Windows-Programm

Obwohl die Protokollausgabe im Excel-Format erfolgen soll, zeigen die beiden vorstehenden Kapitel, dass eine direkte Programmierung unter Excel, bzw. eine Erweiterung von Excel, keine wesentlichen Vorteile, sondern eher Nachteile hat.

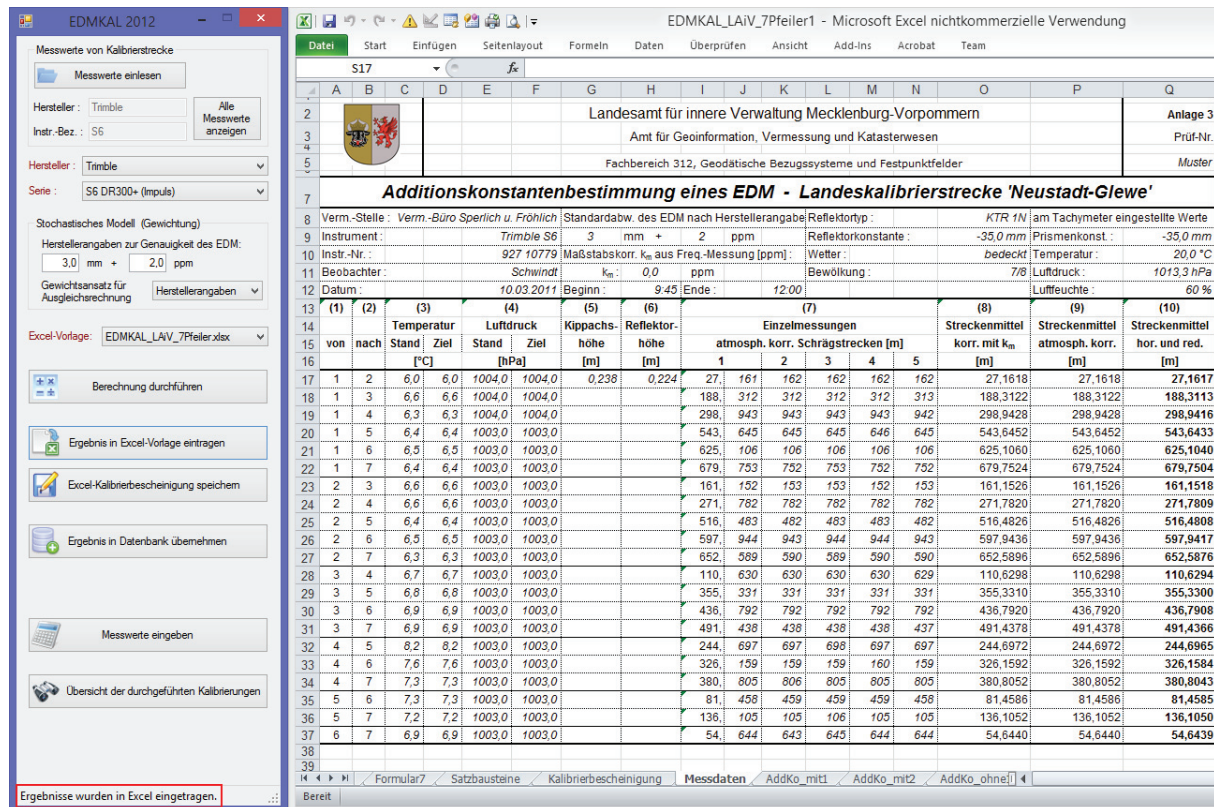
So wurde für beide Programme, das für die Frequenzkalibrierung und das für die Auswertung der Kalibrierstreckenmessungen, die Entwicklung als eigenständiges Windowsprogramm gewählt, welches die berechneten Ergebnisse in ein Excel-Musterprotokoll einträgt. Die Entwicklung könnte theoretisch mit der einfachsten, kostenfreien Version von

VisualStudio, der 'ExpressEdition', erfolgen, da keine speziellen Funktionen der größeren und kostenpflichtigen Versionen, wie 'Professional' oder 'Ultimate', benötigt werden.

Bei der Entwicklung mit VisualStudio hat man alle Komponenten des .NET-Frameworks zur Verfügung. Dies sorgt zum einen dafür, dass alle Windows-Anwendungen ähnlich aussehen und somit die Bedienung vereinfacht wird. Zum anderen hat dies auch den Vorteil, dass nicht sämtliche Funktionen eigenständig entwickelt werden müssen. So gibt es mittlerweile viele **frei verwendbare Komponenten**, die von Hobbyprogrammierern zur Verfügung gestellt werden. Im Auswerteprogramm wurde eine **Matrix-Bibliothek** eingebunden, um die Matrizenoperationen bei der Ausgleichsrechnung einfach durchführen zu können. Des Weiteren wurde ein **Mathe-Parser** verwendet, um die Formeln zur Neigungsreduktion und zur meteorologischen Korrektur als Text in den Konfigurationsdateien ablegen zu können. Die Formel wird so nicht fest im Quellcode abgelegt. Für jede Änderung muss nicht der Quellcode neu übersetzt (compiliert) werden, sondern kann die Formel in der Konfigurationsdatei mit einem einfachen Texteditor verändert werden.

Aber es gibt nicht nur Komponenten von Hobbyprogrammierern, sondern auch von Firmen entwickelte: Im Programm zur Frequenzkalibrierung wurde eine Komponente des Zählerherstellers eingebunden, die von diesem mit dem Instrument zur Verfügung gestellt wird. Hierüber kann dann der Zähler durch den Aufruf der Komponentenfunktionen gesteuert werden. So können z.B. der Eingang (Port) oder die Gate-Zeit umgeschaltet werden. Des Weiteren wurde auch für das Frequenzprüfprogramm eine Komponente zur Ansteuerung der seriellen Schnittstelle gekauft und eingebunden, um andere Zähler (wie den PM6680 der Hochschule Neubrandenburg) oder Oszilloskope über diese Standardschnittstelle steuern zu können.

Die Entwicklung der Software als eigenständiges Windowsprogramm lässt auch einen größeren Spielraum in der Gestaltung der Fenstergröße und -anordnung zu. Das Programmfenster ist möglichst schmal gehalten, so dass neben dem Programm noch genügend Platz für Excel mit der Protokoll Darstellung zur Verfügung steht. So kann während der Programmausführung gleich die Eintragung der Ergebnisse in das Protokoll mitverfolgt werden.



The screenshot shows the EDMKAL 2012 software interface. On the left is a control panel with the following elements:

- Messwerte von Kalibrierstrecke:** Messwerte einlesen button.
- Hersteller:** Trimble (dropdown), with an 'Alle Messwerte anzeigen' button.
- Instr.-Bez.:** S6 (dropdown).
- Hersteller:** Trimble (dropdown).
- Serie:** S6 DR300+ (Inputs) (dropdown).
- Stochastisches Modell (Gewichtung):** Herstellungsangaben zur Genauigkeit des EDM: 3.0 mm + 2.0 ppm. Gewichtsansatz für Ausgleichsrechnung: Herstellerangaben (dropdown).
- Excel-Vorlage:** EDMKAL_LAV_7Pfeiler.xlsx (dropdown).
- Berechnung durchführen** button.
- Ergebnis in Excel-Vorlage eintragen** button.
- Excel-Kalibrierbescheinigung speichern** button.
- Ergebnis in Datenbank übernehmen** button.
- Messwerte eingeben** button.
- Übersicht der durchgeführten Kalibrierungen** button.
- Ergebnisse wurden in Excel eingetragen.** (status bar)

The main window displays an Excel spreadsheet titled 'EDMKAL_LAV_7Pfeiler1 - Microsoft Excel nichtkommerzielle Verwendung'. The spreadsheet contains the following data:

Header Information:

- Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern
- Am für Geoinformation, Vermessung und Katasterwesen
- Fachbereich 312, Geodätische Bezugssysteme und Festpunktfelder
- Anlage 3
- Prüf-Nr.:
- Muster

Table Title: Additionskonstantenbestimmung eines EDM - Landeskaltibrierstrecke 'Neustadt-Glewe'

Table Headers:

(1)	(2)	(3) Temperatur		(4) Luftdruck		(5) Kippachs- höhe [m]	(6) Reflektor- höhe [m]	(7) Einzelmessungen					(8) Streckenmittel kor. mit k_n [m]	(9) Streckenmittel atmosph. kor. [m]	(10) Streckenmittel hor. und red. [m]	
		Stand	Ziel	Stand	Ziel			atmosph. kor. Schrägstrecken [m]								
von	nach	[°C]	[hPa]	[hPa]	[hPa]			1	2	3	4	5				
17	1	2	6,0	6,0	1004,0	1004,0	0,238	0,224	27,161	162	162	162	162	27,1618	27,1618	27,1617
18	1	3	6,6	6,6	1004,0	1004,0			188,312	312	312	312	312	188,3122	188,3122	188,3113
19	1	4	6,3	6,3	1004,0	1004,0			298,943	943	943	943	942	298,9428	298,9428	298,9416
20	1	5	6,4	6,4	1003,0	1003,0			543,645	645	645	645	646	543,6452	543,6452	543,6433
21	1	6	6,5	6,5	1003,0	1003,0			625,106	106	106	106	106	625,1060	625,1060	625,1040
22	1	7	6,4	6,4	1003,0	1003,0			679,753	753	753	753	752	679,7524	679,7524	679,7504
23	2	3	6,6	6,6	1003,0	1003,0			161,152	153	153	153	153	161,1526	161,1526	161,1518
24	2	4	6,6	6,6	1003,0	1003,0			271,782	782	782	782	782	271,7820	271,7820	271,7809
25	2	5	6,4	6,4	1003,0	1003,0			516,483	482	482	482	482	516,4826	516,4826	516,4808
26	2	6	6,5	6,5	1003,0	1003,0			597,944	943	944	944	943	597,9436	597,9436	597,9417
27	2	7	6,3	6,3	1003,0	1003,0			652,589	589	589	589	590	652,5896	652,5896	652,5876
28	3	4	6,7	6,7	1003,0	1003,0			110,630	630	630	630	629	110,6298	110,6298	110,6294
29	3	5	6,8	6,8	1003,0	1003,0			355,331	331	331	331	331	355,3310	355,3310	355,3300
30	3	6	6,9	6,9	1003,0	1003,0			436,792	792	792	792	792	436,7920	436,7920	436,7908
31	3	7	6,9	6,9	1003,0	1003,0			491,438	438	438	438	437	491,4378	491,4378	491,4366
32	4	5	8,2	8,2	1003,0	1003,0			244,697	697	698	697	697	244,6972	244,6972	244,6965
33	4	6	7,6	7,6	1003,0	1003,0			326,159	159	159	159	160	326,1592	326,1592	326,1584
34	4	7	7,3	7,3	1003,0	1003,0			380,805	806	805	805	805	380,8052	380,8052	380,8043
35	5	6	7,3	7,3	1003,0	1003,0			81,458	459	459	459	458	81,4586	81,4586	81,4585
36	5	7	7,2	7,2	1003,0	1003,0			136,105	105	105	105	105	136,1052	136,1052	136,1050
37	6	7	6,9	6,9	1003,0	1003,0			54,644	643	643	643	644	54,6440	54,6440	54,6439

The status bar at the bottom of the Excel window shows: 'Ergebnisse wurden in Excel eingetragen.' and 'Bereit'.

Abbildung 10: Hauptprogramm 'EDMKAL' mit nebenstehend angeordnetem Excel und geöffneter Protokolldatei

Excel wird, wenn es noch nicht geöffnet ist, aus der Hauptanwendung 'EDMKAL 2012' gestartet und die ausgewählte Protokollvorlage geladen. Dies ist möglich, da das Objektmodell aller Microsoft-Office-Programme auf COM-Komponenten beruht, die von außen angesprochen werden können. In VisualStudio werden für den Zugriff auf COM-Komponenten Wrapperklassen benötigt, die Microsoft als 'Interop-Assemblies' bezeichnet. Für alle Office-Anwendungen existieren diese bereits in vorkompilierter Form als sogenannte 'Primary Interop Assemblies', kurz: PIAs. Diese sind Teil des Microsoft-Office-Installationspaketes oder können kostenfrei auf der Microsoft-Homepage heruntergeladen werden und stehen dadurch bei der Entwicklung zur Verfügung [9]. Dadurch ist es recht einfach Arbeitsblätter in Excel auszuwählen oder Werte (eingetragen oder berechnet) in die entsprechenden Zellen einzutragen.

4.4.2 Datenaustausch zwischen den Programmpaketen

Nun ist auch das Entwicklungswerkzeug festgelegt. Jetzt fehlt noch die Festlegung wie die Daten zwischen den Programmen ausgetauscht werden und wie sie gehalten werden. Um das gesamte Programmsystem möglichst offen zu gestalten, werden alle Daten in XML-Dateien gespeichert und wieder eingelesen. XML-Dateien sind reine Textdateien, die mit einem einfachen Texteditor betrachtet und verändert werden können. So können die Konfigurations- und Parameterdateien leicht angepasst werden.

Da die bildliche Darstellung des Gesamtkonzeptes mit dem Zusammenspiel der einzelnen Dateien nicht auf eine DIN A4-Seite passt, sei auf den Anhang 9.1 verwiesen, wo diese Übersicht ausklappbar angelegt ist. Im Folgenden ist die Gesamtübersicht in drei Teile entsprechend den drei Einzelprogrammen gegliedert. Hauptunterschied zur Konzeptübersicht auf Seite 39 ist, dass nicht nur die erzeugten Ergebnisdateien dargestellt sind, sondern auch alle Parameter- und Messwertdateien, die dem Datenaustausch zwischen den Programmen dienen.

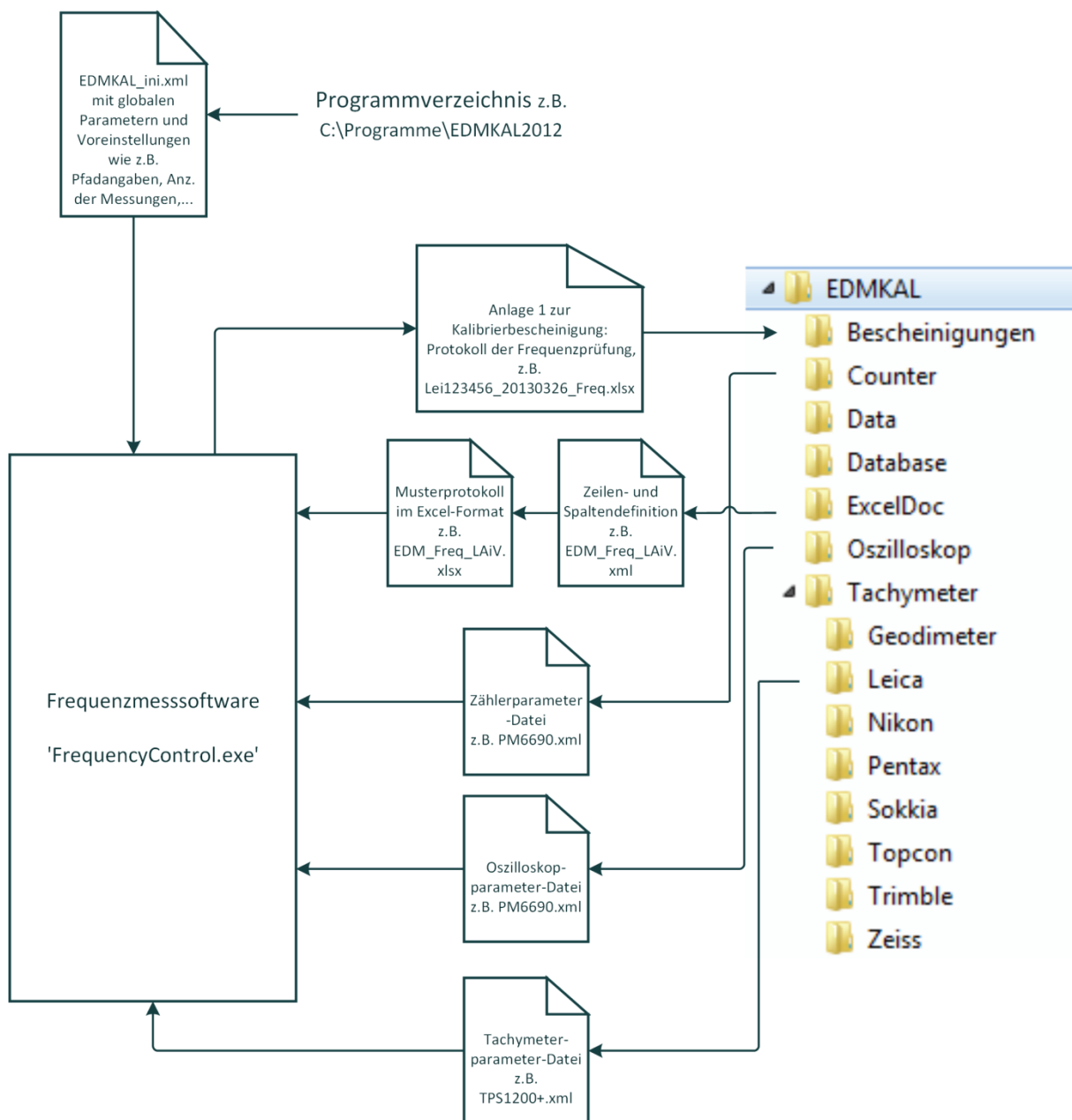


Abbildung 11: Verwendete und erzeugte Dateien durch das Programm 'FrequencyControl'

Direkt beim Start des Programms **'FrequencyControl'** wird die Initialisierungsdatei 'EDMKAL_ini.xml' gelesen, in der u.a. Pfadangaben und Vorgaben für Messzeit und -interval abgelegt sind. Wird nun die Serie des zu kalibrierenden Tachymeters festgelegt, wird die zugehörige Tachymeter-Parameterdatei gelesen. Darin ist definiert welcher Frequenzzähler und welches Oszilloskop verwendet werden soll. Woraufhin die zugehörigen Parameterdateien für Zähler und Oszilloskop gelesen werden. Nach Auswahl des Musterprotokolls wird dieses mit zugehöriger Definitionsdatei für die Zeilen und Spalten geladen. Jetzt, nachdem alle Parameter eingelesen wurden, kann die Frequenzmessung durchgeführt werden und es wird das Protokoll als Excel-Arbeitsmappe erzeugt.

Durch das **Eingabeprogramm** der Messwerte der Kalibrierstreckenmessung wird nur eine XML-Datei mit den Messwerten erzeugt, die im Ordner 'Data' abgelegt wird:

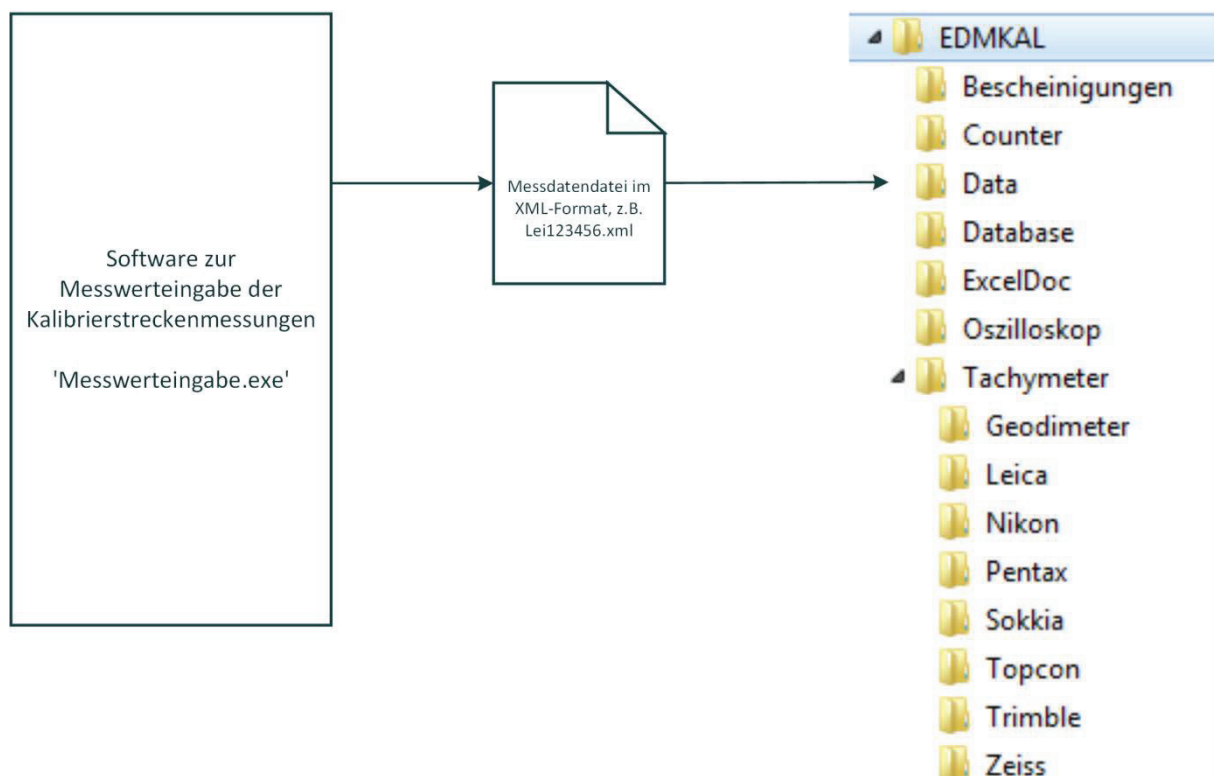


Abbildung 12: Erzeugte Datei und Ablageort des Programms 'Messwerteingabe'

Auch beim Start des Auswerteprogramms 'EDMKAL2012' wird als erstes die Initialisierungsdatei 'EDMKAL_ini.xml' eingelesen, um die Pfadangaben festzulegen. Nach Einlesen der Messwerte-XML-Datei ist die Tachymeterserie festzulegen, woraufhin die zugehörige Tachymeter-Parameterdatei gelesen wird. Nach Auswahl des Musterprotokolls wird dieses mit zugehöriger Definitionsdatei für die Zeilen und Spalten geladen. Nach Abschluss der Berechnung der Kalibrierparameter können die Ergebnisse in die Excel-Protokoll-Arbeitsmappe eingetragen werden, die im Ordner 'Bescheinigungen' abgelegt wird. Zusätzlich können die Ergebnisse in der Datenbank 'EDMKAL.mdb' gespeichert werden.

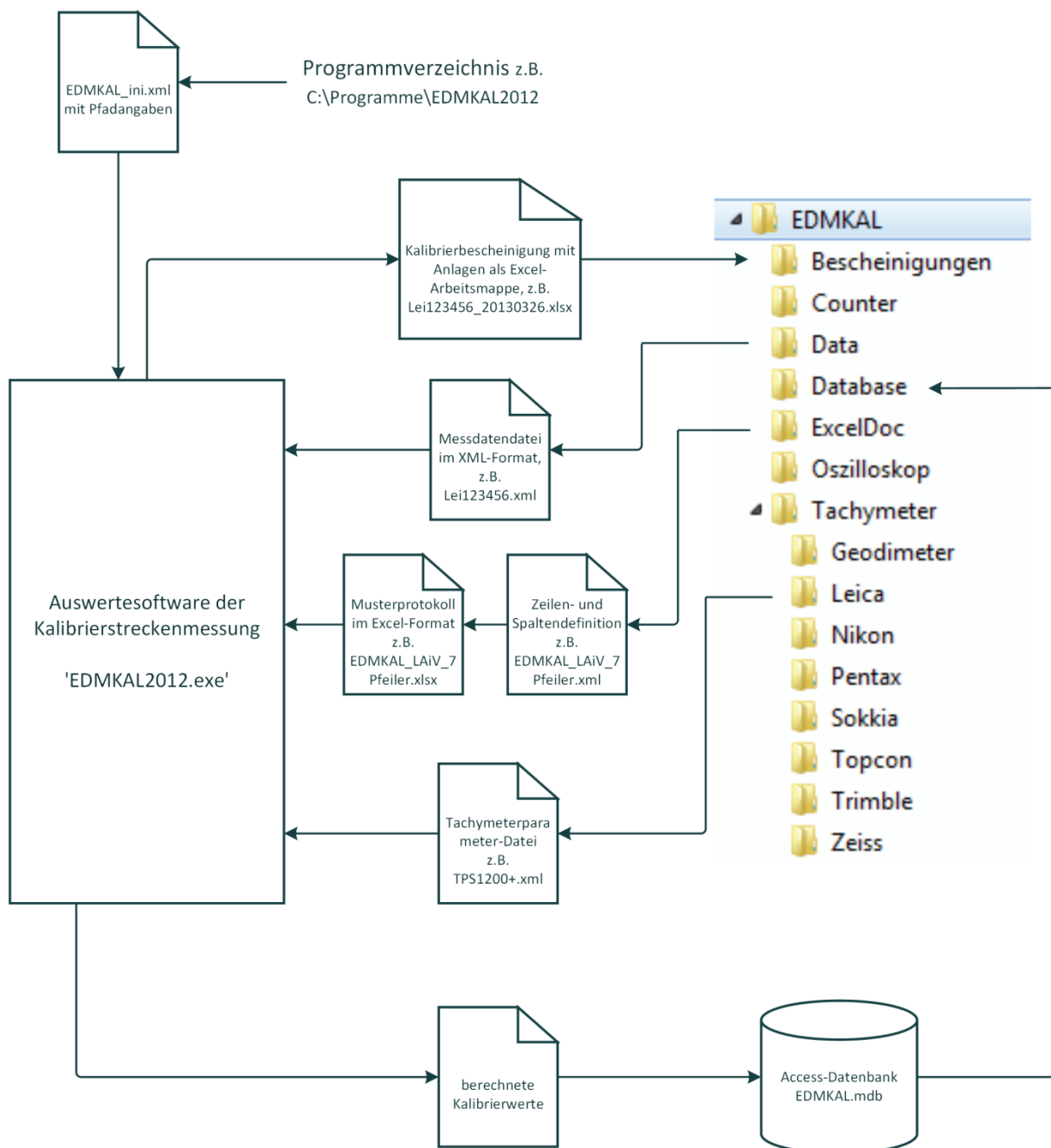


Abbildung 13: Verwendete und erzeugte Dateien durch das Auswerteprogramm 'EDMKAL2012'

In der Gesamtübersicht im Anhang 9.1 gut zu erkennen, in den Einzeldarstellungen leider nicht, ist, dass die einzelnen Programme auf die gleichen Parameterdateien zugreifen. Man sieht, dass es sich um ein Gesamtsystem handelt, bei dem keine Daten redundant vorgehalten werden müssen.

4.4.3 Programmdateien

Eine Software sollte so offen gestaltet sein, dass sie auf verschiedenen Rechnern mit unterschiedlicher Laufwerkszuordnung installiert werden kann, und sie sollte offen sein für Erweiterungen und Ergänzungen. Dies kann nur funktionieren, wenn Pfade nicht fest im Quellcode eingegeben sind, sondern aus einer Konfigurationsdatei (oder der Windows-Registry) gelesen werden. Auch die Parameter zur Ansteuerung angeschlossener Hardware sollten in Parameterdateien abgelegt werden und nicht im Quellcode. So ist es einfacher die Software um weitere Frequenzzähler oder Oszilloskope zu erweitern. Genauso verhält es sich mit den Parametern der einzelnen Tachymeterserien, die für die Auswertung benötigt werden. Diese sollten auch aus Dateien eingelesen werden. Dadurch ist es einfach weitere Tachymeterserien hinzuzufügen, indem einfach eine vorhandene Tachymeter-XML-Datei kopiert wird und der Inhalt entsprechend angepasst wird.

4.4.3.1 Konfigurationsdatei 'EDMKAL_ini.xml'

Die Konfigurationsdatei gliedert sich in zwei Abschnitte: In dem Ersten sind die Verzeichnisse festgelegt, in denen die Software nach Parameterdateien sucht oder die als Standardverzeichnis für die Kalibrierprotokolle im Speichern-Dialog angeboten werden. Im zweiten Abschnitt sind die Parameter für das Frequenzmessprogramm festgelegt, die bisher in der Windows-Registry abgelegt wurden. Durch die Zusammenführung der Programme gibt es nur noch eine Stelle an der die Konfigurationsparameter abgelegt werden, nämlich in der Datei 'EDMKAL2012_ini.xml' im Programmverzeichnis.

```
<?xml version="1.0"?>
<EDMKAL_ini xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" ...
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <Directories>
    <PathEDMKAL>H:\EDMKAL2012</PathEDMKAL>
    <PathEDMKALData>H:\EDMKAL2012\Data</PathEDMKALData>
    <PathEDMKALDatabase>H:\EDMKAL2012\Database</PathEDMKALDatabase>
    <PathFrequencyControl>H:\EDMKAL2012</PathFrequencyControl>
    <PathExcelCalibrationReports>H:\EDMKAL2012\Reports</PathExcelCalibrationReports>
  </Directories>
```

```

<ProjectDefaults>
  <Examiner>Dipl.-Ing. (FH) M.Kiskemper</Examiner>
  <Checknumber>E001-12</Checknumber>
  <DefaultAutoMeasureCount>20</DefaultAutoMeasureCount>
  <DefaultAutoMeasureTime>30000</DefaultAutoMeasureTime>
  <DefaultCalibrationMeasureCount>3</DefaultCalibrationMeasureCount>
  <DefaultCalibrationMeasureTime>11000</DefaultCalibrationMeasureTime>
  <Pressure>1013.25</Pressure>
  <Temperature>20</Temperature>
</ProjectDefaults>
</EDMKAL_ini>

```

4.4.3.2 Parameterdateien der Tachymeterserien

Weitere wichtige Parameterdateien sind die der einzelnen Tachymeterserien, die in den Unterverzeichnissen der Hersteller unter dem EDMKAL-Hauptverzeichnis zu finden sind. Wie bereits oben erwähnt, lässt sich eine neue Tachymeterserie einfach durch Hinzufügen einer neuen Tachymeter-XML-Datei ergänzen. Der Inhalt einer Parameterdatei ist exemplarisch für die 'TPS1200+'-Serie des Herstellers 'Leica Geosystems' abgedruckt:

```

<Tachymeter>
  <Hersteller>Leica</Hersteller>
  <Serie>TPS 1200+</Serie>
  <Genauigkeit_mm>1</Genauigkeit_mm>
  <Genauigkeit_ppm>1,5</Genauigkeit_ppm>
  <Messprinzip>P</Messprinzip>
  <lambda>660</lambda>
  <Sollfrequenz>0</Sollfrequenz>
  <veraenderliche_Sollfreq>true</veraenderliche_Sollfreq>
  <N0>286,3</N0>
  <NGr>299,180002111439</NGr>
  <Bezugstemp>12</Bezugstemp>
  <Bezugsdruck>1013,25</Bezugsdruck>
  <MetKorFormel>286,34 - ( (0,29525*p) / (1+1/273,5*t) - (0,0004126*h) /
    (1+1/273,15*t) *10^ ( (7,5*t / (273,3+t) ) +0,7857) </MetKorFormel>
  <Counter>PM6680</Counter>
  <Counterport>A</Counterport>
  <Oszilloskop>kein</Oszilloskop>
  <Oszi_Amplitude>2</Oszi_Amplitude>
  <Oszi_Periodenlaenge>10</Oszi_Periodenlaenge>
  <Frequenzaktivierung>
    <C1>- Power ON</C1>

```

```
<C2>- Untermenü 5 Konfig</C2>
<C3>- 2 Instrumenten Einstellungen</C3>
<C4>- 1 EDM & ATR Einstellungen</C4>
<C5>- F4 (TEST) zeigt die Signalstärke an.</C5>
<C6>- Mit F6 (SEITE) wird die Sollfrequenz angezeigt. Diese ändert sich
mit der Temperatur des Quarzes und muss während der Überprüfung
des Einlaufverhaltens ständig eingegeben werden.</C6>
<C7>- Gerät auf Photodiode ausrichten und Maximumspeilung über Oszil
loskop durchführen.</C7>
</Frequenzaktivierung>
</Tachymeter>
```

4.4.3.3 Vorlagendateien für die Kalibrierbescheinigungen

Die Vorlagendateien für die einzelnen Kalibrierbescheinigungen, sowohl für die Frequenzkalibrierung, als auch für die Kalibrierstreckenauswertung, sind in dem Unterverzeichnis 'ExcelDoc' des EDMKAL-Hauptverzeichnisses zu finden. Es handelt sich dabei um zwei Dateien. Die erste ist eine Excel-Arbeitsmappe (*.xlsx), die das Layout der Kalibrierbescheinigung vorgibt. Sie enthält z.B. für die Kalibrierstreckenauswertung folgende Tabellenblätter, die der Bescheinigung bzw. den Anhängen entsprechen:

- Formular
- Satzbausteine
- Kalibrierbescheinigung
- Messdaten
- AddKo_mit1
- AddKo_mit2
- AddKo_ohne1
- AddKo_ohne2
- AddKo_Labor

Bei der zweiten Datei handelt es sich um eine XML-Datei, in der festgelegt ist in welches Tabellenblatt und in welche Zellen die einzelnen Ergebnisse eingetragen werden sollen. Diese Datei muss im gleichen Verzeichnis stehen und den gleichen Dateinamen wie die Excel-Datei haben, nur die Endung lautet nicht '.xlsx', sondern '.xml'. Im Folgenden ist ein Ausschnitt aus der 'EDMKAL_LAiV_7Pfeiler.xml'-Datei abgebildet:

```
<CellPositions>
  <Workbook Name="EDMKAL_LAiV_7Pfeiler">
    <Worksheet Name="Messdaten">
      <Kopfdaten_PruefNr Zeile="5" Spalte="17" />
      <Kopfdaten_Datum Zeile="12" Spalte="5" />
      <Kopfdaten_Zeit_Beginn Zeile="12" Spalte="8" />
```

```
<Kopfdaten_Zeit_Ende Zeile="12" Spalte="11" />
<Kopfdaten_VermStelle Zeile="8" Spalte="6" />
<Kopfdaten_Beobachter Zeile="11" Spalte="6" />
<Kopfdaten_Wetter Zeile="10" Spalte="15" />
<Kopfdaten_Bewoelkung Zeile="11" Spalte="15" />
<Instrument_Hersteller Zeile="9" Spalte="6" />
<Instrument_Bezeichnung Zeile="9" Spalte="6" />
<Instrument_Nr Zeile="10" Spalte="6" />
<Instrument_Genauigkeit_mm Zeile="9" Spalte="7" />
<Instrument_Genauigkeit_ppm Zeile="9" Spalte="9" />
.
.
.
</Worksheet>
<Worksheet Name="AddKo_mit1">
  <Kopfdaten_PruefNr Zeile="4" Spalte="9" />
  <MitSollstrecken_k1 Zeile="19" Spalte="4" />
  <MitSollstrecken_sk1 Zeile="19" Spalte="6" />
  <MitSollstrecken_k1signifikant Zeile="19" Spalte="7" />
  <MitSollstrecken_k2 Zeile="20" Spalte="4" />
  <MitSollstrecken_sk2 Zeile="20" Spalte="6" />
  <MitSollstrecken_k2signifikant Zeile="20" Spalte="7" />
  <MitSollstrecken_AnzBeob Zeile="26" Spalte="5" />
  <MitSollstrecken_AnzUnbek Zeile="27" Spalte="5" />
  <MitSollstrecken_Redundanz Zeile="28" Spalte="5" />
  <MitSollstrecken_s0 Zeile="29" Spalte="5" />
  <MitSollstrecken_Quantil Zeile="17" Spalte="5" />
.
.
.
</Worksheet>
</Workbook>
</CellPositions>
```

Der unter 'Name' des Abschnitts 'Workbook' eingetragene Text, sollte identisch sein mit dem Dateinamen der Vorlagendatei. Ist dies nicht der Fall, führt das zwar zu keinem Programmabbruch, aber zur Ausgabe einer Warnmeldung.

Im Abschnitt 'Worksheet' muss der eingetragene Name dem eines Arbeitsblattes in der Excel-Vorlagendatei entsprechen.

Die eigentliche Zuordnung des Ergebniswertes der Auswertung mit den angegebenen Zeilen und Spalten erfolgt über den Eintragsnamen (Tag).

Beispiel: Die unter Verwendung von Sollstrecken ausgeglichene Additionskonstante k_1 ist dem Tag 'MitSollstrecken_k1' zugeordnet und wird im Arbeitsblatt 'AddKo_mit1' in Zeile 19, Spalte 4 eingetragen.

Eine Liste aller verfügbaren Tags ist im Anhang 9.2 zusammengestellt.

Die Tags mit den Zeilen- und Spaltenzuordnungen können in mehreren Worksheet-Abschnitten vorkommen, so dass dann die Ergebniswerte in mehreren Arbeitsblättern eingetragen werden. Im oben abgebildeten Ausschnitt der XML-Vorlagendatei kommt der Tag 'Kopfdaten_PruefNr' zweimal vor, so dass die Prüfnummer sowohl im Arbeitsblatt 'Messdaten' in Zeile 5, Spalte 17, als auch im Tabellenblatt 'AddKo_mit1' in Zeile 4, Spalte 9 eingetragen wird.

4.4.3.4 Parameterdateien der Frequenzzählersteuerung

Die Zuordnung mit welchem Frequenzzähler die Frequenzmessung durchgeführt werden soll, ist in der Parameterdatei des Tachymeters festgelegt. Die Parameterdatei des Zählers enthält Angaben zur Schnittstelle, über die er mit dem PC verbunden ist (Abschnitt <Connection>). Im Abschnitt <DKD> und <DCF77> sind die Ergebnisse der letzten Kalibrierung des Frequenzzählers abgelegt, die bei der Frequenzkalibrierung des Tachymeters berücksichtigt werden. <DKD> steht in diesem Zusammenhang für die Kalibrierwerte durch eine vom Deutschen Kalibrierdienst akkreditierte Prüfstelle; <DCF77> steht für die Kalibrierwerte des mit dem DCF77-Frequenznormals im Hause ermittelten Werte.

```
<Counters>
  <Counter Type="PM6690">
    <Connection Type="VisaNS">
      <USB-ResourceStream>USB0::0x14EB::0x0090::148649::INSTR
    </USB-ResourceStream>
    <EOLCharacter>CRLF</EOLCharacter>
  </Connection>
  <DKD>
    <Date>09.06.2009</Date>
    <NominalFreq>10000000</NominalFreq>
    <MeasFreq>10000000.3</MeasFreq>
  </DKD>
  <DCF77>
    <DCF77Port>B</DCF77Port>
    <Date>01.12.2010 17:36:35</Date>
    <NominalFreq>10000000</NominalFreq>
    <MeasFreq>10000000.1</MeasFreq>
  </DCF77>
</Counter>
</Counters>
```


4.4.3.5 Parameterdateien der Oszilloskopsteuerung

Auch hier erfolgt die Zuordnung welches Oszilloskop für die Frequenzprüfung verwendet werden soll über die Parameterdatei des Tachymeters. Die Parameterdatei des Oszilloskops enthält nur einen Abschnitt zur Verbindung des Oszilloskops mit dem PC (<Connection>). Im unten abgebildeten Beispiel handelt es sich um einen GPIB-USB-Adapter, über den die GPIB-Schnittstelle des Oszilloskops mit der USB-Schnittstelle des PCs verbunden wird. Der USB-Port simuliert eine serielle Standardschnittstelle (RS232), die über eine entsprechende .NET-Komponente mit den angegebenen Parametern (Port, Baud, Databits, Stopbits, Parity, EOLCharacter) angesprochen werden kann.

```
<Oszilloskope>
  <Oszilloskop Type="Tektronix2465">
    <Connection Type="GPIBUSB">
      <GPIB-Address>20</GPIB-Address>
      <Port>7</Port>
      <Baud>9600</Baud>
      <Databits>8</Databits>
      <Stopbits>1</Stopbits>
      <Parity>N</Parity>
      <EOLCharacter>CRLF</EOLCharacter>
    </Connection>
  </Oszilloskop>
</Oszilloskope>
```

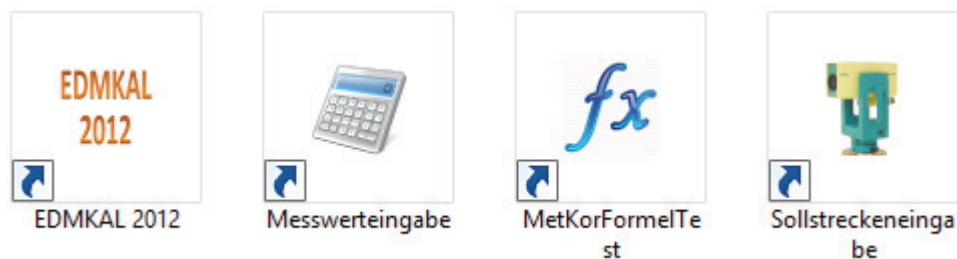
5 Beschreibung der Kalibrierprogramme

5.1 Frequenzprüfprogramm 'FrequencyControl'

Das Programm zur Frequenzkalibrierung gehört zwar zum Gesamtpaket der EDM-Kalibrierung, es wurde aber nicht im Zusammenhang dieser Masterthesis, sondern bereits zuvor, geschrieben. Eine Dokumentation wurde mit der Einweisung beim LAiV M-V übergeben und soll hier nicht noch einmal abgedruckt werden, vor allem, da diese nur teilweise durch den Autor dieser Arbeit angefertigt wurde.

5.2 Bestimmung der Nullpunktkorrektur mit 'EDMKAL 2012'

Die Berechnung der Nullpunktkorrektur erfolgt in dem Programm 'EDMKAL 2012'. Zu dem gleichnamigen Softwarepaket gehören aber auch noch drei "Hilfsprogramme", eines für die Messwerteingabe, eines für die Sollstreckeneingabe und ein weiteres zum Testen der Formel der meteorologischen Korrektur in der Tachymeter-Parameterdatei.



5.2.1 Sollstreckeneingabe

Dieses kleine "Hilfsprogramm" ermöglicht die komfortable Eingabe der Pfeilerabstände und -höhen, der Formel für die Horizontierung der gemessenen Schrägstrecken und, wenn verwendet, auch der Laborstrecken. Diese Daten werden in einer XML-Datei im Anwendungsverzeichnis (Eintrag <PathEDMKAL> in der Initialisierungsdatei) abgelegt. Für den reibungslosen Zugriff des Eingabe- und Auswerteprogramms muss diese Datei 'Sollstrecken.xml' heißen. Der Inhalt dieser Datei ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

```

<?xml version="1.0"?>
<Sollstrecken xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:xsd="http://ww
  <Pfeilerstrecken>
    <Datum>2009-12-02T12:48:48</Datum>
    <P12>27.1622</P12>
    <P23>161.1518</P23>
    <P34>110.6315</P34>
    <P45>244.6999</P45>
    <P56>81.4608</P56>
    <P67>54.6458</P67>
    <P78>320.3138</P78>
    <P89>536.6714</P89>
    <P90>665.3158</P90>
    <H1>38.8084</H1>
    <H2>38.7393</H2>
    <H3>38.249</H3>
    <H4>37.9702</H4>
    <H5>37.4008</H5>
    <H6>37.2472</H6>
    <H7>37.165</H7>
    <H8>36.5434</H8>
    <H9>35.9602</H9>
    <H10>36.0114</H10>
  </Pfeilerstrecken>
  <Laborstrecken>
    <Strecke1>0</Strecke1>
    <Strecke2>0</Strecke2>
  </Laborstrecken>
  <Horizontierung>
    <Erdradius_m>6384000</Erdradius_m>
    <Bezugshorizont_m>37.409</Bezugshorizont_m>
    <Formel>(1 + BH/R) * sqrt((S^2 - (HE - HA)^2) / ((1 + HA/R) * (1 + HE/R)))</Formel>
  </Horizontierung>
</Sollstrecken>

```

Abbildung 14: Datei 'Sollstrecken.xml' mit Sollwerten für die Kalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe'

Der Inhalt kann über einen einfachen Texteditor geändert werden, oder komfortabler mit dem Programm 'Sollstreckeneingabe', dessen Oberfläche in folgender Abbildung dargestellt ist.

Abbildung 15: Oberfläche des "Hilfsprogramms" zur Eingabe der Kalibrierstreckensollwerte

Bei der Eingabe der horizontalen Pfeilerabstände und der Höhen der Oberkante der Pfeilerkopfplatte werden diese auf Plausibilität geprüft, so dass nicht versehentlich negative Werte eingegeben werden. Eine Eingabe von alphanumerischen Zeichen und des Punktes als Dezimaltrennzeichen ist nicht möglich.

Vorhandene Sollstreckendateien lassen sich zur Bearbeitung über den Button 'Sollwerte aus XML-Datei laden' in die Eingabemaske einlesen.

Auch das Datum an dem die Sollstrecken bestimmt wurden, kann ganz komfortabel eingegeben werden.

Die Additionskonstante kann auch durch den einfachen Vergleich zwischen einer oder zwei hochgenau bestimmten, kurzen Laborstrecken erfolgen. Wird hier ein Wert ungleich Null eingegeben, so wird die Berechnung zusätzlich zu den Berechnungen aus der Kalibrierstreckenmessung ermittelt und in einem weiteren Blatt im Kalibrierprotokoll dokumentiert.

Laborstrecken

Strecke 1 m

Strecke 2 m

Wie die mit den zu kalibrierenden EDM gemessenen Schrägstrecken horizontalisiert werden sollen, kann durch die Eingabe einer beliebigen Formel festgelegt werden. Durch die Integration eines Mathe-Parsers kann diese während der Programmausführung ausgewertet werden, ohne das Programm neu kompilieren zu müssen.

Es stehen bereits drei Formelvorschläge zur Verfügung, die bei Auswahl in das Eingabefeld 'Formel' eingetragen werden und dort ggf. verändert werden können.

Formelvorschläge

auf Bezugshorizont ▼

Pythagoras

auf Bezugshorizont

auf Meereshöhe

Horizontierung der gem. Schrägstr.

Formelvorschläge

Pythagoras ▼

Erdradius (R) m

Bezugshorizont (BH) m

Formel

verwendbare Variablen: R, BH, S, HA, HE

mit: Schrägstrecke S = 1000 m
HA = 10 m, HE = 15 m

Horizontalstrecke = m

In der Formel können die folgenden Variablen verwendet werden:

- R = Erdradius (Festlegung im zugehörigen Eingabefeld)
- BH = Bezugshorizont (Festlegung im zugehörigen Eingabefeld)
- S = gemessene Schrägstrecke, die horizontalisiert werden soll
- HA = Höhe des Ausgangspunktes (Standpunktes)
- HE = Höhe des Endpunktes (Zielpunktes)

Die Höhen HA und HE werden im Programm als Summe der in der Sollstreckendatei festgelegten Pfeilerkopflattenhöhen und der Instrumentenhöhe bzw. Reflektorhöhe gebildet.

Hinter den Formelvorschlägen verbergen sich die rechts angegebenen Formeln.

Formelvorschläge

Formel
 $\text{sqrt}(S^2 - (HE - HA)^2)$

Formelvorschläge

Formel
 $(1 + BH/R) * \text{sqrt}((S^2 - (HE - HA)^2) / ((1 + HA/R) * (1 + HE/R)))$

Formelvorschläge

Formel
 $R * \text{sqrt}((S^2 - (HE - HA)^2) / ((R + HA) * (R + HE)))$

Neben der verwendeten Funktion 'sqrt' für die Quadratwurzel, stehen noch weitere Funktionen und Operatoren zur Verfügung, die fast alle der Syntax von C# entsprechen.

Funktion	Bedeutung
sin	Sinus
cos	Cosinus
tan	Tangens
asin	Arcus Sinus
acos	Arcus Cosinus
atan	Arcus Tangens
sinh	Sinus Hyperbolicus
cosh	Cosinus Hyperbolicus
tanh	Tangens Hyperbolicus
asinh	Arcus Sinus Hyperbolicus
acosh	Arcus Cosinus Hyperbolicus
atanh	Arcus Tangens Hyperbolicus
log2	Logarithmus zur Basis 2
log10	Logarithmus zur Basis 10
log	Logarithmus zur Basis 10
ln	Logarithmus zur Basis e (2.71828...)
exp	Exponentialfunktion e^x
sqrt	Quadratwurzel
sign	Vorzeichen -1 wenn $x < 0$; 1 wenn $x > 0$
rint	Rundung auf die nächste Ganzzahl
abs	Absolutwert
if	Bedingung (if ... then ... else ...)

Operator	Bedeutung
=	Zuweisung
and	logisch und
or	logisch oder
xor	logisch xor
<=	kleiner oder gleich
>=	größer oder gleich
!=	ungleich
==	vergleichend gleich
>	größer als
<	kleiner als
+	Addition
-	Subtraktion
*	Multiplikation
/	Division
^	Exponenzieren (x hoch y)

min	Minimum aller Argumente
max	Maximum aller Argumente
sum	Summe aller Argumente
avg	Mittelwert aller Argumente

Um zu sehen, ob die Formel von ihrer Syntax richtig eingegeben wurde, kann diese getestet werden. Dazu werden die angegebenen Werte für $S=1000\text{m}$, $HA=10\text{m}$ und $HE=15\text{m}$ in der Formel verwendet. Als Erdradius und Bezugshorizont werden die in den zugehörigen Textfeldern eingegebenen Werte benutzt.

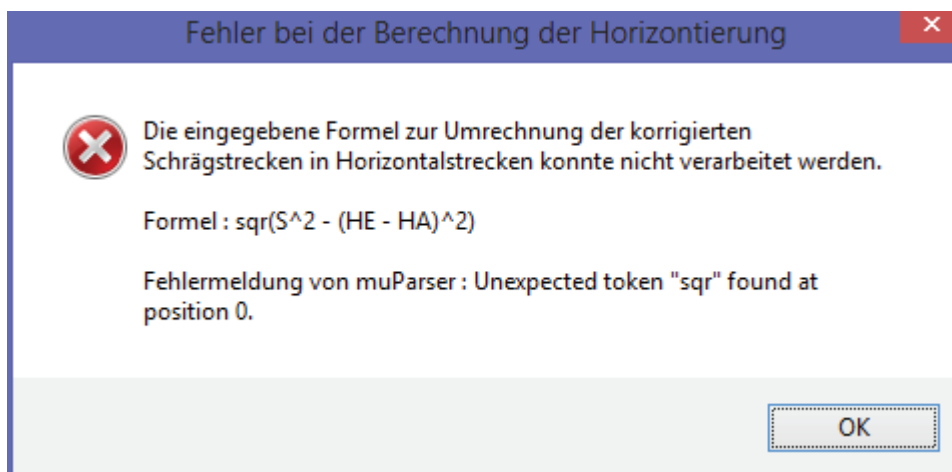
Formel

verwendbare Variablen: R, BH, S, HA, HE

mit: Schrägstrecke S = 1000 m
HA = 10 m, HE = 15 m

Horizontalstrecke = m

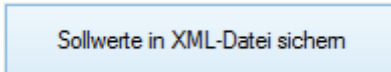
Bei einem Syntaxfehler erscheint ein Meldungsfenster mit einem englischsprachigen Hinweis auf den Fehler. Hier wurde versehentlich 'sqr' statt 'sqrt' für die Quadratwurzelfunktion eingegeben.



Die berechnete Horizontalstrecke dient zur Abschätzung und sollte in der Nähe von 1000m liegen.

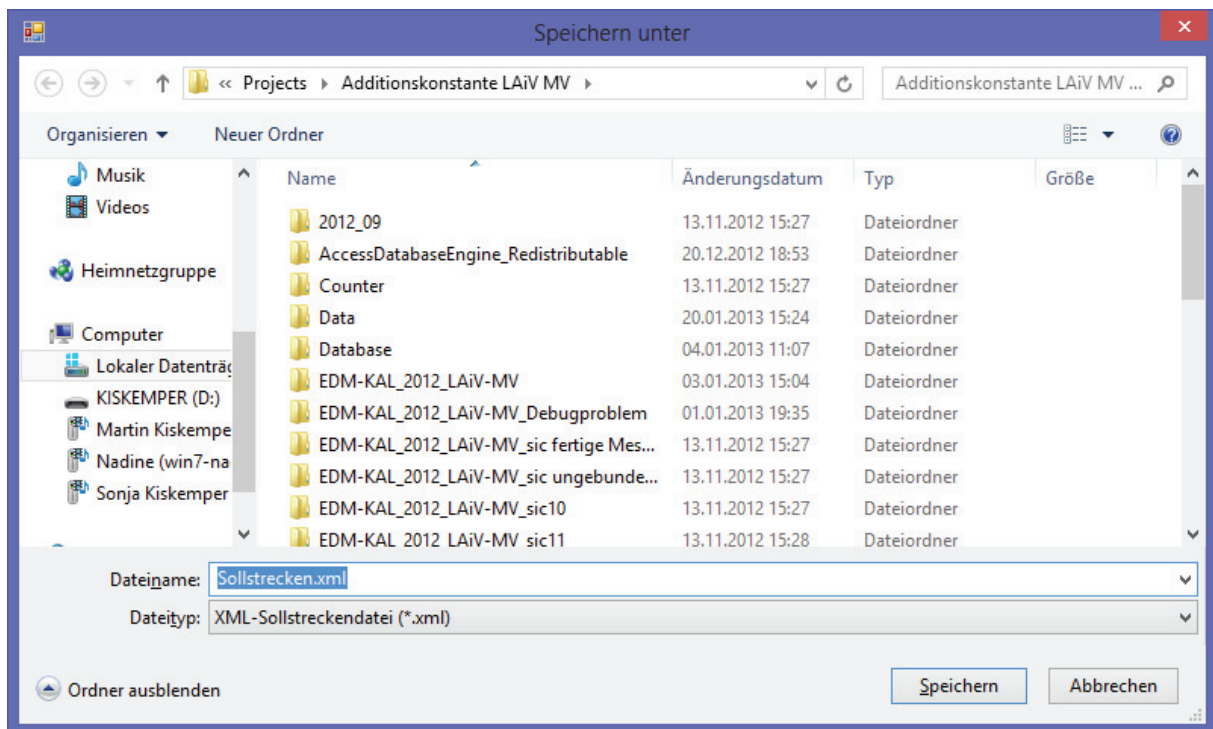
Nach vollständiger Eingabe der Daten können diese in einer XML-Datei gespeichert werden.

Dies erfolgt über den Button



Als Vorschlag für den Dateinamen wird 'Sollstrecken.xml' verwendet, der zwingend vom Auswerteprogramm erwartet wird. Man kann aber auch den Namen verändern, um z.B. die Sollstrecken mit Datumsszusatz abzuspeichern, um die Historie zu behalten.

Als Pfad wird das Anwendungsverzeichnis vorgeschlagen, dass in der Initialisierungsdatei 'EDMKAL_ini.xml' unter dem Eintrag <PathEDMKAL> festgelegt ist.



5.2.2 Messwerteingabe

Dieses weitere, aber umfangreiche "Hilfsprogramm" ermöglicht die komfortable Eingabe der auf der Kalibrierstrecke ermittelten Messdaten. Nach dem Start des Programmes 'Messwerteingabe' stellt sich die Oberfläche wie folgt dar:

The screenshot shows the 'Messwerteingabe' software interface. It is divided into several sections:

- Kopfdaten:** Fields for Prüf-Nr., Verm.-Stelle, Beobachter, Datum (06.02.2013), Beginn (15:32), Ende (15:32), Wetter, and Bewölkung.
- Instrument:** Fields for Hersteller, Bezeichnung, Instr.-Nr., Instrumentenhöhe, eingestellte Prismenkonstante, and checkboxes for 'Strecken horizontalisieren' and 'Strecken meteorologisch korrigieren'. Below are 'eingest. meteorologische Parameter' for Temperatur, Luftdruck, and Luftfeuchte.
- Reflektor:** Fields for Typ, Reflektorhöhe, and Prismenkonstante.
- Frequenzmessung:** Field for Maßstab km.
- Laborstrecken:** Fields for Strecke 1 and Strecke 2.
- Buttons:** 'Messwerte in XML-Datei sichern' and 'Messwerte aus XML-Datei laden'.
- Table:** A table with columns: von, nach, Temperatur Standpunkt [°C], Temperatur Zielpunkt [°C], Luftdruck Standpunkt [hPa], Luftdruck Zielpunkt [hPa], Strecke 1 [m], Strecke 2 [m], Strecke 3 [m], Strecke 4 [m], Strecke 5 [m], verw., Stabw. [mm], Verb. [mm]. The table is currently empty except for a header row and a single row with an asterisk in the 'von' column.

Werden Messwerte eingegeben, hat das Programm folgendes Erscheinungsbild:

The screenshot shows the 'Messwerteingabe' software interface with data entered. The fields are populated as follows:

- Kopfdaten:** Prüf-Nr. E027/12, Datum 12.09.2012, Beginn 09:20, Ende 13:00, Wetter bewölkt, leichter Wind, Bewölkung 4/8.
- Instrument:** Hersteller Leica, Bezeichnung TCRP1202, Instr.-Nr. [redacted], Instrumentenhöhe 0,239 m, eingestellte Prismenkonstante -34,4 mm.
- Reflektor:** Typ KTR1N, Reflektorhöhe 0,213 m, Prismenkonstante -34,4 mm.
- Frequenzmessung:** Maßstab km 0,7 ppm.
- Laborstrecken:** Strecke 1 5,4587 m, Strecke 2 20,9652 m.
- Buttons:** 'Messwerte in XML-Datei sichern' and 'Messwerte aus XML-Datei laden'.
- Table:** The table now contains 10 rows of data. The first row is highlighted in blue. The 'verw.' column has checkboxes, and the 'Verb.' column has numerical values.

von	nach	Temperatur Standpunkt [°C]	Temperatur Zielpunkt [°C]	Luftdruck Standpunkt [hPa]	Luftdruck Zielpunkt [hPa]	Strecke 1 [m]	Strecke 2 [m]	Strecke 3 [m]	Strecke 4 [m]	Strecke 5 [m]	verw.	Stabw. [mm]	Verb. [mm]
*											<input type="checkbox"/>		
1	2	14,4	15,4	1002,6	1002,6	20,188	20,188	20,188	20,188	20,188	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
1	3	14,4	15,3	1002,6	1002,6	131,207	131,207	131,207	131,207	131,207	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
1	4	14,4	15,2	1002,6	1002,6	333,053	333,053	333,053	333,053	333,053	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
1	5	14,4	15,3	1002,6	1002,6	625,706	625,705	625,706	625,706	625,706	<input checked="" type="checkbox"/>	0,45	
1	6	14,4	15,4	1002,6	1002,6	872,944	872,944	872,943	872,943	872,943	<input checked="" type="checkbox"/>	0,55	
1	7	14,4	15,3	1002,6	1002,6	1029,380	1029,379	1029,380	1029,380	1029,380	<input checked="" type="checkbox"/>	0,45	
1	8	14,4	15,2	1002,6	1002,6	1094,988	1094,988	1094,988	1094,988	1094,988	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
3	4	14,0	15,0	1003,5	1003,5	201,846	201,847	201,847	201,846	201,847	<input checked="" type="checkbox"/>	0,55	
3	5	14,0	15,1	1003,5	1003,5	494,499	494,499	494,499	494,499	494,499	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	

Auch hier werden die Daten wieder in einer XML-Datei abgelegt, aber diesmal im Datenverzeichnis (Eintrag <PathEDMKALData> in der Initialisierungsdatei).

```

<?xml version="1.0"?>
<Kalibrierung xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:xsd=
  <Kopfdaten>
    <PruefNr>Muster</PruefNr>
    <Datum>2011-03-10T11:39:26</Datum>
    <Zeit_Beginn>2013-02-26T09:45:26</Zeit_Beginn>
    <Zeit_Ende>2013-02-26T12:00:26</Zeit_Ende>
    <VermStelle>Verm.-Büro Sperlich u. Fröhlich</VermStelle>
    <Beobachter>Schwindt</Beobachter>
    <Wetter>bedeckt</Wetter>
    <Bewoelkung>7/8</Bewoelkung>
  </Kopfdaten>
  <Instrument>
    <Hersteller>Trimble</Hersteller>
    <Serie>S6 DR300+ (Impuls)</Serie>
    <Bezeichnung>S6</Bezeichnung>
    <Nr>927 10779</Nr>
    <Genauigkeit_mm>3</Genauigkeit_mm>
    <Genauigkeit_ppm>2</Genauigkeit_ppm>
    <Frequenz_ppm>0</Frequenz_ppm>
    <Hoehe_m>0.238</Hoehe_m>
    <Prismenkonst_eingestellt>-35</Prismenkonst_eingestellt>
    <horizontieren>true</horizontieren>
    <atmosphaerisch_korrigieren>false</atmosphaerisch_korrigieren>
    <Temp_eingestellt>20</Temp_eingestellt>
    <Druck_eingestellt>1013.25</Druck_eingestellt>
    <relFeuchte_eingestellt>60</relFeuchte_eingestellt>
  </Instrument>
  <Reflektor>
    <Typ>KTR 1N</Typ>
    <Hoehe_m>0.224</Hoehe_m>
    <Konstante>-35</Konstante>
  </Reflektor>
  <Laborstrecken>
    <Strecke1>0</Strecke1>
    <Strecke2>0</Strecke2>
  </Laborstrecken>
  <Messdaten>
    <Messung>
      <von>1</von>
      <nach>2</nach>
      <Temp_Stdpkt>6</Temp_Stdpkt>
      <Temp_Zielpkt>6</Temp_Zielpkt>
      <Druck_Stdpkt>1004</Druck_Stdpkt>
      <Druck_Zielpkt>1004</Druck_Zielpkt>
      <Strecke1>27.161</Strecke1>
      <Strecke2>27.162</Strecke2>
      <Strecke3>27.162</Strecke3>
      <Strecke4>27.162</Strecke4>
      <Strecke5>27.162</Strecke5>
      <verwenden>true</verwenden>
    </Messung>
    <Messung>
      <von>1</von>
      <nach>3</nach>
      <Temp_Stdpkt>6.6</Temp_Stdpkt>

```

Abbildung 16: Auszug aus einer Messwert-XML-Datei, die mit dem Programm 'Messwerteingabe' erzeugt wurde

Die Eingabe der **Kopfdaten** ist eigentlich selbsterklärend; Datum und Uhrzeiten können wieder komfortabel über einen 'DateTimePicker' ausgewählt werden. Bei der Bewölkung ist eine Auswahl aus einer 'DropDownBox' möglich, die keine freie Eingabe zulässt und somit zu einer einheitlichen Angabe des Bewölkungszustandes in Achtschritten führt.

Im mittleren Teil sind Angaben zum **Instrument** zu machen. Auf eine Angabe der Serie und der Genauigkeiten des Instrumentes wurde verzichtet. Die Serie kann bei der Auswertung durch den fachkundigen Bearbeiter aus einer Liste über eine 'DropDownBox' ausgewählt werden, die sich aus den Namen der Tachymeter-Parameterdateien füllt. In diesen Dateien sind im XML-Format unter anderem die Genauigkeiten der Streckenmessung abgelegt. Die oben abgebildete Messwert-XML-Datei wird nach der ersten Auswertung um die Tachymeterserie und die -genauigkeiten ergänzt, so dass die Auswahl nur einmal zu treffen ist und bei den nächsten Auswertungen bereits vorgegeben ist, aber noch geändert werden kann.

Da sich die Instrumentenhöhe nur geringfügig auf den unterschiedlichen Pfeilern ändert, (max. Hub der Dreifußschrauben = max. 1 cm) wird die Instrumentenhöhe, wie auch die Reflektorhöhe nur einmal erfasst und eingegeben. Ein Fehler in der Instrumentenhöhe von 1 cm bei der kürzesten Strecke von 20 m, bei der sich der Fehler am stärksten auswirkt, verursacht einen Streckenfehler von 2 μm und ist damit vernachlässigbar.

Mit dieser Software ist es auch möglich die am Tachymeter eingestellte und die wahre Prismenkonstante zu erfassen und bei der Auswertung zu berücksichtigen. Dies kann dann sinnvoll sein, wenn Tachymeter verschiedener Hersteller mit einem Prisma kalibriert werden und am Tachymeter kein neues Prisma definiert werden soll. (Der Kunde ist i.d.R. nicht begeistert, wenn sein Instrument "verstellt" wird.) Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung der beiden Prismenkonstanten besteht darin, wenn im Tachymeter noch aus einer vorherigen Messung das falsche Prisma (z.B. 360°-Prisma aus Robotikbetrieb) definiert ist und die Kalibrierung mit falsch eingestelltem Prisma erfolgte. Hier muss jetzt nicht jede Strecke korrigiert werden, sondern es muss lediglich der eingestellte Wert in der Messdatenerfassung eingetragen werden. Im Normalfall sollten aber eingestellte und wahre Prismenkonstante identisch sein.

Wichtig sind die Angaben zu den am Tachymeter eingestellten Parametern. Hier wird festgelegt, ob Schräg- oder Horizontalstrecken gemessen wurden. Bei gemessenen Schrägstrecken muss der Haken vor 'Strecken horizontieren' gesetzt werden.

Die größte Fehlerquelle bei der Bestimmung der EDM-Kalibrierparameter ist die Auswahl über die Art der durchzuführenden meteorologischen Korrekturen. Hier gibt es generell drei verschiedene Möglichkeiten, die vom Beobachter trotz Angabe auf dem Feldbuch nach der Messung bei Abgabe des Zubehörs nochmals exakt erfragt werden sollten.

Vor jeder Messung, d.h. bei jedem Prismenwechsel auf einen anderen Pfeiler, sind die meteorologischen Daten (Temperatur, Luftdruck, evtl. Luftfeuchte) zu erfassen und im Feldbuch zu notieren.

- Die meteorologischen Daten werden **im Tachymeter eingegeben**, so dass die Korrektur bereits im Instrument erfolgt und bei der Auswertung nicht mehr gerechnet werden muss. D.h. der Haken vor 'Strecken meteorologisch korrigieren' darf nicht gesetzt werden.
- Die meteorologischen Daten werden **nur vor der ersten Messung im Tachymeter eingegeben**. Jetzt muss der Haken vor 'Strecken meteorologisch korrigieren' gesetzt werden und die eingegebenen Werte für Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchte müssen auch in den entsprechenden Eingabefeldern bei der Messwerteingabe eingetragen werden.
- Am Tachymeter werden die **vom Hersteller definierten meteorologischen Standardparameter** eingegeben, so dass der atmosphärische ppm-Wert (Maßstabsfaktor) auf 0 (Null) gesetzt ist. In diesem Fall muss der Haken vor 'Strecken meteorologisch korrigieren' auch gesetzt werden und die meteorologischen Standardparameter für Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchte müssen auch in den entsprechenden Eingabefeldern bei der Messwerteingabe eingetragen werden. Für alle Hersteller sind dies:

Temperatur = 20°C, Luftdruck = 1013,25 hPa, Luftfeuchte = 60%

Der Hersteller Leica hat die Standardtemperatur mit 12°C für seine Tachymeter festgelegt.

Zu den Angaben zum **Reflektor** (Prismenkonstante und Reflektorhöhe) wurden bereits im Abschnitt 'Instrument' Erläuterungen gegeben.

Unter '**Frequenzmessung**' ist der ermittelte Maßstabsfaktor km der Frequenzkalibrierung einzugeben. Hierbei handelt es sich um einen systematischen Fehler, der vor allem aus der Alterung des Quarzes hervorgerufen wird. Deshalb werden alle gemessenen Strecken bei der Auswertung um diesen Fehler korrigiert.

Die Bestimmung der Nullpunktkorrektur erfolgt normalerweise auf einer Pfeilerstrecke mit bekannten Sollstrecken, so dass neben der reinen Additionskonstante auch noch ein Maßstabsfaktor (entfernungsabhängige Nullpunktkorrektur) abgeleitet werden kann. Auf die Bestimmung höhergradiger Glieder oder des zyklischen Phasenfehlers wird heute in der Regel verzichtet. Parallel werden meist die reine Additionskonstante und die Pfeilerabstände durch eine Ausgleichsrechnung ohne Einführung der Sollstrecken gerechnet, um die Sollstrecken zu kontrollieren.

Darüber hinaus soll ausprobiert werden, wie genau die aus ein oder zwei sehr kurzen **Laborstrecken** abgeleitete Additionskonstante mit der auf der Pfeilerstrecke bestimmten Konstante übereinstimmt. Dieses Verfahren wird in den Servicewerkstätten der Instrumentenhersteller verwendet.

Soll keine Additionskonstantenbestimmung über Laborstrecken erfolgen, so ist in den Eingabefeldern der Wert 0 (Null) einzugeben. Soll nur eine Strecke verwendet werden, so ist der zweite Wert mit 0 (Null) festzulegen.

Die Eingabe der eigentlichen Messwerte erfolgt in der im unteren Bereich befindlichen Tabelle. Bei der Eingabe empfiehlt sich zur Bestätigung des eingegebenen Messwertes die Benutzung der **TAB-Taste**, um in die nächste Spalte zu wechseln. Die eingegebenen Werte werden auf Plausibilität geprüft:

Stand- und Zielpunkt-Nr. können nur die Werte zwischen 1 und 10 annehmen.

Die Temperaturen müssen im Bereich von -25°C und + 50°C liegen.

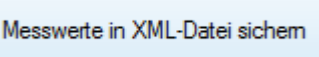
Der Luftdruck muss zwischen 750 hPa und 1100 hPa liegen.

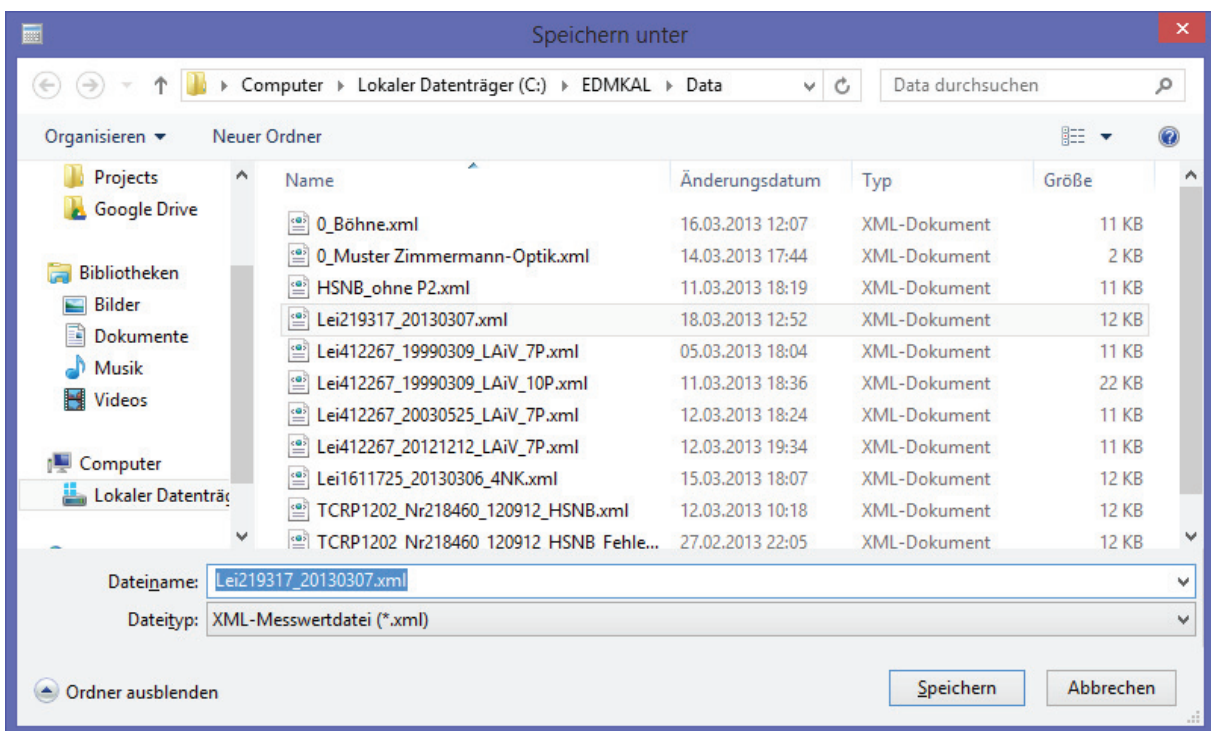
Die Eingabe der gemessenen Strecken kann mit drei (Standard) oder vier Nachkommastellen erfolgen. Dies kann für die Kalibrierung von Präzisionstachymetern genutzt werden. Hier ist aber unbedingt darauf zu achten, dass nur bei optimalen meteorologischen Bedingungen (bedeckter Himmel) die Kalibrierstreckenmessung durchgeführt wird.

Strecke 1 [m]	Strecke 2 [m]	Strecke 3 [m]	Strecke 4 [m]	Strecke 5 [m]	verw.	Stdabw. [mm]	Verb. [mm]
20,1880	20,1880	20,1880	20,1880	20,1880	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
131,2070	131,2070	131,2070	131,2070	131,2070	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
333,0530	333,0530	333,0530	333,0530	333,0530	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
625,7060	625,7050	625,7060	625,7060	625,7060	<input checked="" type="checkbox"/>	0,45	
872,9440	872,9440	872,9430	872,9430	872,9430	<input checked="" type="checkbox"/>	0,55	
1029,3800	1029,3790	1029,3800	1029,3800	1029,3800	<input checked="" type="checkbox"/>	0,45	
1094,9880	1094,9880	1094,9880	1094,9880	1094,9880	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
201,8460	201,8470	201,8470	201,8460	201,8470	<input checked="" type="checkbox"/>	0,55	
494,4990	494,4990	494,4990	494,4990	494,4990	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	

In der nächsten Eingabespalte kann noch festgelegt werden, ob die Messung in der Zeile für die Berechnung der Nullpunktkorrektur verwendet werden soll oder nicht. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn ein Ausreißer durch den in der folgenden Abbildung dargestellten Soll- / Istvergleich erkannte wurde.


Ab der Eingabe der zweiten Strecke wird die Standardabweichung (der Einzelmessung) aus den eingegebenen Strecken berechnet. Dies ist ein guter Indikator für einen Tippfehler bei der Eingabe. Bei den heutigen Tachymetern und ordentlichen meteorologischen Bedingungen sollte die Standardabweichung nicht größer als 1,5 mm sein.

Nach Eingabe aller Daten sollten diese in der Messwerte-XML-Datei abgelegt werden. Das erstmalige Speichern muss über den Button  erfolgen. In dem sich öffnenden Dialogfenster kann der Dateipfad und -name festgelegt werden.




Der Standardpfad ergibt sich aus dem Eintrag <PathEDMKALData>, der in der Initialisierungsdatei 'EDMKAL_ini.xml' festgelegt ist. Der Vorschlag für den Dateinamen ist eindeutig und setzt sich aus den ersten drei Stellen des Herstellernamens plus Instrumentennummer, gefolgt von einem Unterstrich und dem achtstelligen Datum in der Reihenfolge Jahr (4-stellig), Monat (2-stellig) und Tag (2-stellig) zusammen.

Wurde der Dateiname einmal festgelegt, können weitere Änderungen unter dem gleichen

Dateinamen einfach durch Drücken des Speichern-Buttons  gesichert werden. Es ist aber auch möglich die Änderungen unter einem anderen Dateinamen nach der oben beschriebenen Methode über den Button 'Messwerte in XML-Datei sichern' und dem Speichern-Dialog abzulegen.

Um die eingegebenen Messdaten einer ersten visuellen Kontrolle zu unterziehen, können die Verbesserungen zu den Sollstrecken getrennt nach Standpunkten gerechnet und in

einem Diagramm dargestellt werden. Dieses lässt sich über den Button  aufrufen und stellt sich wie folgt dar:

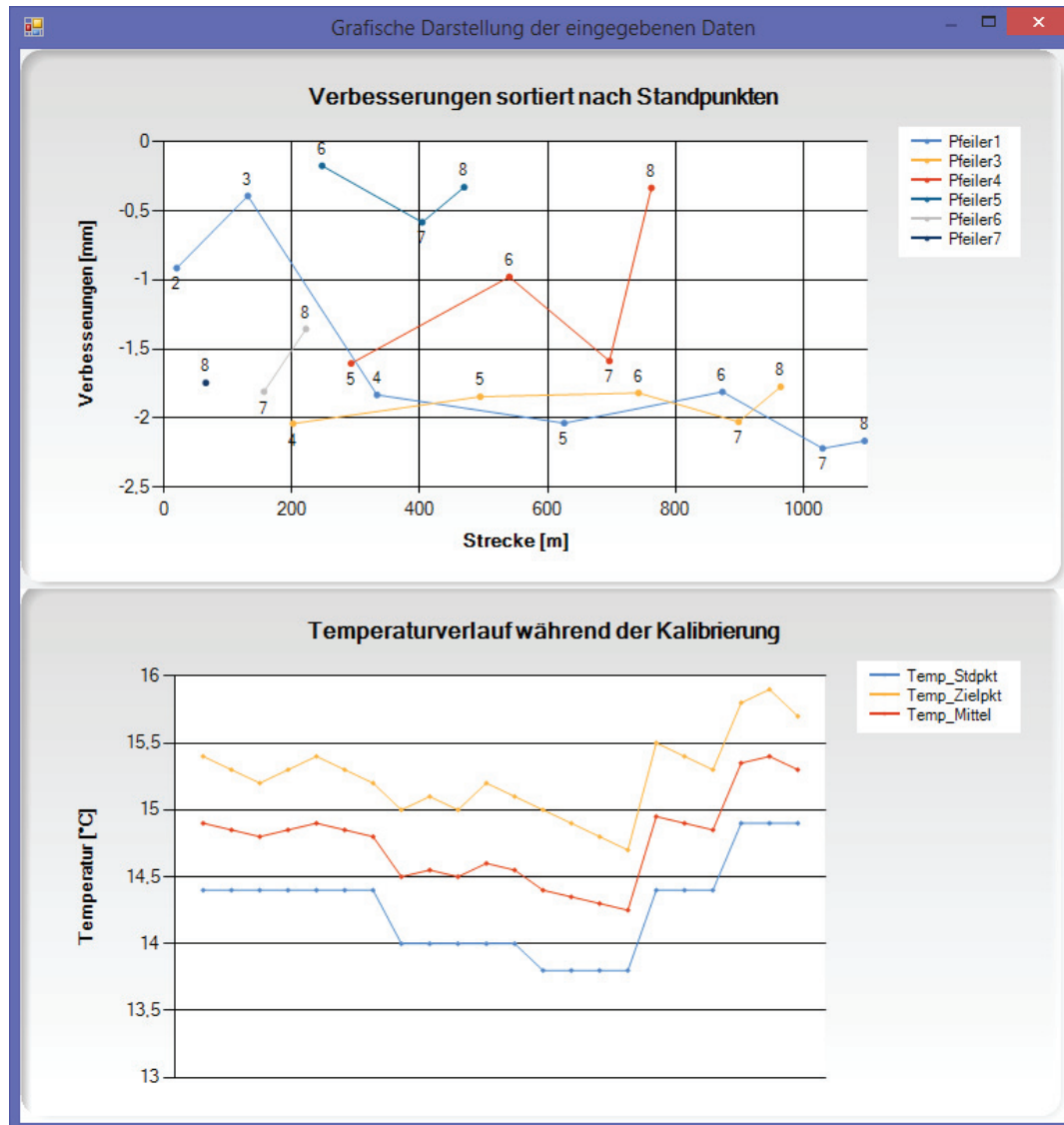


Abbildung 17: Grafische Darstellung der eingegebenen Daten

Neben den Verbesserungen wird im unteren Teil der Temperaturverlauf während der Kalibrierung dargestellt.

Zur Berechnung der Verbesserungen wird die gleiche Routine zur Korrektur und Reduktion der gemessenen Strecken durchlaufen wie bei der späteren Ausgleichsrechnung zur Bestimmung der Nullpunktkorrektur. So werden die Strecken korrigiert wegen Frequenz, Differenz zwischen eingestellter und wahrer Prismenkonstante und Meteorologie. Des Weiteren werden die Strecken horizontiert.

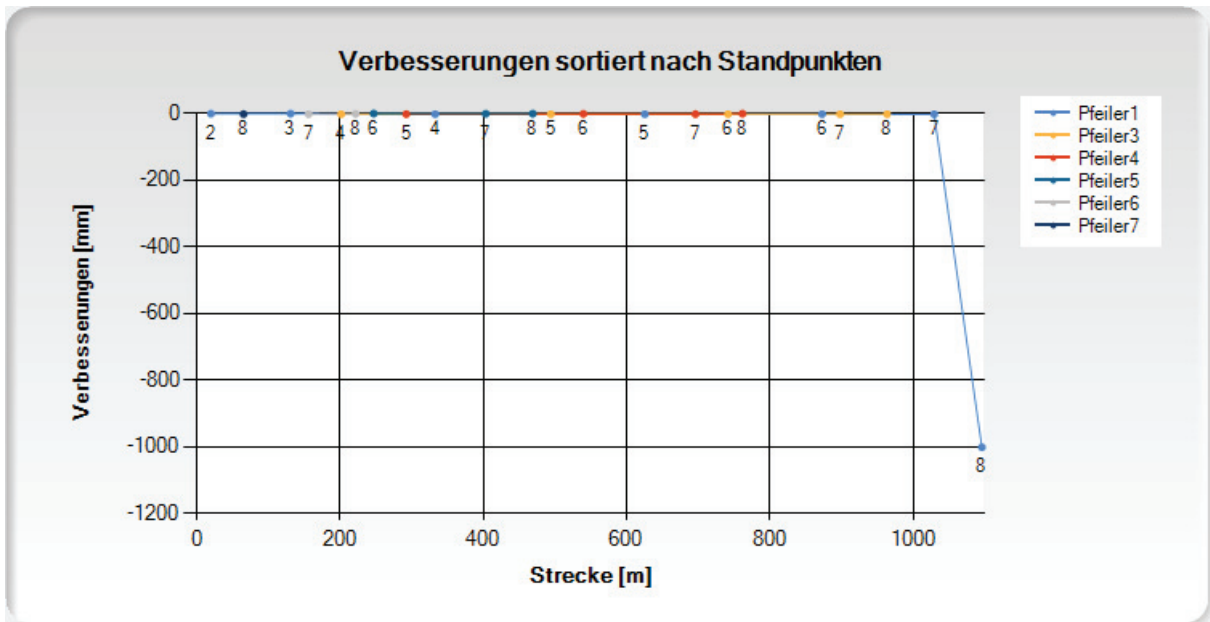
Wird das Diagrammfenster geschlossen, werden die berechneten Verbesserungen in die letzte Spalte eingetragen.

Stdabw. [mm]	Verb. [mm]
0,00	-0,91
0,00	-0,39
0,00	-1,83
0,45	-2,04
0,55	-1,81
0,45	-2,22
0,00	-2,17

In beiden Diagrammen lassen sich sehr leicht mögliche Eingabefehler erkennen. Im Folgenden wurde ein Meterfehler bei der Streckeneingabe eingebaut. Anhand der Standardabweichung lässt sich kein Fehler erkennen, da jede Strecke den Meterfehler enthält, was leicht durch die automatische Übernahme der Vorkommastellen in die nächste Spalte passieren kann.

	von	nach	Temperatur Standpunkt [°C]	Temperatur Zielpunkt [°C]	Luftdruck Standpunkt [hPa]	Luftdruck Zielpunkt [hPa]	Strecke 1 [m]	Strecke 2 [m]	Strecke 3 [m]	Strecke 4 [m]	Strecke 5 [m]	verw.	Stdabw. [mm]	Verb. [mm]
▶	1	2	14,4	15,4	1002,6	1002,6	20,188	20,187	20,186	20,189	20,188	<input checked="" type="checkbox"/>	1,14	
	1	3	14,4	15,3	1002,6	1002,6	131,207	131,207	131,207	131,207	131,207	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
	1	4	14,4	15,2	1002,6	1002,6	333,053	333,053	333,053	333,053	333,053	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
	1	5	14,4	15,3	1002,6	1002,6	625,706	625,705	625,706	625,706	625,706	<input checked="" type="checkbox"/>	0,45	
	1	6	14,4	15,4	1002,6	1002,6	872,944	872,944	872,943	872,943	872,943	<input checked="" type="checkbox"/>	0,55	
	1	7	14,4	15,3	1002,6	1002,6	1029,380	1029,379	1029,380	1029,380	1029,380	<input checked="" type="checkbox"/>	0,45	
	1	8	14,4	15,2	1002,6	1002,6	1095,988	1095,988	1095,988	1095,988	1095,988	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	
	3	4	14,0	15,0	1003,5	1003,5	201,846	201,847	201,847	201,846	201,847	<input checked="" type="checkbox"/>	0,55	
	3	5	14,0	15,1	1003,5	1003,5	494,499	494,499	494,499	494,499	494,499	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	

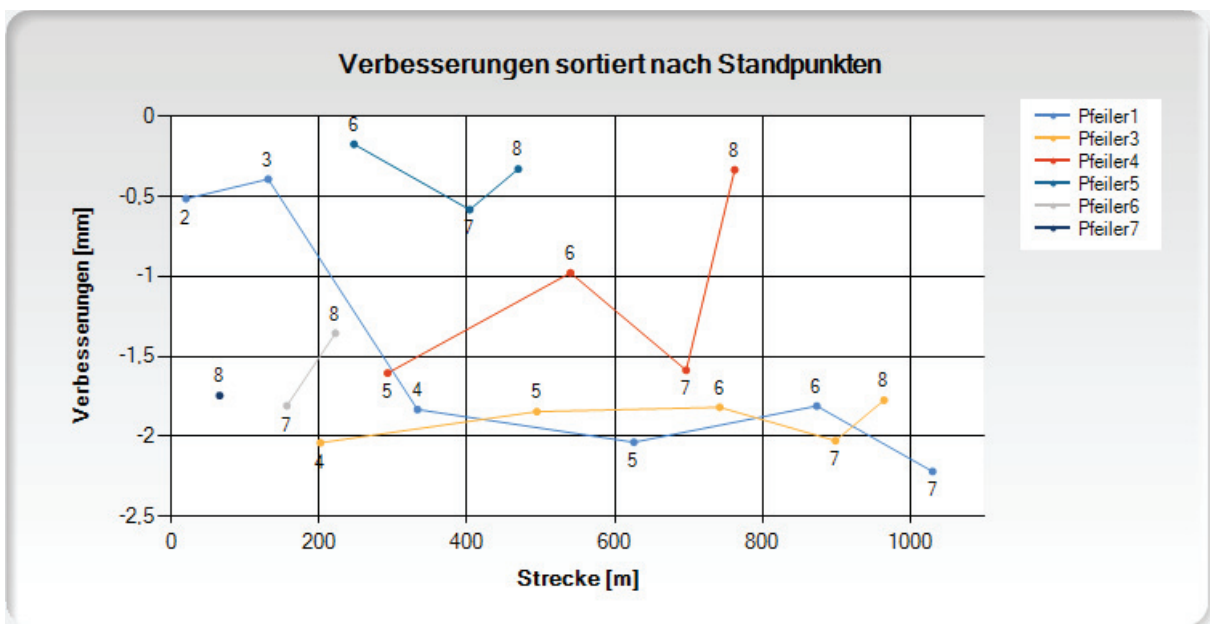
Wird das Verbesserungsdiagramm aufgerufen, ist dieser Fehler wunderbar in der hellblauen Datenreihe, zugehörig zu Pfeiler 1, zu erkennen.



Nach Schließen des Fensters ist der Fehler auch gut in der Verbesserungsspalte zu erkennen und der Wert deutet bereits auf einen Meterfehler hin.

1	8	14.4	15.2	1002.6	1002.6	1095.988	1095.988	1095.988	1095.988	1095.988	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	-1002,17
---	---	------	------	--------	--------	----------	----------	----------	----------	----------	-------------------------------------	------	----------

Wird die Strecke korrigiert, ergeben sich die Verbesserungen wie in Abbildung 17 bereits dargestellt. Ist der Fehler nicht eindeutig erkennbar, kann auch die betroffene Strecke deaktiviert werden und es ergibt sich folgende Darstellung, in der die Verbesserung der Strecke 1-8 nicht berücksichtigt und angezeigt wird.



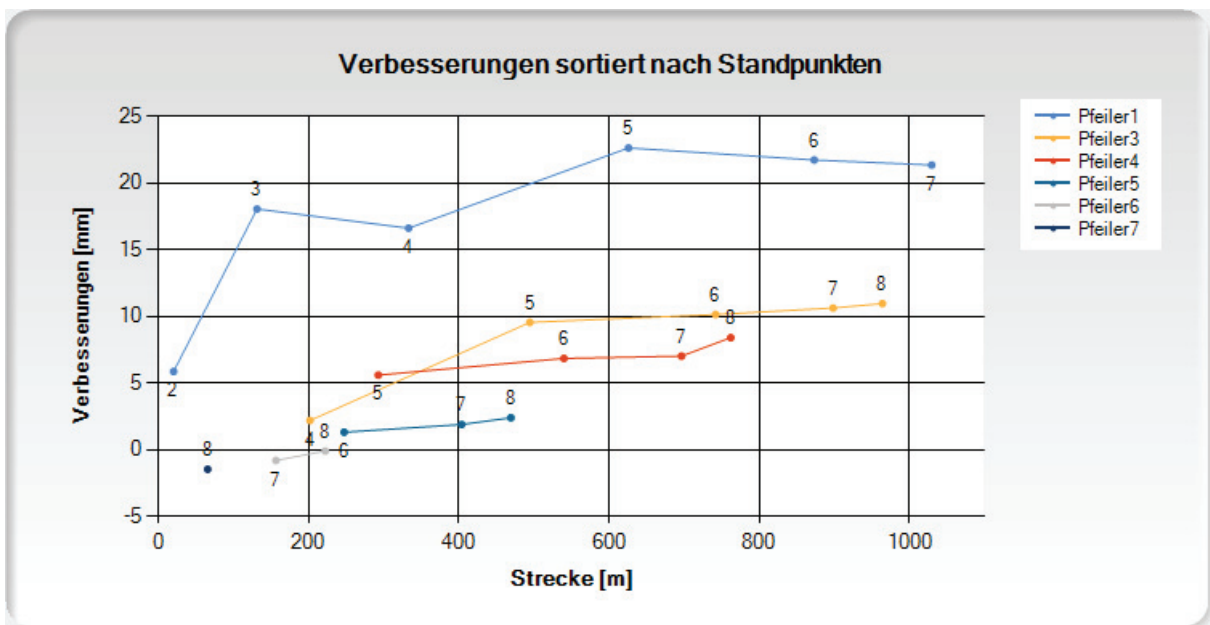
Wie wichtig das Setzen einzelner "Häkchen" für die Auswertung ist, sollen die folgenden Beispiele verdeutlichen. Es ist von elementarer Bedeutung zu wissen, welche Strecken

(horizontal oder schräg) gemessen wurden, und wie die meteorologischen Parameter im Tachymeter eingegeben wurden.

Obiges Diagramm zeigt die Verbesserungen bei richtig gesetzten "Häkchen". Die Strecken sind bereits horizontalisiert und vor jeder Messung wurden die meteorologischen Parameter ins Tachymeter eingegeben, so dass die Strecken auch nicht mehr meteorologisch korrigiert werden müssen.

Wird jetzt aber fälschlicherweise der Haken für die Horizontierung gesetzt, so ergeben sich stark vergrößerte Verbesserungen. (Das Beispiel entstammt einer Messung auf der Kalibrierstrecke der Hochschule Neubrandenburg in Ganzkow, die einen Höhenunterschied zwischen den Pfeilerkopfplatten von knapp 8 Metern aufweist.)

Strecken horizontalisieren



Besondere Beachtung sollte der Erfassung der meteorologischen Parameter gewidmet werden. So bewirkt eine um 1 °C fehlerhaft erfasste Temperatur einen Maßstabsfehler von 1 ppm (1mm bei 1 km Streckenlänge). Wird der Luftdruck um 3 hPa falsch gemessen, so ergibt dies auch einen Maßstabsfehler von 1 ppm.

Wichtig ist aber auch, dass der Beobachter "sein" Instrument beherrscht und die Eingabe der meteorologischen Parameter fehlerfrei durchführt und die Art der Berücksichtigung der meteorologischen Korrektur (wie sie weiter oben bereits beschrieben wurde) exakt im Feldbuch dokumentiert.

Welche Auswirkungen eine fehlerhafte Berücksichtigung der meteorologischen Korrektur hat, ist in den folgenden Beispielen dargestellt.

Die Situation ist folgende:

Die meteorologischen Daten wurden vor jeder Messung erfasst und in das Tachymeter eingegeben, so dass die Streckenkorrektion im Instrument erfolgte und in der Auswertesoftware nicht mehr berücksichtigt werden muss.

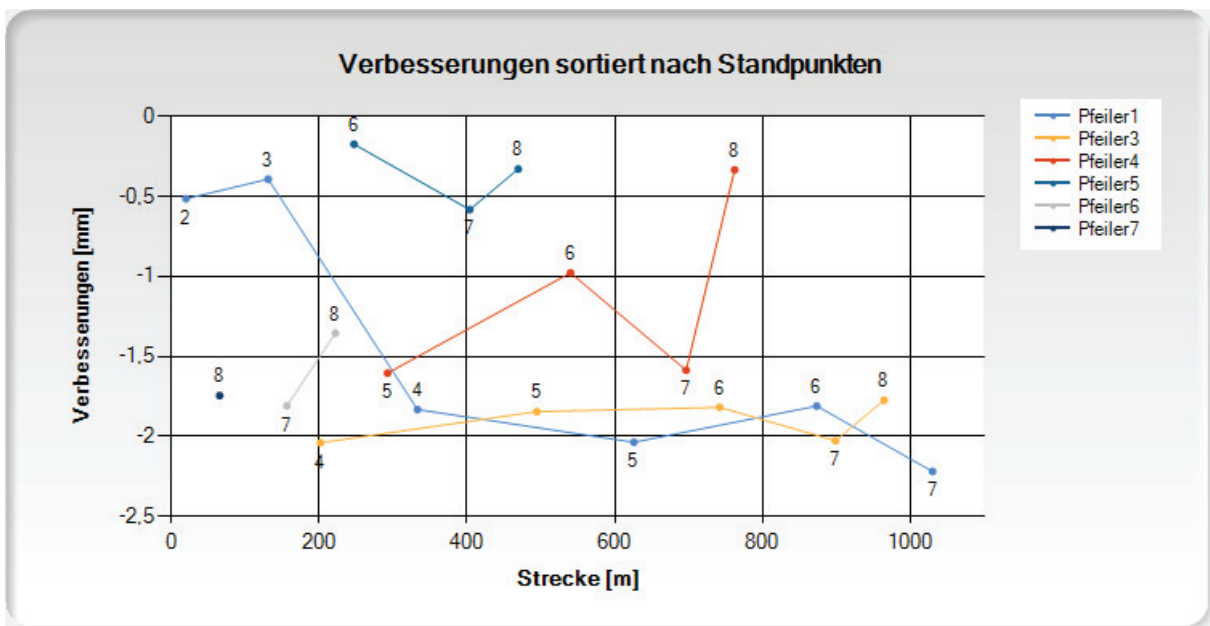
Der Haken vor 'Strecken meteorologisch korrigieren' darf, wie in folgender Abbildung zu sehen ist, nicht gesetzt werden.

Strecken meteorologisch korrigieren

eingest. meteorologische Parameter

Temperatur	14,4	°C
Luftdruck	1002,6	hPa
Luftfeuchte	60	%

Im Diagramm sieht man relativ zufällig verteilte Verbesserungen mit einer Streuung von ca. 2 mm, was für ein aktuelles Standard-Tachymeter völlig normal ist.



Fehlerfall 1:

Im Feldbuch ist dokumentiert, dass nur vor der ersten Messung die meteorologischen Parameter eingegeben wurden. Dementsprechend muss die meteorologische Korrektion im Auswerteprogramm erfolgen und der Haken muss gesetzt werden. In den nun aktiven Eingabefeldern sind die am Tachymeter eingegebenen meteorologischen Werte vor der ersten Messung einzutragen.

Fehlerfall 2:

Die weiteren Fälle sind nur hypothetisch und sollen verdeutlichen, welchen Einfluss die meteorologischen Parameter auf das Kalibrierergebnis haben.

Im Feldbuch ist dokumentiert, dass am Tachymeter folgende Parameter eingetragen sind, obwohl die Strecken bereits am Tachymeter eingegeben wurden und durch dieses korrigiert wurden.

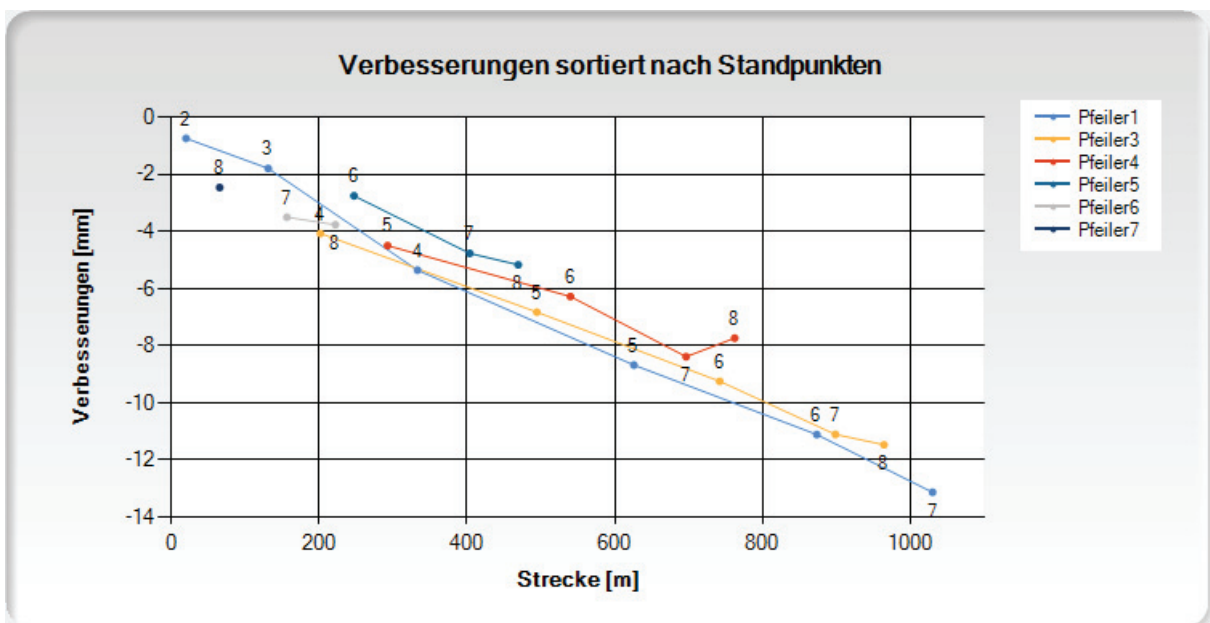
Strecken meteorologisch korrigieren

eingest. meteorologische Parameter

Temperatur	4,4	°C
Luftdruck	1002,6	hPa
Luftfeuchte	60	%

Der umgekehrte Fall ist realistischer, lässt sich aber nur aufwendig simulieren und zeigt das gleiche Bild nur mit umgekehrtem Vorzeichen.

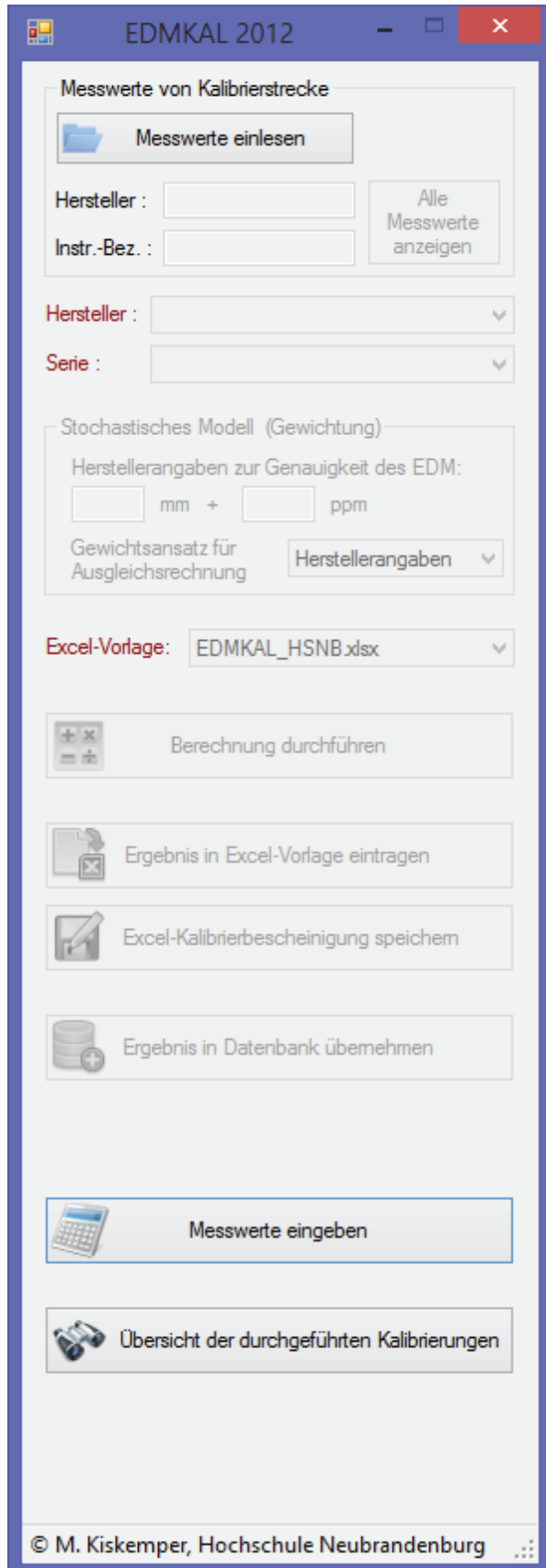
Durch den um 10 °C falsch eingetragenen Wert für die am Instrument eingestellte Temperatur entsteht ein Maßstabsfaktor von -10 ppm. Dies ist im zugehörigen Verbesserungsdiagramm wunderbar zu kennen.



So eine Verteilung der Verbesserungen deutet eigentlich immer auf eine fehlerhafte Dokumentation der Art der Berücksichtigung der meteorologischen Parameter im Feldbuch hin und kann meistens durch Nachfrage beim Beobachter geklärt werden. Möglich ist auch noch ein Maßstabsfaktor im Instrument, der aus der letzten Stationierung herrührt. Ein Maßstab aus der Frequenzmessung wird bei der Streckenkorrektur berücksichtigt und ist in den berechneten Verbesserungen nicht enthalten.

5.2.3 Auswertung der Kalibrierstreckenmessung

In diesem Kapitel wird das Hauptprogramm zur Auswertung der Kalibrierstreckenmessungen vorgestellt.

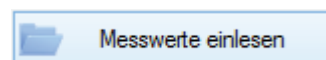


Das Programm ist sowohl vom Bedienkonzept, als auch vom Layout schlank gehalten. Die einzelnen Programmschritte und -eingaben sind von oben nach unten angeordnet und es werden immer nur die Bereiche freigegeben, dessen Daten bereits zur Verfügung stehen (eingelassen oder eingegeben wurden).

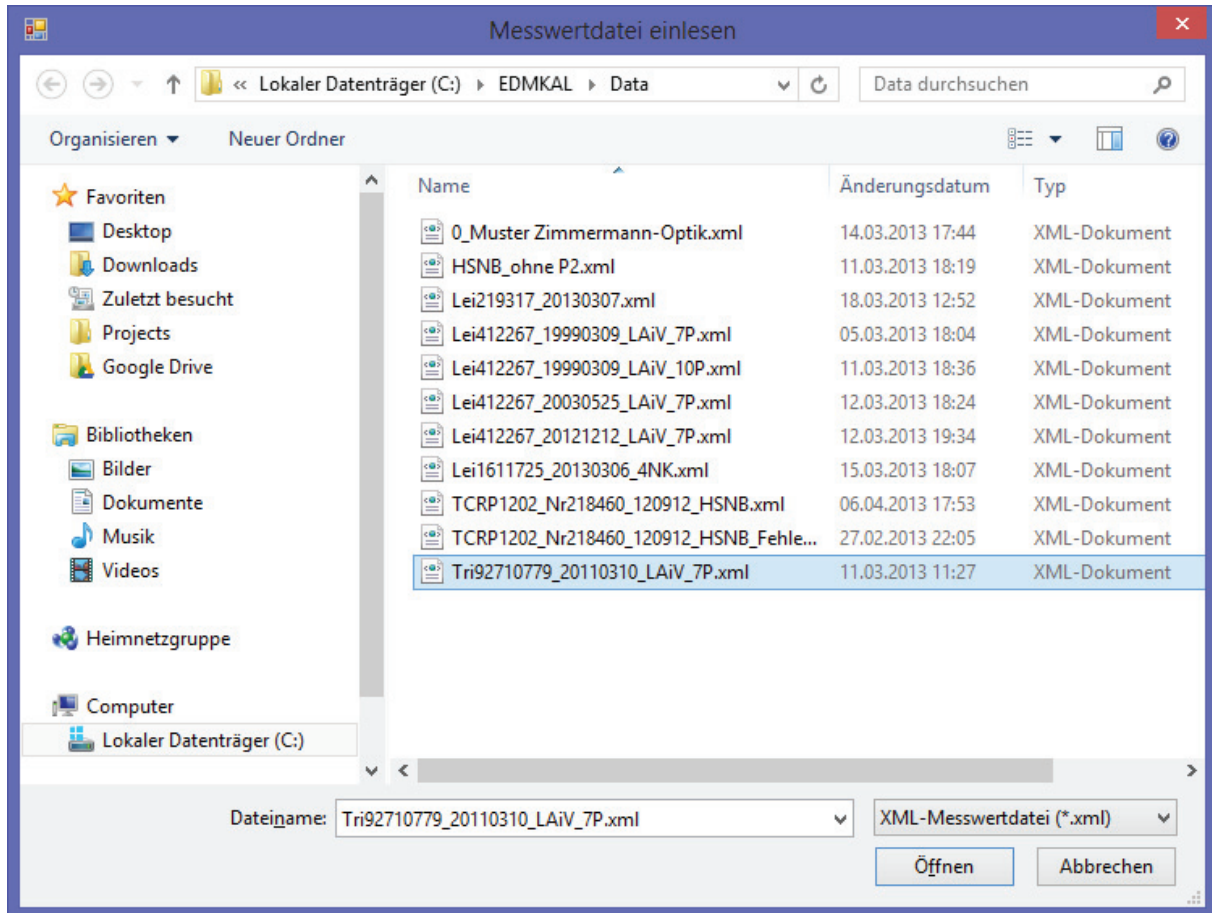
Die Breite des Programmfensters wurde so schmal wie möglich gewählt, damit genug Platz auf dem Bildschirm für das sich rechts neben dem Programmfenster öffnende Programm 'Excel' mit der Kalibrierbescheinigung verbleibt. Die Höhe des Programmfensters wird an die Höhe des Bildschirms angepasst.

Direkt nach dem Aufruf des Programms 'EDMKAL 2012' stehen nur drei Optionen in Form von freigegebenen Buttons zur Verfügung. Über die unteren beiden Buttons werden "Hilfsprogramme" aufgerufen, mit denen die Messwerte eingegeben werden können, wie dies bereits im Kapitel '5.2.2 - Messwerteingabe' beschrieben wurde. Der zweite Button eröffnet die Datenbankoberfläche zur Einsicht der Kalibrierergebnisse.

Normalerweise beginnt die Auswertung aber mit dem Einlesen der bereits eingegebenen Messwerte, die beim LAiV M-V ja durch eine andere Person und an einem anderen Ort eingegeben werden.



Wird obiger Button gedrückt, öffnet sich das 'Dateiauswahl-Fenster', in dem die XML-Datei mit den Messwerten ausgewählt werden kann. Als Startverzeichnis wird der in der 'EDMKAL_ini.xml'-Konfigurationsdatei unter Punkt <PathEDMKALData> eingetragene Pfad gesetzt.



Messwerte von Kalibrierstrecke

Hersteller :

Instr.-Bez. :

Hersteller : ▼

Serie :

Stochastisches Modell (Gewichtung)

Herstellerangaben zur Genauigkeit des EDM:

mm + ppm

Gewichtsansatz für Ausgleichsrechnung ▼

Wurden die Messwerte ohne Fehlermeldung erfolgreich eingelesen, werden der eingegebene Hersteller und die Instrumentenbezeichnung angezeigt und der Button zum Anzeigen und Verändern der Messwerte freigegeben.

Die Oberfläche des sich öffnenden Fensters ist identisch mit der Messwerteingabe, nur dass bereits eine Messwert-XML-Datei zugewiesen ist und alle Daten daraus in die entsprechenden Felder eingetragen wurden. Werden Werte geändert, kann die Messwertdatei durch Drücken der Speichern-Taste aktualisiert werden. Das Speichern in eine andere Messwertdatei oder das Laden von Messwerten aus einer anderen Datei ist nicht möglich, deshalb sind auch die entsprechenden beiden Buttons deaktiviert.

Messwertanzeige - Tri92710779_20110310_LAiV_7P.xml

Kopfdaten
 Prüf-Nr.: Muster
 Verm.-Stelle: Verm.-Büro Sperlich u. Fröhlich
 Beobachter: Schwandt
 Datum: 10.03.2011
 Beginn: 09:45
 Ende: 12:00
 Wetter: bedeckt
 Bewölkung: 7/8

Instrument
 Hersteller: Trimble
 Bezeichnung: S6
 Instr.-Nr.: 927 10779
 Instrumentenhöhe: 0,238 m
 eingestellte Prismenkonstante: -35,0 mm
 Strecken horizontalisieren
 Strecken meteorologisch korrigieren
 eingest. meteorologische Parameter
 Temperatur: 20,0 °C
 Luftdruck: 1013,3 hPa
 Luftfeuchte: 60 %

Reflektor
 Typ: KTR 1N
 Reflektorhöhe: 0,224 m
 Prismenkonstante: -35,0 mm

Frequenzmessung
 Maßstab km: 0,0 ppm

Laborstrecken
 Strecke 1: 0,0000 m
 Strecke 2: 0,0000 m

Messwerte in XML-Datei sichern
 Messwerte aus XML-Datei laden

Nachkommastellen: 3

	von	nach	Temperatur Standpunkt [°C]	Temperatur Zielpunkt [°C]	Luftdruck Standpunkt [hPa]	Luftdruck Zielpunkt [hPa]	Strecke 1 [m]	Strecke 2 [m]	Strecke 3 [m]	Strecke 4 [m]	Strecke 5 [m]	verw.	Stdabw. [mm]	Verb. [mm]
▶	1	2	6,0	6,0	1004,0	1004,0	27,161	27,162	27,162	27,162	27,162	☑	0,45	
	1	3	6,6	6,6	1004,0	1004,0	188,312	188,312	188,312	188,312	188,313	☑	0,45	
	1	4	6,3	6,3	1004,0	1004,0	298,943	298,943	298,943	298,943	298,942	☑	0,45	
	1	5	6,4	6,4	1003,0	1003,0	543,645	543,645	543,645	543,646	543,645	☑	0,45	
	1	6	6,5	6,5	1003,0	1003,0	625,106	625,106	625,106	625,106	625,106	☑	0,00	
	1	7	6,4	6,4	1003,0	1003,0	679,753	679,752	679,753	679,752	679,752	☑	0,55	
	2	3	6,6	6,6	1003,0	1003,0	161,152	161,153	161,153	161,152	161,153	☑	0,55	
	2	4	6,6	6,6	1003,0	1003,0	271,782	271,782	271,782	271,782	271,782	☑	0,00	
	2	5	6,4	6,4	1003,0	1003,0	516,483	516,482	516,483	516,483	516,482	☑	0,55	
	2	6	6,5	6,5	1003,0	1003,0	597,944	597,943	597,944	597,944	597,943	☑	0,55	

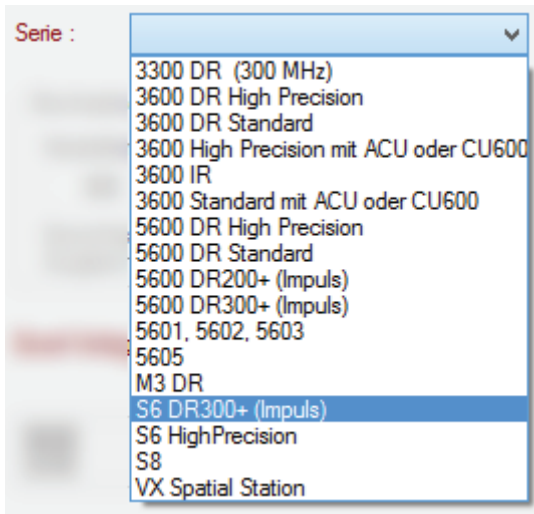
Nun sind für das eingegebene Tachymeter der Hersteller und die Serie zuzuordnen, damit aus den entsprechenden Tachymeter-XML-Dateien die Parameter für die Auswertung eingelesen werden können. Die Tachymeter-XML-Dateien befinden sich in dem Unterverzeichnis 'Tachymeter' des EDMKAL-Hauptpfades, der in der Konfigurationsdatei 'EDMKAL_ini.xml' unter dem Eintrag <PathEDMKAL> abgelegt ist. In diesem Unterverzeichnis sind weitere Unterverzeichnisse vorhanden, die den Instrumentenherstellern entsprechen. Diese Unterverzeichnisnamen werden zur Herstellerwahl in die ComboBox eingetragen. Soll ein neuer Hersteller angelegt werden, so ist einfach ein neues Unterverzeichnis zu erstellen.

Hersteller : Trimble ▼

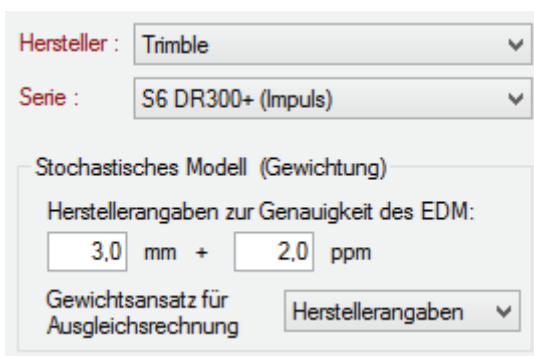
- Geodimeter
- Leica
- Nikon
- Pentax
- Sokkia
- Topcon
- Trimble
- Zeiss

In den Hersteller-Unterverzeichnissen sind nun die eigentlichen XML-Dateien mit den Parametern für die Tachymeterserie enthalten. Die Eintragungen in der Auswahl-Box 'Serie'

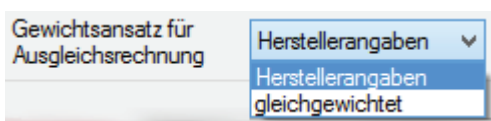
entsprechen den Dateinamen. So ist eine neue Serie durch kopieren und anpassen des Inhalts einfach zu erstellen.



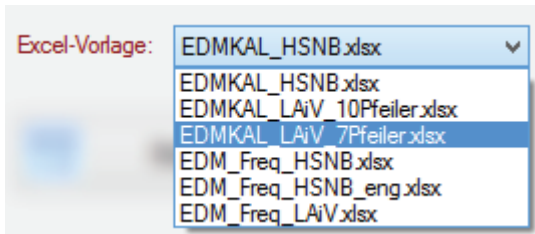
In den Tachymeter-XML-Dateien sind z.B. die vom Hersteller angegebene Formel für die meteorologische Korrektur, die Parameter für die vom Hersteller festgelegte Bezugsatmosphäre, der Bezugsbrechungsindex und die Standardabweichungen für die Streckenmessung abgelegt. Wird nun dem zu kalibrierenden Tachymeter die richtige Serie zugeordnet, so werden die Genauigkeitsangaben für das EDM in die entsprechenden Textfelder eingetragen.



Diese können jetzt für die Berechnung der Gewichtung der gemessenen Strecken in der Ausgleichung verwendet werden. Dies geschieht bei Auswahl des Gewichtsansatzes nach 'Herstellerangaben'. Darüber hinaus ist es auch möglich alle Strecken gleichmäßig zu gewichten.



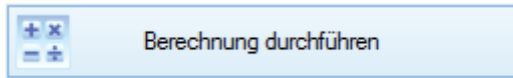
Als letztes ist noch die Excel-Vorlage zu wählen, in die die Ergebnisse nach der Berechnung eingetragen werden sollen. Die Eintragungen in der Auswahlliste entsprechen den Dateinamen der Excel-Dateien im Verzeichnis 'ExcelDoc' unter dem EDMKAL-Hauptverzeichnis, das unter <PathEDMKAL> in der Konfigurationsdatei 'EDMKAL_ini.xml' festgelegt ist.



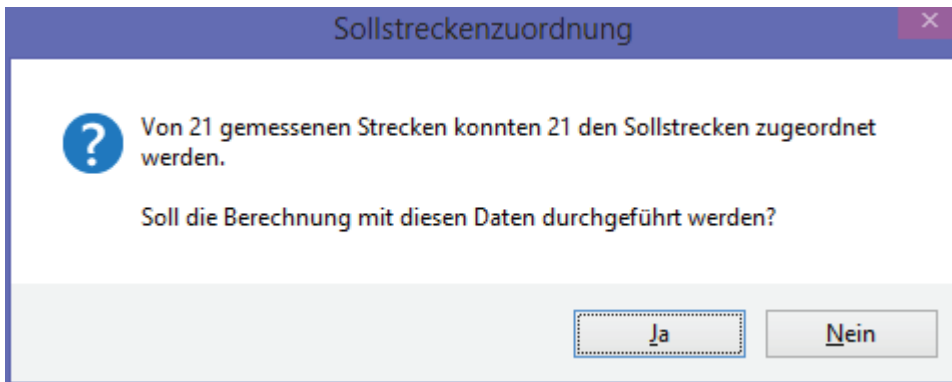
In welches Tabellenblatt und in welche Zellen die einzelnen Ergebnisse eingetragen werden sollen, ist in der zur Excel-Vorlagendatei gehörenden XML-Datei festgelegt. Diese muss im gleichen Verzeichnis stehen und den gleichen Dateinamen wie die Excel-Datei haben, nur die Endung lautet nicht '.xlsx', sondern '.xml'. Im Folgenden ist ein Ausschnitt aus der 'EDMKAL_LAiV_7Pfeiler.xml'-Datei abgebildet:

```
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<CellPositions>
  <Workbook Name="EDMKAL_LAiV_7Pfeiler">
    <Worksheet Name="Messdaten">
      <Kopfdaten_PruefNr Zeile="5" Spalte="17" />
      <Kopfdaten_Datum Zeile="12" Spalte="5" />
      <Kopfdaten_Zeit_Beginn Zeile="12" Spalte="8" />
      <Kopfdaten_Zeit_Ende Zeile="12" Spalte="11" />
      <Kopfdaten_VermStelle Zeile="8" Spalte="6" />
      <Kopfdaten_Beobachter Zeile="11" Spalte="6" />
      <Kopfdaten_Wetter Zeile="10" Spalte="15" />
      <Kopfdaten_Bewoelkung Zeile="11" Spalte="15" />
      <Instrument_Hersteller Zeile="9" Spalte="6" />
      <Instrument_Bezeichnung Zeile="9" Spalte="6" />
      <Instrument_Nr Zeile="10" Spalte="5" />
      <Instrument_Genauigkeit_mm Zeile="9" Spalte="7" />
      <Instrument_Genauigkeit_ppm Zeile="9" Spalte="9" />
    </Worksheet>
    <Worksheet Name="AddKo_mit1">
      <Kopfdaten_PruefNr Zeile="4" Spalte="9" />
      <MitSollstrecken_k1 Zeile="19" Spalte="4" />
      <MitSollstrecken_sk1 Zeile="19" Spalte="6" />
      <MitSollstrecken_k1signifikant Zeile="19" Spalte="7" />
      <MitSollstrecken_k2 Zeile="20" Spalte="4" />
      <MitSollstrecken_sk2 Zeile="20" Spalte="6" />
      <MitSollstrecken_k2signifikant Zeile="20" Spalte="7" />
      <MitSollstrecken_AnzBeob Zeile="26" Spalte="5" />
      <MitSollstrecken_AnzUnbek Zeile="27" Spalte="5" />
      <MitSollstrecken_Redundanz Zeile="28" Spalte="5" />
      <MitSollstrecken_s0 Zeile="29" Spalte="5" />
      <MitSollstrecken_Quantil Zeile="17" Spalte="5" />
    </Worksheet>
    <Worksheet Name="AddKo_mit2">
      <Messdaten_von Zeile="21" Spalte="1" />
      <Messdaten_nach Zeile="21" Spalte="2" />
      <Sollstrecken_zugeordnet Zeile="21" Spalte="3" />
      <Messdaten_StreckeHorizontiert Zeile="21" Spalte="5" />
      <MitSollstrecken_Verbesserungen Zeile="21" Spalte="-1" />
      <MitSollstrecken_StdabwMessung Zeile="50" Spalte="-1" />
    </Worksheet>
  </Workbook>
</CellPositions>
```

Nachdem alle Voreinstellungen getroffen sind, kann die eigentliche Berechnung der Nullpunktkorrektur, sprich die Ausgleichsrechnung, gestartet werden.



Zunächst versucht die Software die gemessenen Strecken den Strecken in der Sollstrecken-datei zuzuordnen. Über das Ergebnis der Zuordnung informiert ein Info-Fenster:



Werden nicht alle Strecken zugeordnet, so ist mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ein Übertragungsfehler vom Tachymeterdisplay ins Feldbuch oder vom Feldbuch in die Eingabemaske der Erfassungssoftware die Ursache. In diesem Fall sollten die eingegebenen Messwerte noch einmal kontrolliert werden. In der Eingabesoftware hilft die Diagrammdarstellung den Fehler zu finden.


Wurden alle Strecken zugeordnet, so kann die eigentliche Ausgleichsrechnung zur Bestimmung der Nullpunktkorrektur gestartet werden.

Über den fehlerfreien Durchlauf informiert die Statuszeile am unteren Rand des Programmfensters und der Button zur Übertragung der Ergebnisse in die Excel-Vorlage wird freigegeben.

Nachstehende Abbildung zeigt den Status des Programmfensters:

EDMKAL 2012

Messwerte von Kalibrierstrecke

 Messwerte einlesen

Hersteller :

Instr.-Bez. :

Hersteller :


Serie :


Stochastisches Modell (Gewichtung)


Herstellerangaben zur Genauigkeit des EDM:
 mm + ppm


Gewichtsansatz für Ausgleichsrechnung


Excel-Vorlage:


 Berechnung durchführen

 Ergebnis in Excel-Vorlage eintragen

 Excel-Kalibrierbescheinigung speichern

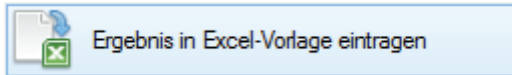
 Ergebnis in Datenbank übernehmen

 Messwerte eingeben

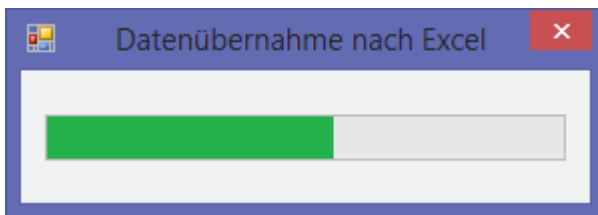
 Übersicht der durchgeführten Kalibrierungen

Berechnung wurde durchgeführt.

Wird nun der Button betätigt, um das Ergebnis der Nullpunktkorrektionsberechnung in die Excel-Vorlage einzutragen, wird Excel gestartet und dessen Fenster rechts neben dem EDMKAL-Programmfenster in den noch freien Bildschirmbereich eingepasst. Dann wird die gewählte Vorlage aus dem ExcelDoc-Verzeichnis geladen und dargestellt.



Während der Übergabe der Ergebnisdaten an Excel informiert ein Fortschrittsbalken über den Status des Prozesses.



Nach Fertigstellung der Datenübernahme präsentiert sich der Bildschirm in folgender Form:

The screenshot shows the EDMKAL 2012 software interface on the left and the Microsoft Excel spreadsheet on the right. The Excel spreadsheet is titled 'EDMKAL_LAIv_7Pfeiler1 - Microsoft Excel nichtkommerzielle Verwendung' and contains a table of measurement data for a calibration process.

Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern										Anlage 3						
Amt für Geoinformation, Vermessung und Katasterwesen										Prüf-Nr.						
Fachbereich 312, Geodätische Bezugssysteme und Festpunktfelder										Muster						
Additionskonstantenbestimmung eines EDM - Landeskalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe'																
Verm.-Stelle : Verm.-Büro Sperlich u. Fröhlich Standardabw. des EDM nach Herstellerangabe Reflektortyp :										KTR 1N am Tachymeter eingestellte Werte						
Instrument : Trimble S6 3 mm + 2 ppm										Reflektorkonstante : -35,0 mm Prismenkonst. : -35,0 mm						
Instr.-Nr. : 927 10779 Maßstabskorr. k_m aus Freq.-Messung [ppm] :										Wetter : bedeckt Temperatur : 20,0 °C						
Beobachter : Schwindt k_m : 0,0 ppm										Bewölkung : 7/8 Luftdruck : 1013,3 hPa						
Datum : 10.03.2011 Beginn : 9:45 Ende : 12:00										Luftfeuchte : 60 %						
(1)	(2)	(3) Temperatur		(4) Luftdruck		(5) Kippachs-	(6) Reflektor-	(7) Einzelmessungen					(8) Streckenmittel	(9) Streckenmittel	(10) Streckenmittel	
von	nach	Stand	Ziel	Stand	Ziel	höhe	höhe	atmosph. korr. Schrägstrecken [m]					korr. mit k_m	atmosph. korr.	hor. und red.	
		[°C]		[hPa]		[m]	[m]	1	2	3	4	5	[m]	[m]	[m]	
17	1	2	6,0	6,0	1004,0	1004,0	0,238	0,224	27,161	162	162	162	162	27,1618	27,1618	27,1617
18	1	3	6,6	6,6	1004,0	1004,0			188,312	312	312	312	312	188,3122	188,3122	188,3113
19	1	4	6,3	6,3	1004,0	1004,0			298,943	943	943	943	943	298,9428	298,9428	298,9416
20	1	5	6,4	6,4	1003,0	1003,0			543,645	645	645	645	645	543,6452	543,6452	543,6433
21	1	6	6,5	6,5	1003,0	1003,0			625,106	106	106	106	106	625,1060	625,1060	625,1040
22	1	7	6,4	6,4	1003,0	1003,0			679,753	753	753	753	753	679,7524	679,7524	679,7504
23	2	3	6,6	6,6	1003,0	1003,0			161,152	153	153	153	153	161,1526	161,1526	161,1518
24	2	4	6,6	6,6	1003,0	1003,0			271,782	782	782	782	782	271,7820	271,7820	271,7809
25	2	5	6,4	6,4	1003,0	1003,0			516,483	482	482	482	482	516,4826	516,4826	516,4808
26	2	6	6,5	6,5	1003,0	1003,0			597,944	943	944	944	943	597,9436	597,9436	597,9417
27	2	7	6,3	6,3	1003,0	1003,0			652,589	589	589	589	590	652,5896	652,5896	652,5876
28	3	4	6,7	6,7	1003,0	1003,0			110,630	630	630	630	629	110,6298	110,6298	110,6294
29	3	5	6,8	6,8	1003,0	1003,0			355,331	331	331	331	331	355,3310	355,3310	355,3300
30	3	6	6,9	6,9	1003,0	1003,0			436,792	792	792	792	792	436,7920	436,7920	436,7908
31	3	7	6,9	6,9	1003,0	1003,0			491,438	438	438	438	437	491,4378	491,4378	491,4366
32	4	5	8,2	8,2	1003,0	1003,0			244,697	697	698	697	697	244,6972	244,6972	244,6965
33	4	6	7,6	7,6	1003,0	1003,0			326,159	159	159	159	160	326,1592	326,1592	326,1584
34	4	7	7,3	7,3	1003,0	1003,0			380,805	805	805	805	805	380,8052	380,8052	380,8043
35	5	6	7,3	7,3	1003,0	1003,0			81,458	459	459	459	458	81,4586	81,4586	81,4585
36	5	7	7,2	7,2	1003,0	1003,0			136,105	105	105	105	105	136,1052	136,1052	136,1050
37	6	7	6,9	6,9	1003,0	1003,0			54,644	643	643	643	644	54,6440	54,6440	54,6439

In der Statuszeile des EDMKAL-Fensters wird ausgewiesen, dass die Ergebnisse der Berechnung der Nullpunktkorrektur in die entsprechenden Excel-Zellen eingetragen wurden. Im Excel-Fenster wird das Arbeitsblatt 'Messdaten' angezeigt, in dem alle eingegeben Messdaten sauber in die Tabelle eingetragen sind. Man kann auf die anderen Arbeitsblätter umschalten, um die Ergebnisse der Ausgleichsberechnungen zu kontrollieren.

Bei dem Tabellenblatt 'AddKo_mit1' handelt es sich um die erste Seite der Darstellung des Ausgleichsergebnisses unter Verwendung von Sollstrecken, so dass zur reinen Additionskonstanten (k_1) auch noch ein Maßstabsfaktor (k_2) berechnet werden kann.

The screenshot shows the EDMKAL 2012 software interface. On the left, there is a sidebar with various options for entering and processing measurement data. The main window displays a detailed report for a Trimble S6 instrument. The report includes the following information:

- Instrument Details:** Hersteller: Trimble, Instr.-Bez.: S6, Serie: S6 DR300+ (Impuls).
- Stochastisches Modell (Gewichtung):** Herstellerangaben zur Genauigkeit des EDM: 3,0 mm + 2,0 ppm.
- Excel-Vorlage:** EDMKAL_LAiV_7Pfeiler.xlsx
- Bestimmung der Nullpunktkorrektur - Ausgleichung mit Sollstrecken:**
 - Verm.-Stelle: Verm.-Büro Sperlich u. Fröhlich, Datum: 10.03.2011, Prüf-Nr.: Muster
 - Instrument: Trimble S6, Beobachter: Schwindt
 - Instr.-Nr.: 927 10779, Auswerter: Dipl.-Ing. Cindy Niemeyer
- 1. Funktion der Nullpunktkorrektur:**
 - Ausgleichsansatz: $k_0 = k_1 + k_2 \cdot S[\text{km}]$
 - Signifikanzniveau: $S = 0,95$
 - Quantil der t-Verteilung nach "Student" = 2,09 ($f = 19$; $p = 1 - \alpha/2 = 0,975$)
 - ausgl. Koeffizienten: $k_1 = 1,7 \text{ mm} \pm 0,4$ (signifikant), $k_2 = 0,9 \text{ mm / km} \pm 1,0$ (nicht signifikant)
 - Nullpunktkorrektur: $k_0 = 1,7 \text{ mm}$
- 2. Statistische Angaben:**
 - Anzahl der Beobachtungen (n): 21
 - Anzahl der Unbekannten (u): 2
 - Anzahl der Überbestimmungen ($f = n - u$): 19
 - Standardabweichung der Gewichtseinheit (S_0): 0,25
- 3. Graphische Darstellung der Abweichung und der Nullpunktkorrektur:**
 - Die Abbildung stellt die Abweichungen der gemessenen und anschließend korrigierten und horizontalierten Strecken gegenüber den Sollmaßen der Landeskalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' ("Soll - Ist") dar.
 - Die Abstände der Punkte von der Nulllinie entsprechen den Abweichungen vom Sollwert.
 - Die ausgleichende Gerade ist die Funktion der Nullpunktkorrektur k_0 .

Ein gesamtes Protokollbeispiel, bzw. eine komplette Zusammenstellung aller Tabellenblätter ist im Anhang 9.3 zu finden.

In der folgenden Tabelle kann die Zugehörigkeit der Kalibrierbescheinigungselemente und der Tabellenblätter entnommen werden:

	Erläuterungen	Tabelleblatt
Kalibrierbescheinigung	Textliche Beschreibung der Kalibrierung und der Ergebnisse	Kalibrierbescheinigung
Anlage 1	Frequenzprüfung	Tabelleblatt der Frequenzprüfsoftware 'FrequencyControl'

Anlage 2	Ergebnis der Additionskonstantenberechnung unter Verwendung von Sollstrecken	AddKo_mit1 AddKo_mit2
Anlage 3	Zusammenstellung der Messdaten	Messdaten
Anlage 4	Ergebnis der Additionskonstantenberechnung ohne Verwendung von Sollstrecken (Hauptsächlich zur Kontrolle der Sollstrecken / wird nicht an den "Normalkunden" herausgegeben)	Addko_ohne1 Addko_ohne2
Anlage 5	Ergebnis der einfachen Additionskonstantenberechnung aus 1 oder 2 Laborstrecken (auch nicht für den Kunden gedacht)	AddKo_Labor

Sind die Ergebnisse der Bestimmung der Nullpunktkorrektur plausibel, so ist noch der Text der Kalibrierbescheinigung anzupassen. Dies erfolgt größtenteils über Satzbausteine, die in dem Excel-Tabellenblatt 'Kalibrierbescheinigung' ausgewählt werden können.

Landesamt für innere Verwaltung
Mecklenburg-Vorpommern
Amt für Geoinformation,
Vermessungs- und Katasterwesen
Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern
Postfach 12 01 35, 19018 Schwerin

Kalibrierbescheinigung

Verm.-Stelle: Verm.-Büro Sperlich u. Fröhlich | Datum: 10.03.2011 | Prüf-Nr.: Muster
Instrument: Trimble S6 | Beobachter: Schwindt
Instr.-Nr.: 927 10779 | Auswerter: Dipl.-Ing. Cindy Niemeyer

Der o. g. elektrooptische Distanzmesser (EDM) wurde durch das Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern kalibriert.

Bei der Kalibrierung wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

1. **Maßstabskorrektur**

Die Maßstabskorrektur des EDM wurde am 10.03.2011 an der Frequenzprüfeinrichtung des LAIV M-V in Schwerin bestimmt.

Es wurde das Einlaufverhalten des Quarzes innerhalb der ersten 10 Minuten nach Einschalten bestimmt, und daraus eine mittlere Maßstabskorrektur gerechnet. Die Frequenzprüfung ist dokumentiert.

$K_m = 0,0 \text{ mm / km} \pm 0,2 \text{ mm / km}$

2. **Nullpunktkorrektur**

Zur Bestimmung der Nullpunktkorrektur erfolgte eine Kalibriermessung auf der Landeskalibrierstrecke des LAIV M-V in der Nähe von Neustadt-Glewe am 10.03.2011.

Die Messung wurde durch den Eigentümer/Nutzer selbständig durchgeführt.

Klickt man auf die Auswahlbox rechts neben den zu ändernden Satz, so werden die möglichen Satzbausteine angezeigt und durch einen weiteren Klick auf den entsprechenden

Baustein wird dieser links in den Text der Bescheinigung übernommen. Passt kein Satzbaustein, so kann auch der Bescheinigungstext direkt überschrieben werden.

Der Inhalt dieser Auswahlbox mit den Satzbausteinen lässt sich verändern und erweitern. Dies muss in den Protokollvorlagen im Verzeichnis 'ExcelDoc' erfolgen, damit die Veränderungen für alle neuen Kalibrierungen zur Verfügung stehen.

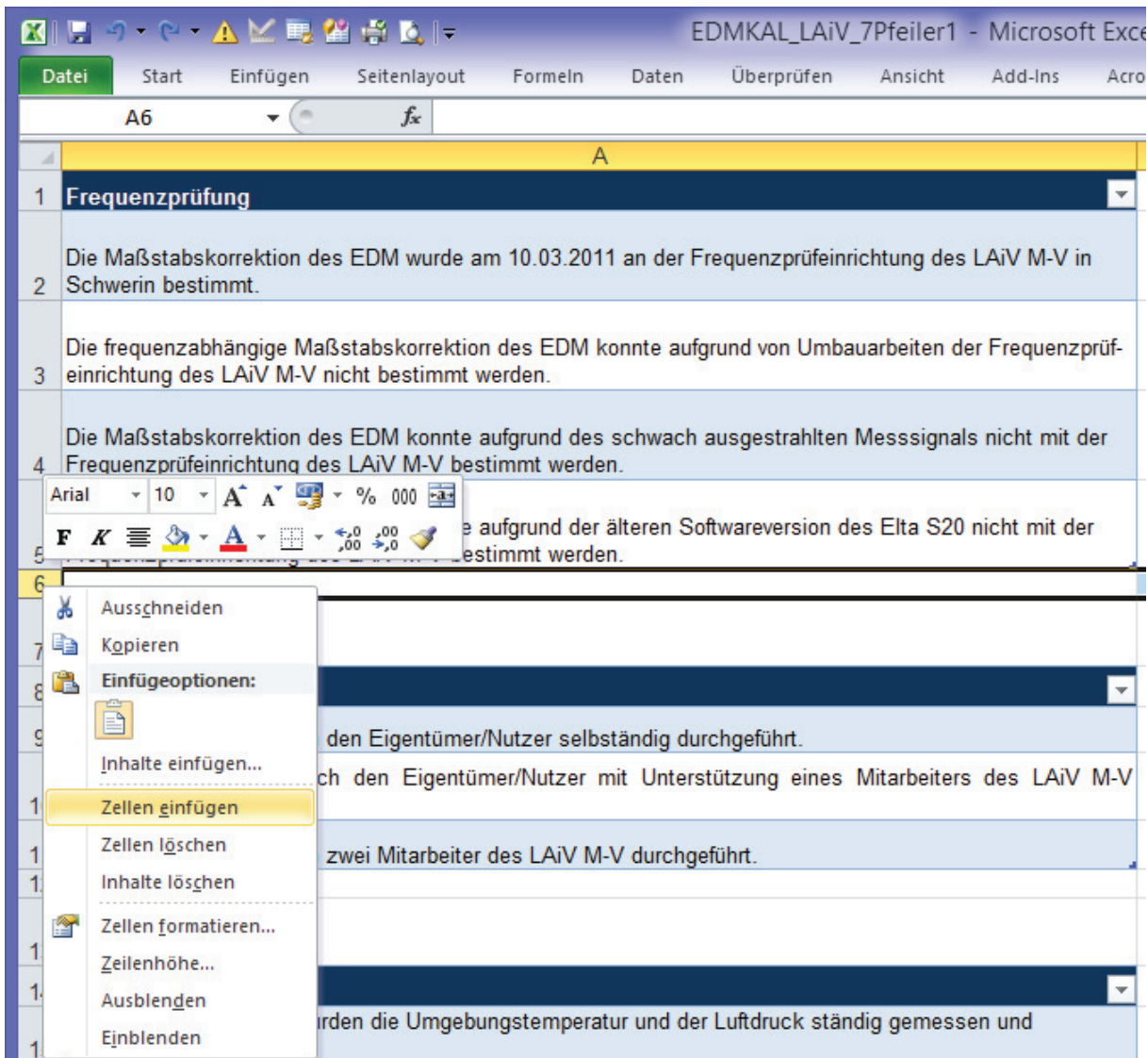
In dem Tabellenblatt 'Satzbausteine' erfolgen nun die eigentlichen Änderungen und Erweiterungen. In der untenstehenden Abbildung ist der Aufbau des Tabellenblattes dargestellt. Jeder Satzbaustein beginnt in dunkelblau hinterlegt mit dem Namen des Bausteins.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following content:

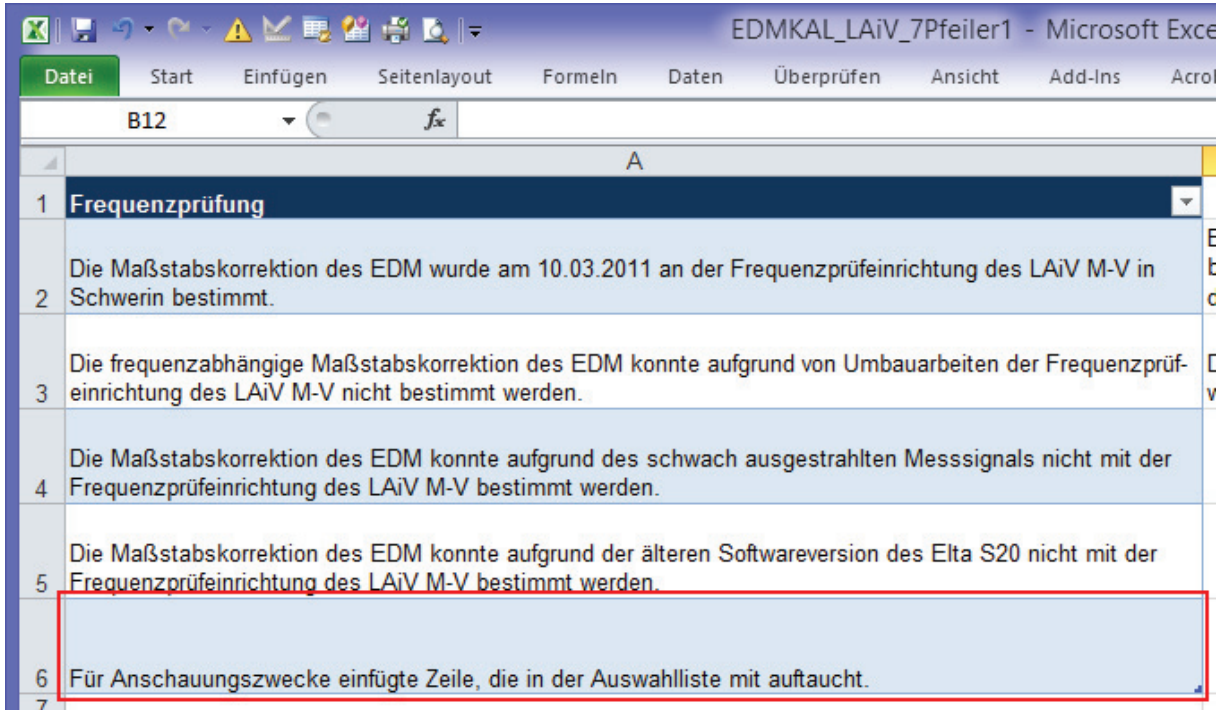
Row	Building Block Name	Description
1	Frequenzprüfung	
2		Die Maßstabskorrektur des EDM wurde am 10.03.2011 an der Frequenzprüfeinrichtung des LAiV M-V in Schwerin bestimmt.
3		Die frequenzabhängige Maßstabskorrektur des EDM konnte aufgrund von Umbauarbeiten der Frequenzprüfeinrichtung des LAiV M-V nicht bestimmt werden.
4		Die Maßstabskorrektur des EDM konnte aufgrund des schwach ausgestrahlten Messsignals nicht mit der Frequenzprüfeinrichtung des LAiV M-V bestimmt werden.
5		Die Maßstabskorrektur des EDM konnte aufgrund der älteren Softwareversion des Elta S20 nicht mit der Frequenzprüfeinrichtung des LAiV M-V bestimmt werden.
6		
7		
8	Messungsdurchführung	
9		Die Messung wurde durch den Eigentümer/Nutzer selbständig durchgeführt.
10		Die Messung wurde durch den Eigentümer/Nutzer mit Unterstützung eines Mitarbeiters des LAiV M-V durchgeführt.
11		Die Messung wurde durch zwei Mitarbeiter des LAiV M-V durchgeführt.
12		
13		
14	Meteorologieerfassung	
15		Während der Messung wurden die Umgebungstemperatur und der Luftdruck ständig gemessen und protokolliert.
16		Während der Messung wurden die Umgebungstemperaturen (trocken und feucht) mit Hilfe eines Aspirationspsychrometers und der Luftdruck mit einem Aneroidbarometer der Firma Fischer ständig gemessen und protokolliert.
17		
18		
19	Metkorbehandlung	
20		Die entsprechenden meteorologischen Korrekturen wurden am EDM eingegeben. Am EDM wurden die zu Anfang der Messung herrschenden meteorologischen Bedingungen eingegeben, die

The text 'zu Anfang der Messung' in the description of the 'Metkorbehandlung' block is highlighted in red in the original image.

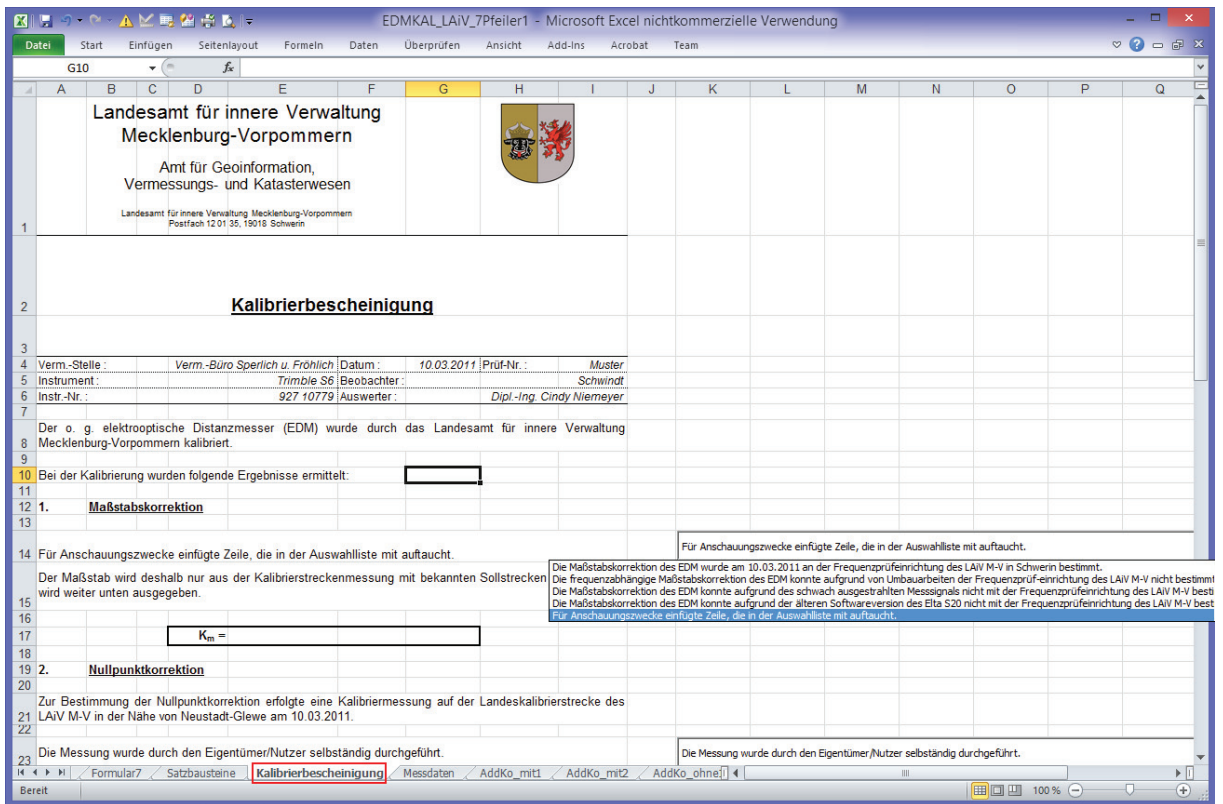
Inhaltliche Änderungen können ganz einfach durch Überschreiben des alten Inhaltes getätigt werden. Soll ein weiteres Element in den Satzbaustein eingefügt werden, so ist am Ende des Bausteinbereichs die nächste freie Zeile durch Klick in das Lineal mit der Zeilennummerierung anzuwählen. Durch einen Klick mit der rechten Maustaste öffnet sich ein Kontextmenü in dem der Eintrag 'Zellen einfügen' zu wählen ist (siehe folgende Abbildung).



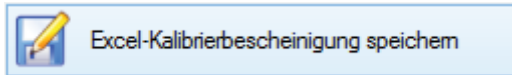
In dieser neu entstandenen Zeile kann nun der Inhalt für den Satzbaustein ergänzt werden. Dies ist in der nächsten Abbildung zu sehen, wo zu Anschauungszwecken eine Zeile eingefügt wurde.



Wechselt man nun wieder zum Tabellenblatt 'Kalibrierbescheinigung', so ist der ergänzte Eintrag in der Auswahlbox zur Frequenzprüfung vorhanden, kann gewählt werden und wird auch in die Kalibrierbescheinigung übernommen.

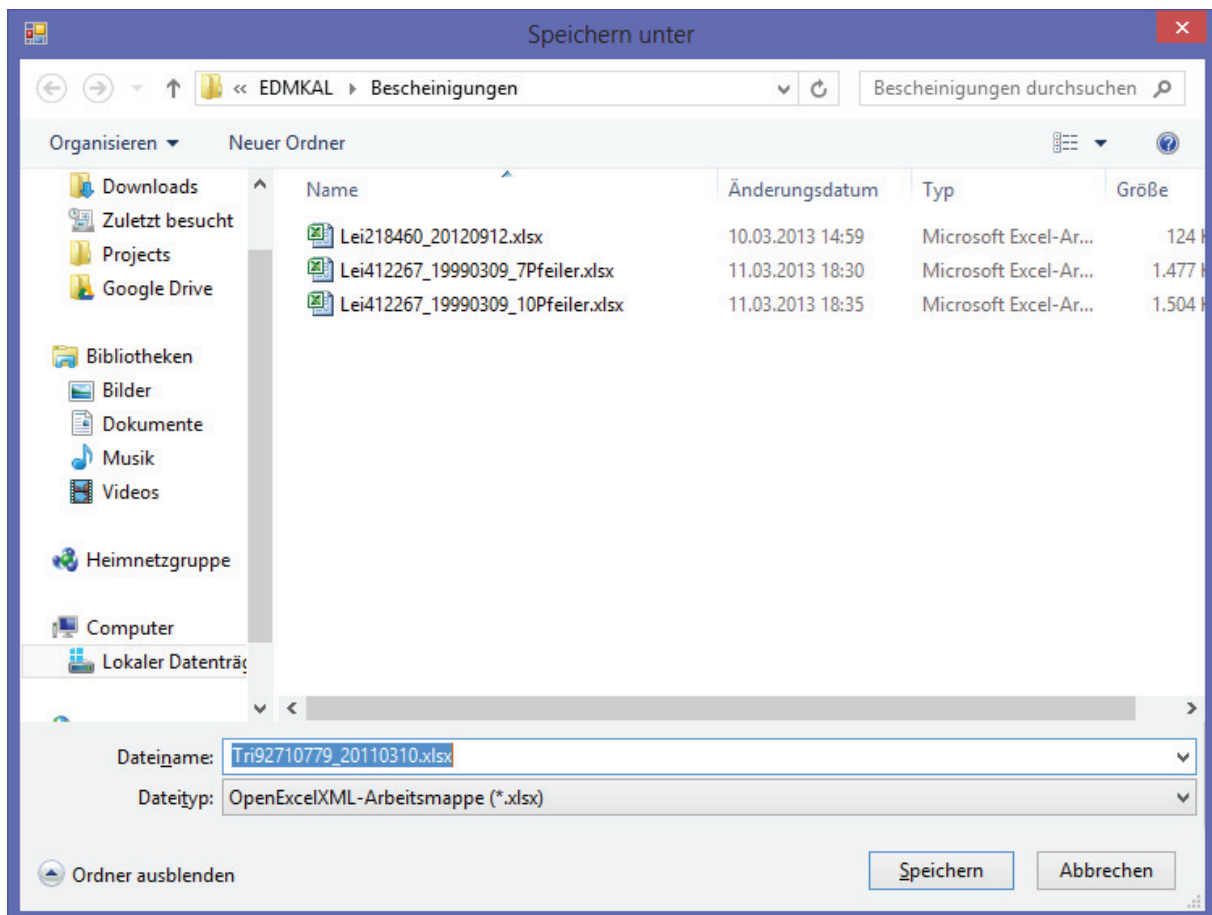


Ist nun die Kalibrierbescheinigung angepasst, so sollte die gesamte Excel-Arbeitsmappe gespeichert werden. Dies kann natürlich direkt aus Excel heraus erfolgen, eleganter ist allerdings den Speichervorgang aus dem Programm 'EDMKAL' aufzurufen, da dann gleich der richtige Pfad und Dateiname vorgeschlagen werden.



Als Pfad wird der in der 'EDMKAL_ini.xml'-Konfigurationsdatei unter dem Eintrag <PathExcelCalibrationReports> gespeicherte Wert gesetzt. Der Dateiname setzt sich aus der dreistelligen Herstellerkennung, der Instrumentennummer und dem durch einen Unterstrich getrennten Datum in der Form 'JJJJMMTT' zusammen.

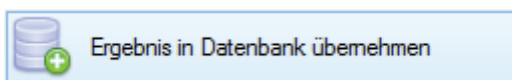
So sieht dann der erscheinende Speichern-Dialog wie folgt aus:



Der Pfad kann natürlich über den Dialog gewechselt werden, und auch der Dateiname kann geändert oder ergänzt werden. Im Normalfall bestätigt man aber beide Werte über den Button 'Speichern'.

Nachdem das Kalibrierprotokoll mit seinen Anlagen in zwei Excel-Arbeitsmappen gespeichert wurde, kann das Kalibrierergebnis noch in einer Microsoft Access-Datenbank abgelegt werden. Dies dient vor allem dazu, die Kalibrierergebnisse besser zu verwalten. So können schnell alle Kalibrierungen eines Instrumentes aufgerufen werden und die Ergebnisse in einer Zeitreihe aufgetragen werden. Es lässt sich auch einfach der Eigentümer mit Anschrift und Kontaktdaten eines Instrumentes finden, oder alle einem Eigentümer gehörende Instrumente auflisten. Doch dazu mehr im nächsten Kapitel 5.2.4 – 'Übersicht der durchgeführten Kalibrierungen'.

Zunächst muss aber die Übernahme der Kalibrierergebnisse in die Datenbank erfolgen, die über folgenden Button aktiviert wird.



Im erscheinenden Fenster werden dann die aktuell berechneten Kalibrierergebnisse angezeigt. Geändert können die Werte nicht mehr werden, deshalb sind alle Felder schreibgeschützt ("ausgegraut"). Man kann jetzt nur noch entscheiden, die Werte in die Datenbank zu übernehmen, oder die Übernahme abzubrechen.

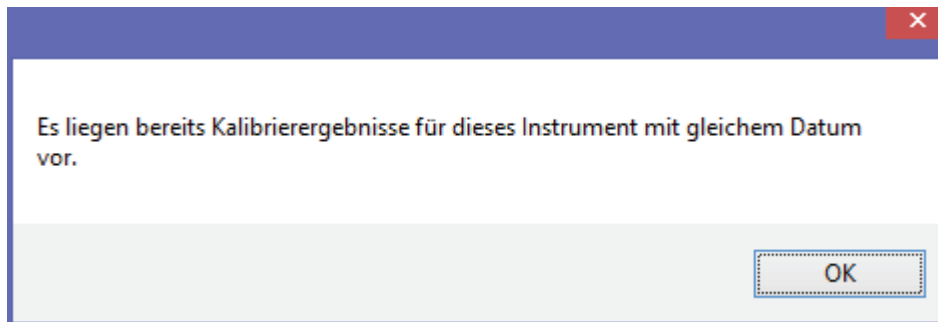
The screenshot shows a window titled 'Kalibrierergebnisse' with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into two columns: 'neue Werte' and 'alte Werte'. Each column contains input fields for various calibration parameters. The 'neue Werte' column has the following values: Ifd-Nr.: 477, Inst-ID: Tri92710779, Hersteller: Trimble, Inst-Nr.: 927 10779, Datum: Donnerstag, 10. März 2011, km: 0,0, k01: 1,7, k02: 0,9, k01a: 1,8, k01b: 0,0, and Dateiname: Tri92710779_20110310_LAiV_7P.xml. The 'alte Werte' column has empty fields. At the bottom of the window, there are three buttons: 'neue Werte in Datenbank übernehmen', 'alte Werte mit neuen Werten überschreiben', and 'Abbruch'.

	neue Werte	alte Werte
Ifd-Nr.:	477	
Inst-ID:	Tri92710779	
Hersteller:	Trimble	
Inst-Nr.:	927 10779	
Datum:	Donnerstag, 10. März 2011	Sonntag, 7. April 2013
km:	0,0	
k01:	1,7	
k02:	0,9	
k01a:	1,8	
k01b:	0,0	
Dateiname:	Tri92710779_20110310_LAiV_7P.xml	

Buttons at the bottom:

- neue Werte in Datenbank übernehmen
- alte Werte mit neuen Werten überschreiben
- Abbruch

Wurde nach der Übernahme der Kalibrierergebnisse in die Datenbank festgestellt, dass die Berechnung nicht ganz korrekt durchgeführt wurde, so kann dies mit den richtigen Parametern erneut erfolgen. Bei der erneuten Übernahme der Ergebnisse in die Datenbank wird mit Hilfe eines Hinweifensters darauf aufmerksam gemacht, dass bereits Kalibrierergebnisse mit identischem Datum gespeichert wurden.



Auf der rechten Seite werden nun unter 'alte Werte' die Ergebnisse der letzten Auswertung angezeigt. Man kann nun entscheiden, die neuen Werte zusätzlich in die Datenbank zu übernehmen, die alten Werte mit den neuen Werten zu überschreiben (bei vorstehend geschildertem Szenario die typische Auswahl), oder die Datenübernahme abzubrechen.

Das Dialogfenster 'Kalibrierergebnisse' zeigt zwei Spalten: 'neue Werte' und 'alte Werte'. Die Daten sind wie folgt:

	neue Werte	alte Werte
lfd-Nr.:	477	477
Inst-ID:	Tri92710779	Tri92710779
Hersteller:	Trimble	Trimble
Inst-Nr.:	927 10779	927 10779
Datum:	Donnerstag, 10. März 2011	Donnerstag, 10. März 2011
km:	1,2	0
k01:	1,7	1,7
k02:	-0,3	0,9
k01a:	1,8	1,8
k01b:	0,0	0
Dateiname:	Tri92710779_20110310_LAiV_7P.xml	Tri92710779_20110310_LAiV_7P.xml

Unten befinden sich drei Buttons: 'neue Werte in Datenbank übernehmen', 'alte Werte mit neuen Werten überschreiben' und 'Abbruch'.

Wird ein Instrument vorbildlich turnusmäßig (laut Kalibriererlass M-V alle zwei Jahre) überprüft, dann liegen bei der Datenbankübernahme bereits ältere Ergebnisse vor. Diese werden mit dem letzten Kalibrierdatum auf der rechten Seite zur Information angezeigt. Sollten die Veränderungen zwischen den Ergebnissen sehr groß sein, so sollte die Datenbankübernahme an dieser Stelle erst einmal abgebrochen werden und die Eingabe und Berechnung noch einmal kontrolliert werden. Sieht alles plausibel aus, so können die neuen Werte als zusätzlicher Datensatz in die Datenbank übernommen werden (linker Button). Der Button zum Überschreiben der alten Werte mit den neuen Werten ist zwar freigegeben, aber nur sinnvoll, wenn es sich bei beiden Werten um die gleiche Kalibrierung handelt und bei der ersten Auswertung das Datum fehlerhaft eingegeben wurde. Der Abbruch-Button steht natürlich auch in diesem Fall zur Verfügung.

The screenshot shows a software window titled "Kalibrierergebnisse" with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into two columns: "neue Werte" (new values) and "alte Werte" (old values). Each column contains a series of input fields for different parameters. At the bottom, there are three buttons: "neue Werte in Datenbank übernehmen", "alte Werte mit neuen Werten überschreiben", and "Abbruch".

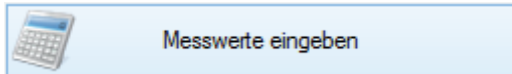
	neue Werte	alte Werte
lfd-Nr.:	479	478
Inst-ID:	Tri92710779	Tri92710779
Hersteller:	Trimble	Trimble
Inst-Nr.:	927 10779	927 10779
Datum:	Mittwoch, 13. März 2013	Donnerstag, 10. März 2011
km:	0,8	0
k01:	1,7	1,7
k02:	0,1	0,9
k01a:	1,8	1,8
k01b:	0,0	0
Dateiname:	Tri92710779_20110310_LAiV_7P.xml	Tri92710779_20110310_LAiV_7P.xml

Buttons at the bottom:

- neue Werte in Datenbank übernehmen
- alte Werte mit neuen Werten überschreiben
- Abbruch

Über das 'EDMKAL'-Hauptfenster lassen sich unabhängig von der Kalibrierstrecken-auswertung noch zwei eigenständige Programme aufrufen.

Zum einen ist es das Programm zur Eingabe der Messdaten, welches bereits im vorherigen Kapitel '5.2.2 - Messwerteingabe' vorgestellt wurde.

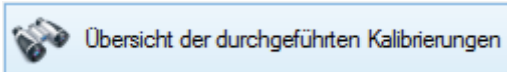


Nach Aufruf über den oben abgebildeten Button erscheint eine leere Eingabemaske, in die nun die Messwerte eingegeben werden können und in einer Messwert-XML-Datei gespeichert werden kann.

Messwerteingabe

von	nach	Temperatur Standpunkt [°C]	Temperatur Zielpunkt [°C]	Luftdruck Standpunkt [hPa]	Luftdruck Zielpunkt [hPa]	Strecke 1 [m]	Strecke 2 [m]	Strecke 3 [m]	Strecke 4 [m]	Strecke 5 [m]	verw.	Stdabw. [mm]	Verb. [mm]
*											<input type="checkbox"/>		

Bei dem zweiten Programm handelt es sich um eine spezielle Datenbankoberfläche, die Auskunft über Eigentümer, Instrumente und durchgeführte Kalibrierungen gibt.



EDMKAL - Übersicht Kalibrierungen

Eigentümer (gefiltert) | 1 von 1 | sperlich

Kunden-Nr.	Suchbegriff	Name kurz1	Name kurz2	Name 1	Name2
46	Sperlich und Fröh...	ObVI Sperlich	Rostock	Vermessungsbüro	Sperlich und Fröh...

Instrumente (gefiltert) | 2 von 8 | Hersteller | Instrumenten-Nr.

Inst-ID	Hersteller	Serie	Bezeichnung	Inst-Nr.	Kunden-Nr.
Tn63323167	Trimble	5600	5603	63323167	46
Tn92710779	Trimble	S6	S6	92710779	46
SokD20855	Sokkia	SET2000	SET2000	D20855	46
Ze1109808	Zeiss	Elta S	Elta S10	109808	46
Ze1110423	Zeiss	Elta S	Elta S20	110423	46
Ze1181497	Zeiss	Elta	Elta 4	181497	46
Ze1196955	Zeiss	Elta	Elta 4	196955	46
Ze1400112	Zeiss	Elta S	Elta S20	400112	46

Kalibrierergebnisse (gefiltert) | 0 von 0

Id-Nr.	Inst-ID	Hersteller	Inst-Nr.	Datum	km
479	Tn92710779	Trimble	927 10779	13.03.2013	0,8
478	Tn92710779	Trimble	927 10779	10.03.2011	0

Eigentümer

Kunden-Nr.: 46
Suchbegriff: Sperlich und Fröhlich, VB (Rostock)
Name kurz1: ObVI Sperlich
Name kurz2: Rostock
Name 1: Vermessungsbüro
Name 2: Sperlich und Fröhlich GbR
Name 3: Öffentlich bestellter Vermessungsingenie
Straße: Schonenfahrerstraße 7
PLZ Ort: 18057 Rostock
Telefon: (0381) 8 01 37 - 0
Fax: (0381) 8 01 37 22
email:

Kalibrierergebnisse

Id-Nr.: 479
Inst-ID: Tn92710779
Hersteller: Trimble
Inst-Nr.: 927 10779
Datum: Mittwoch, 13. März 2013
km: 0,8
k01: 1,7
k02: 0,1
k01a: 1,8
k01b: 0
Dateiname: Tn92710779_20110310_LAV_7P.xml

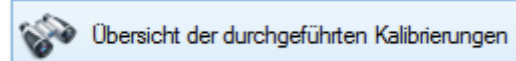
Die Handhabung dieses Programms wird im nächsten Kapitel '5.2.4 - Übersicht der durchgeführten Kalibrierungen' erläutert.

5.2.4 Übersicht der durchgeführten Kalibrierungen

Die Kalibrierergebnisse werden zusammen mit den Eigentümern inkl. Kontaktdaten und Instrumentendaten in einer Datenbank abgelegt. Dabei handelt es sich um eine Microsoft Access-Datenbank. Diese wurde deshalb gewählt, da sie nur aus einer Datei besteht, so einfach zu sichern und auf ein anderes System übertragbar ist. Zudem können über die Standard-Oberfläche leicht auch komplexe Abfragen definiert werden, um z.B. statistische Analysen durchzuführen. Der Nachteil ist allerdings, dass es sich um keine Multi-User-Datenbank handelt, so dass der Zugriff immer nur durch eine Person erfolgen darf. Dies ist aber bei dieser Anwendung aufgrund der Arbeitsabläufe nicht erforderlich.

Im Zusammenhang mit der Kalibrierstreckenauswertung wurde auch eine Datenbankoberfläche entwickelt, die auf die Access-Datenbank (Jet-Engine) zugreift und speziell auf das schnelle Auffinden der Kalibrierergebnisse zugeschnitten ist.

Der Start der Oberfläche erfolgt über den nebenstehenden Button und stellt sich dann wie folgt dar:



EDMKAL - Übersicht Kalibrierungen

Eigentümer | 1 von 55

Kunden-Nr.	Suchbegriff	Name kurz1	Name kurz2	Name1	Name2
1	Altentreptow, AfL	Amt für Landwirts...	Altentreptow		Amt für Landwirts
2	Anklam, KVA	KVA Lkrs. OVP u...	Hansestadt Greif...	Landkreis Ostvor...	Kataster- und Ver...
3	Apolony, VB (Re...	ObVI Apolony	Rehna	Vermessungsbüro	Dipl.-Ing. Dieter F...
4	Bad Doberan, KVA	KVA Landkreis	Bad Doberan	Landkreis Bad D...	- Der Landrat -
5	Landwirt1, VB (W...	ObVI Bauer	Wismar	Vermessungsbüro	Dipl.-Ing. Lothar ...
6	Bergen auf Rüge...	KVA Landkreis	Rügen	Landkreis Rügen	- Der Landrat -
7	Betrieb für Bau u...	Betrieb für Bau u...	Rostock		Betrieb für Bau u...
8	Boemer, VB (Röb...	ObVI Boemer	Röbel	Vermessungsbüro	Dipl.-Ing. Boemer
9	Borutta, VB (Neu...	ObVI Borutta	Neubrandenburg	Vermessungs-un...	Dipl.-Ing. Gerd B...

Instrumente (gefiltert) | 1 von 3 | Hersteller | Instrumenten-Nr.

Inst-ID	Hersteller	Serie	Bezeichnung	Inst-Nr.	Kunden-Nr.
Ze191601	Zeiss	Elta	Elta 4	191601	1
Ze1202669	Zeiss	RecElta	RecElta 3	202669	1
Lei223849	Leica	TPS1200	TCRA1202	223849	1

Kalibrierergebnisse (gefiltert) | 0 von 0

lfd-Nr.	Inst-ID	Hersteller	Inst-Nr.	Datum	km
---------	---------	------------	----------	-------	----

Eigentümer

Kunden-Nr.: 1
Suchbegriff: Altentreptow, AfL
Name kurz1: Amt für Landwirtschaft
Name kurz2: Altentreptow
Name1:
Name2: Amt für Landwirtschaft
Name3: Altentreptow
Straße: Brunnenstraße 6
PLZ Ort: 17087 Altentreptow
Telefon: (03961) 261-275
Fax: (03961) 261-199
email:

Kalibrierergebnisse

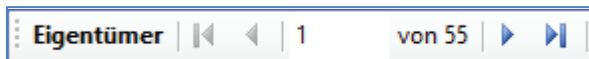
lfd-Nr.:
Inst-ID:
Hersteller:
Inst-Nr.:
Datum: Mittwoch, 10. November 1999
km:
k01:
k02:
k01a:
k01b:
Dateiname:

Die Oberfläche gliedert sich in drei von oben nach unten angeordnete Bereiche:

- Eigentümer
- Instrumente
- Kalibrierergebnisse

Jeder Bereich besteht aus Button-Leiste und einer Tabelle, die den Tabellen des Datenbankschemas entsprechen.

Ganz links in der Button-Leiste ist immer der Bereichsname eingetragen. Daneben ist der Bereich für die Navigation in der darunter stehenden Tabelle. Es stehen Schaltflächen zum Anspringen des ersten und des letzten Datensatzes zur Verfügung. Mit den einfachen Pfeiltasten kann man einen Datensatz vor- bzw. zurück navigieren. In der Mitte kann die Datensatznummer eingegeben werden, dessen Datensatz angesprungen werden soll. Dahinter ist noch die Gesamtanzahl der Datensätze der Tabelle angegeben.



5.2.4.1 Eigentümer suchen

Die Button-Leisten haben aber noch weitere Funktionen. So kann in der Eigentümerleiste nach Eigentümern gesucht werden. Dazu ist der Suchbegriff in das Texteingabefeld einzugeben und Enter zu drücken oder alternativ der Button mit dem Filtersymbol.



Jetzt wird die Spalte 'Suchbegriff' in der Tabelle 'Eigentümer' durchsucht und alle Suchergebnisse in der oberen Tabelle dargestellt.

Da die einzelnen Datensätze mit den 12 Eintragungen (Spalten) recht lang sind und nicht vollständig ohne zu scrollen in der Tabelle dargestellt werden können, wird rechts neben der Tabelle noch einmal der gesamte aktuelle Datensatz in den Textboxen angezeigt.

Hier hat man auch die Möglichkeit die Eigentümerangaben zu ändern, wenn sich z.B. die Anschrift oder email-Adresse des Kunden verändert hat. Es sei der Vollständigkeit halber erwähnt, dass dies auch direkt in der Tabelle möglich ist.

Zusätzlich werden die Instrumente des aktuellen Eigentümers herausgesucht und im mittleren Bereich 'Instrumente' angezeigt.

Instrumente (gefiltert) 1 von 1 Hersteller Instrumenten-Nr.						
	Inst-ID	Hersteller	Serie	Bezeichnung	Inst-Nr.	Kunden-Nr.
▶	Lei412267	Leica	TPS1000	TC1700	412267	15

Durch einen Klick auf das Instrument (am besten wie oben rot markiert in die linke Spalte zur Auswahl der ganzen Zeile) werden die Kalibrierergebnisse des markieren Instrumentes im unteren Bereich dargestellt.

The screenshot shows the 'EDMKAL - Übersicht Kalibrierungen' application. It features three data tables and two sets of form fields.

Eigentümer (gefiltert) Table:

Kunden-Nr.	Suchbegriff	Name kurz1	Name kurz2	Name1	Name2
15	Hochschule Neu...	Hochschule	Neubrandenburg	Hochschule Neu...	Fachbereich LGGB

Instrumente (gefiltert) Table:

Inst-ID	Hersteller	Serie	Bezeichnung	Inst-Nr.	Kunden-Nr.
Lei412267	Leica	TPS1000	TC1700	412267	15

Kalibrierergebnisse (gefiltert) Table:

Ifd-Nr.	Inst-ID	Hersteller	Inst-Nr.	Datum	km
64	Lei412267	Leica	412 267	09.03.1999	0,2

Eigentümer Form Fields:

- Kunden-Nr.: 15
- Suchbegriff: Hochschule Neubrandenburg
- Name kurz1: Hochschule
- Name kurz2: Neubrandenburg
- Name1: Hochschule Neubrandenburg
- Name2: Fachbereich LGGB
- Name3: Geodäsie und Messtechnik
- Straße: Brodaer Straße 2
- PLZ Ort: 17033 Neubrandenburg
- Telefon: (0395) 5693-4205
- Fax: (0395) 5693-4999
- email: kiskemper@hs-nb.de

Kalibrierergebnisse Form Fields:

- Ifd-Nr.: 64
- Inst-ID: Lei412267
- Hersteller: Leica
- Inst-Nr.: 412 267
- Datum: Dienstag, 9. März 1999
- km: 0,2
- k01: 0
- k02: -1,8
- k01a: 0,3
- k01b: 0
- Dateiname: Lei412267_19990309

Auch hier werden die Kalibrierergebnisse nicht nur in der Tabelle angezeigt, sondern, um alle Ergebnisse auf einen Blick zu haben, auch rechts neben ihr in den entsprechenden Textboxen. Hier werden immer die Werte der aktiven Zeile angezeigt.

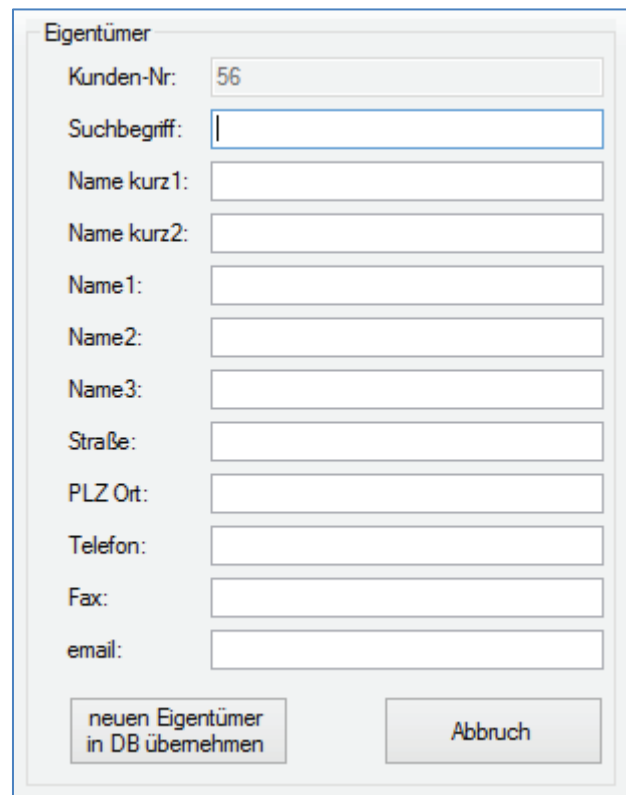
5.2.4.2 Eigentümer hinzufügen

Neben der Suche nach einem bestehenden Eigentümer oder der Änderung der Eigentümerdaten, kann aber auch die Datenbank um neue Eigentümer ergänzt werden. Hierzu ist die Schaltfläche mit dem gelben 'Plus'-Symbol in der Eigentümer-Buttonleiste zu drücken.



Dadurch werden die Textboxen rechts neben der Eigentümer-Tabelle geleert und für die Eingaben freigegeben. Die nächste freie Kunden-Nr. wird gesucht und bereits in der ersten Zeile eingetragen.

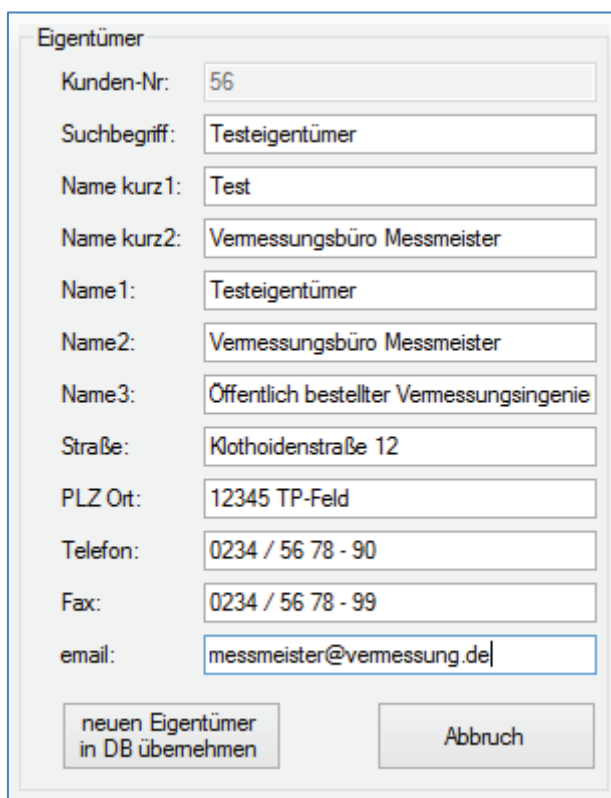
Zudem erscheinen zwei Buttons über die die Daten des neuen Eigentümers in die Datenbank übernommen werden können, bzw. über den die Eingabe abgebrochen werden kann, ohne die Datenbank zu ergänzen.



The screenshot shows a form titled 'Eigentümer' with the following fields and buttons:

- Kunden-Nr: 56
- Suchbegriff: (empty)
- Name kurz1: (empty)
- Name kurz2: (empty)
- Name1: (empty)
- Name2: (empty)
- Name3: (empty)
- Straße: (empty)
- PLZ Ort: (empty)
- Telefon: (empty)
- Fax: (empty)
- email: (empty)
- Buttons: 'neuen Eigentümer in DB übernehmen' and 'Abbruch'

In der folgenden Abbildung sind alle Eingabefelder für einen neuen Testeigentümer ausgefüllt worden und die Daten werden durch Drücken des linken Buttons 'neuen Eigentümer in DB übernehmen' in die Datenbank übernommen.



The screenshot shows the same 'Eigentümer' form, but with the following data entered:

- Kunden-Nr: 56
- Suchbegriff: Testeigentümer
- Name kurz1: Test
- Name kurz2: Vermessungsbüro Messmeister
- Name1: Testeigentümer
- Name2: Vermessungsbüro Messmeister
- Name3: Öffentlich bestellter Vermessungsingenie
- Straße: Klothoidenstraße 12
- PLZ Ort: 12345 TP-Feld
- Telefon: 0234 / 56 78 - 90
- Fax: 0234 / 56 78 - 99
- email: messmeister@vermessung.de
- Buttons: 'neuen Eigentümer in DB übernehmen' and 'Abbruch'

Folgender Screenshot zeigt die Eigentübertabelle um den ergänzten Testeigentümer.

Kunden-Nr.	Suchbegriff	Name kurz1	Name kurz2	Name1	Name2
48	Straßenbauamt S...	Straßenbauamt	Schwerin		Straßenbauamt S
49	Sy, VB (Zirzow)	ÖbVI Sy	Zirzow	Vermessungsbüro	Dipl.-Ing. Torsten
50	Täger & Walther, ...	ÖbVI Täger & W...	Neustrelitz	Vermessungsbüro	Täger & Walther
51	Wagner, VB (Sch...	ÖbVI Wagner	Schwerin	Vermessungsbüro	Dipl.-Ing. (FH) Fra
52	Waren, KVA	KVA Landkreis	Müritz	Landkreis Müritz	- Der Landrat -
53	Weinert, VB (De...	ÖbVI Weinert	Demmin	Vermessungsbüro	Dipl.-Ing. Herbert
54	Wismar, KVA	KVA LKrs. NWM ...	Hansestadt Wismar	Landkreis Nordw...	Kataster- und Ver
55	Weiß, Neu-Jabel	Ing.-Büro Weiß		Ingenieurbüro	Helmut Weiß
56	Testeigentümer	Test	Vermessungsbür...	Testeigentümer	Vermessungsbür...

Die Daten werden aber nicht direkt in die Datenbankdatei übernommen, auch wenn es im vorherigen Text und auch auf der Button-Beschriftung so lautete. Die Aktualisierung erfolgt zunächst nur im Speicher und wird erst auf Festplatte geschrieben, wenn der Speichern-Button im Eigentümerbereich gedrückt wird.



Sollte das Speichern vergessen werden, so wird vor dem Schließen des Fensters der Datenbankoberfläche daran erinnert, dass ungespeicherte Daten vorhanden sind. Dann hat man die Wahl, diese zu speichern oder zu verwerfen.

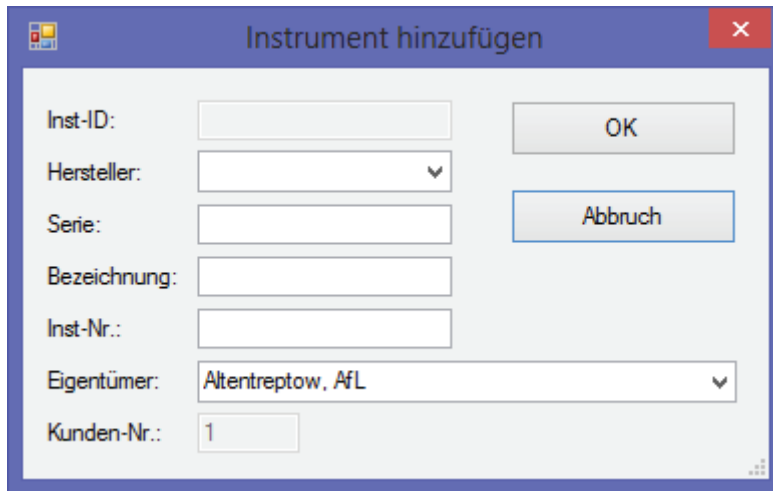
5.2.4.3 Neues Instrument anlegen

Neben einem neuen Eigentümer kann natürlich auch ein neues Instrument angelegt werden.



Auch hier wird dieser Vorgang mit dem Drücken auf die gelbe 'Plus'-Taste eingeleitet, aber diesmal auf der mittleren Button-Leiste 'Instrumente'.

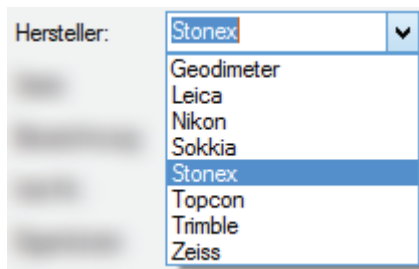
Es erscheint ein Fenster, in dem die Daten zu dem neu anzulegenden Instrument eingetragen werden können.



The screenshot shows a dialog box titled "Instrument hinzufügen" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and controls:

- Inst-ID:
- Hersteller:
- Serie:
- Bezeichnung:
- Inst-Nr.:
- Eigentümer:
- Kunden-Nr.:
- Buttons: "OK" and "Abbruch"

Der Hersteller lässt sich ganz einfach aus einer Auswahlliste auswählen, die den Verzeichnisnamen der Unterverzeichnisse des Ordners 'Tachymeter' im EDMKAL-Hauptverzeichnis entspricht.



The screenshot shows a close-up of the "Hersteller" dropdown menu. The list is open, showing the following options:

- Geodimeter
- Leica
- Nikon
- Sokkia
- Stonex (highlighted)
- Topcon
- Trimble
- Zeiss

Die Daten für die Tachymeterserie und -bezeichnung, sowie die Instrumentennummer sind frei einzugeben.

Das Eingabefeld 'Eigentümer' ist mit dem Feld 'Suchbegriff' in der Eigentübertabelle verknüpft, so dass nach Eingabe der ersten Zeichen die übereinstimmenden Eigentümer angezeigt werden.



The screenshot shows the "Instrument hinzufügen" dialog box with the following data entered:

- Inst-ID:
- Hersteller:
- Serie:
- Bezeichnung:
- Inst-Nr.:
- Eigentümer:
- Kunden-Nr.:
- Buttons: "OK" and "Abbruch"

Jetzt kann aus der aufgeklappten Liste der richtige Eigentümer ausgewählt werden.

Die Kundennummer wird dann aus der Eigentübertabelle gesucht und automatisch eingetragen. Sie lässt sich auch nicht verändern.

Ähnlich verhält es sich mit der Instrumenten-ID. Diese wird automatisch aus den ersten drei Stellen der Herstellerbezeichnung und der Instrumentennummer gebildet und ist auch nicht veränderbar.

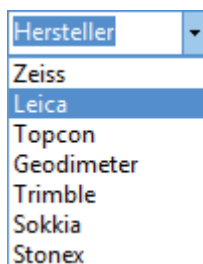
Die Übernahme der Daten für das neu anzulegende Instrument erfolgt durch Drücken des OK-Buttons. Mittels des Abbruch-Buttons kann der Vorgang des Anlegens eines neuen Eigentümers abgebrochen werden.

5.2.4.4 Instrument über Herstellerbezeichnung und Instrumentennummer suchen

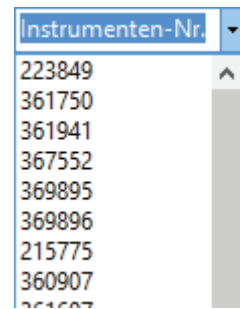
Sind von einem Instrument nur der Hersteller und die Instrumentennummer bekannt, kann über die mittlere Buttonleiste mit Hilfe dieser Parameter sowohl nach dem zugehörigen Eigentümer, als auch nach den Kalibrierergebnissen gesucht werden.



Zunächst ist in der Auswahlliste 'Hersteller' der Instrumentenhersteller zu wählen. Die Einträge in der Liste entsprechen den Datenbankeinträgen in der Spalte 'Hersteller' in der Tabelle 'Instrumente'.



Wurde der Hersteller gewählt, so wird die nebenstehende Auswahlliste 'Instrumenten-Nr.' nur mit in der Datenbank vorhandenen Nummern des selektierten Herstellers gefüllt. Parallel wird die mittlere Tabelle 'Instrumente' ebenfalls nur mit Instrumenten des gewählten Herstellers gefiltert. In der Tabellenüberschrift erscheint ein entsprechender Hinweis (gefiltert).



Nun hat man die Möglichkeiten im Eingabebereich der Auswahlliste die Instrumentennummer einzugeben, sie in der Liste zu suchen und anzuklicken, oder in der Tabelle zu suchen und die ganze Zeile zu markieren (Klick vor der Zeile).

Dadurch wird der Eigentümer des selektierten Instrumentes gesucht und in der oberen Tabelle markiert. Die Eigentümerangaben erscheinen zusätzlich wie gewohnt rechts neben der Tabelle.

Genauso werden die Kalibrierergebnisse des selektierten Instrumentes gesucht und in der unteren Tabelle dargestellt. Auch hier erscheint dann der Hinweis 'gefiltert' in der Tabellenüberschrift.

Eigentümer | 15 von 56

Kunden-Nr.	Suchbegriff	Name kurz 1	Name kurz2	Name 1	Name 2
15	Hochschule Neu...	Hochschule	Neubrandenburg	Hochschule Neu...	Fachbereich LG
16	Ferdinandshof, AFL	Amt für Landwirts...	Ferdinandshof		Amt für Landwirts
17	Franzburg, AFL	Amt für Landwirts...	Franzburg		Amt für Landwirts
18	Golnik, VB (Rost...	ObVI Golnik	Rostock	Vermessungsbüro	Dipl.-Ing. Andrea
19	Greifswald (Stadt...	Hansestadt Greif...	Amt für Bauwese...	Hansestadt Greif...	Amt für Bauwese
20	Greifswald, KVA	KVA LKrs. OVP u...	Hansestadt Greif...	Landkreis Ostvor...	Kataster- und Ver
21	Güstrow, KVA	KVA Landkreis	Güstrow	Landkreis Güstrow	- Der Landrat -
22	Hamisch, VB (Sc...	ObVI Hamisch	Schwerin	Vermessungsbüro	Thomas Hamisch
23	Hiersekom, VB (...)	ObVI Hiersekom	Pampow	Vermessungsbüro	Reiner Hiersekon

Instrumente (gefiltert) | 26 von 111 | Leica | 412267

Inst-ID	Hersteller	Serie	Bezeichnung	Inst-Nr.	Kunden-Nr.
Lei412267	Leica	TPS1000	TC1700	412267	15
Lei236566	Leica	TPS1100	TCRA1102	236566	18
Lei413773	Leica	TPS1000	TC1700	413773	18
Lei415362	Leica	TPS1000	TCA1800	415362	18
Lei416606	Leica	TPS1000	TC1700	416606	18
Lei623416	Leica	TPS1100	TCRA1102	623416	18
Lei623420	Leica	TPS1100	TCRA1102	623420	18
Lei626807	Leica	TPS1100	TCRA1102	626807	18

Kalibrierergebnisse (gefiltert) | 0 von 0

Id-Nr.	Inst-ID	Hersteller	Inst-Nr.	Datum	km
64	Lei412267	Leica	412 267	09.03.1999	0,2

Eigentümer

Kunden-Nr.: 15
Suchbegriff: Hochschule Neubrandenburg
Name kurz 1: Hochschule
Name kurz2: Neubrandenburg
Name 1: Hochschule Neubrandenburg
Name 2: Fachbereich LGGB
Name 3: Geodäsie und Messtechnik
Straße: Brodaer Straße 2
PLZ Ort: 17033 Neubrandenburg
Telefon: (0395) 5693-4205
Fax: (0395) 5693-4999
email: kiskemper@hs-nb.de

Kalibrierergebnisse

Id-Nr.: 64
Inst-ID: Lei412267
Hersteller: Leica
Inst-Nr.: 412 267
Datum: Dienstag, 9. März 1999
km: 0,2
k01: 0
k02: -1,8
k01a: 0,3
k01b: 0
Dateiname: Lei412267_19990309

In der Tabelle 'Kalibrierergebnisse' werden alle Ergebnisse des selektierten Instrumentes aufgelistet. Hier kann jetzt ganz schnell erkannt werden, wann das Instrument bereits kalibriert wurde (Spalte Datum). Wird die Zeile mit den Kalibrierergebnissen des jeweiligen Datums markiert, erscheinen rechts neben der Tabelle die Ergebnisse zur besseren Übersicht in den beschrifteten Textfeldern.

The screenshot shows the 'EDMKAL - Übersicht Kalibrierungen' application. It contains three tables and a form on the right.

Eigentümer (Customer Data):

Kunden-Nr.	Suchbegriff	Name kurz1	Name kurz2	Name1	Name2
46	Sperlich und Fröh...	ObVI Sperlich	Rostock	Vermessungsbüro	Sperlich und Fröh...
47	Stralsund, KVA	KVA LKrs. NVP u...	Hansestadt Strals...	Landkreis Nordv...	Kataster- und Ver...
48	Straßenbauamt S...	Straßenbauamt	Schwerin		Straßenbauamt S...
49	Sy, VB (Zirzow)	ObVI Sy	Zirzow	Vermessungsbüro	Dipl.-Ing. Torsten
50	Täger & Walther, ...	ObVI Täger & W...	Neustrelitz	Vermessungsbüro	Täger & Walther
51	Wagner, VB (Sch...	ObVI Wagner	Schwerin	Vermessungsbüro	Dipl.-Ing. (FH) Frz
52	Waren, KVA	KVA Landkreis	Müritz	Landkreis Müritz	- Der Landrat -
53	Weinert, VB (De...	ObVI Weinert	Demmin	Vermessungsbüro	Dipl.-Ing. Herbert
54	Wismar, KVA	KVA LKrs. NWM ...	Hansestadt Wismar	Landkreis Nordw...	Kataster- und Ver...

Instrumente (gefiltert):

Inst-ID	Hersteller	Serie	Bezeichnung	Inst-Nr.	Kunden-Nr.
Tn63323167	Trimble	5600	5603	63323167	46
Tn92710779	Trimble	S6	S6	92710779	46
SokD20855	Sokkia	SET2000	SET2000	D20855	46
Ze109808	Zeiss	Elta S	Elta S10	109808	46
Ze1110423	Zeiss	Elta S	Elta S20	110423	46
Ze1181497	Zeiss	Elta	Elta 4	181497	46
Ze1196955	Zeiss	Elta	Elta 4	196955	46
Ze1400112	Zeiss	Elta S	Elta S20	400112	46

Kalibrierergebnisse (gefiltert):

#d-Nr.	Inst-ID	Hersteller	Inst-Nr.	Datum	km
479	Tn92710779	Trimble	927 10779	13.03.2013	0.8
478	Tn92710779	Trimble	927 10779	10.03.2011	0

Kalibrierergebnisse (Form):

#d-Nr.: 479
 Inst-ID: Tn92710779
 Hersteller: Trimble
 Inst-Nr.: 927 10779
 Datum: Mittwoch, 13. März 2013
 km: 0.8
 k01: 1.7
 k02: 0.1
 k01a: 1.8
 k01b: 0
 Dateiname: Tn92710779_20110310_LAV_7P.xml

Hat man seine Abfrage beendet und will eine Neue starten, oder hat man sich bei der Eingabe vertan, so kann man die auf die Tabellen wirkenden Filter löschen. Dies erfolgt über das in der folgenden Abbildung markierte Symbol. Dabei ist es egal, in welcher Symbolleiste es gedrückt wird.



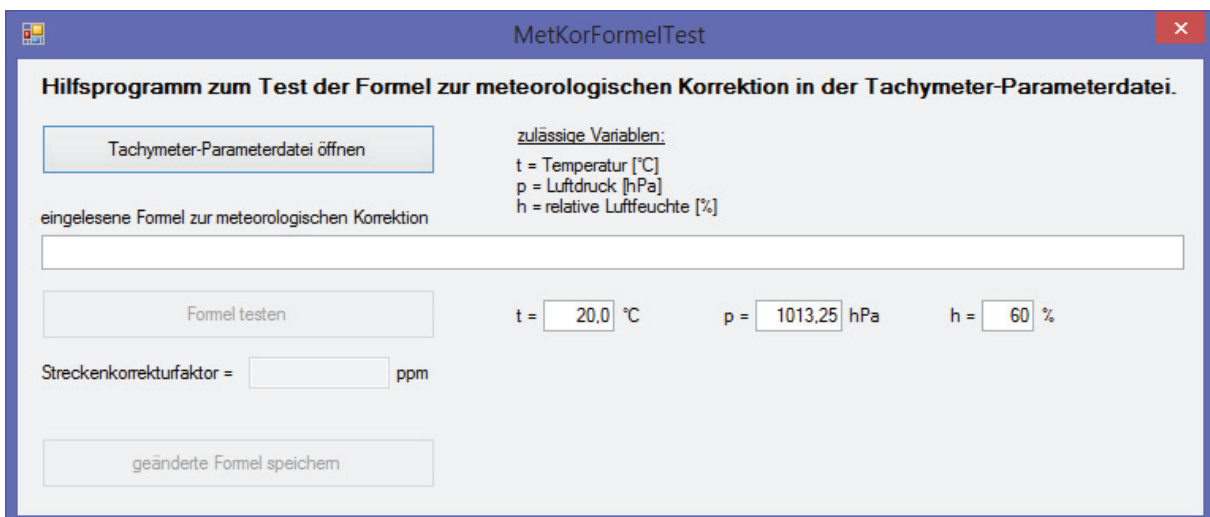
Danach werden wieder alle Datensätze in den drei Tabellen vollständig angezeigt.

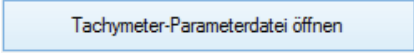
5.2.5 Test der Formel zur meteorologischen Korrektur

Mit diesem kleinen Hilfsprogramm kann die Formel zur meteorologischen Korrektur der gemessenen EDM-Strecken in die Tachymeter-Parameterdatei eingegeben, geändert und getestet werden. Dieses Tool ist sehr praktisch, da die Eingabe der doch recht langen Formeln fehleranfällig ist. Schnell ist mal eine Klammer vergessen und es kommt zu einer Fehlermeldung während der meteorologischen Korrektur bei der Auswertung.

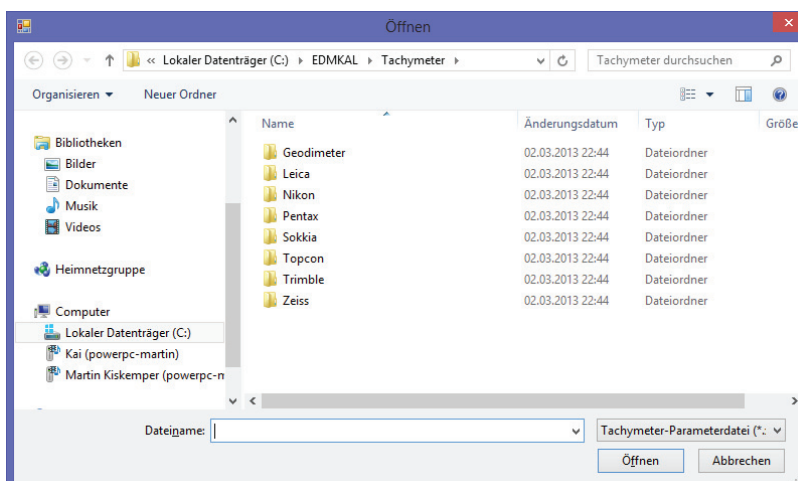
An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, dass die meteorologische Korrektur nach der Formel in der Tachymeter-Parameterdatei erfolgt, insofern diese eingegeben wurde. Ist diese nicht bekannt, da der Hersteller diese nicht veröffentlicht, wird die meteorologische Korrektur nach der in Kapitel 2.4 von der IUGG/IAG 1999 empfohlenen Formel durchgeführt.

Nach dem Start des Programms stellt sich dieses mit folgender Oberfläche dar.

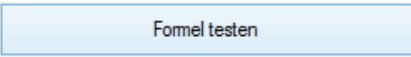


Die einzige Möglichkeit, die das Programm bietet ist das Einlesen einer Korrektionsformel aus einer Tachymeter-Parameterdatei über den Button .

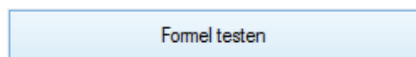
Dazu erscheint ein Öffnen-Dialogfenster, über das die Parameterdatei aus den Tachymeter-verzeichnissen ausgewählt werden kann.



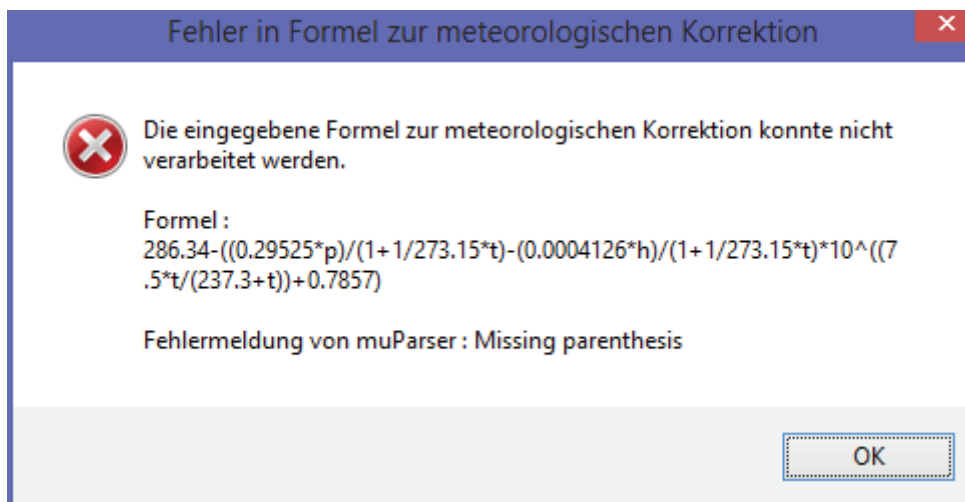
Nun wird die Formel aus der ausgewählten Datei ausgelesen und im entsprechenden Eingabefeld eingetragen. In diesem Fall handelt es sich um die Korrekptionsformel eines Leica-Tachymeters der TPS1200+-Serie.

Über den Button  kann getestet werden, ob die Syntax der Formel in Ordnung ist. Zudem wird mit den in den Eingabefeldern stehenden Werten für Temperatur (t), Luftdruck (p) und Luftfeuchte (h) die meteorologische Korrektion berechnet und als ppm-Wert ausgegeben.

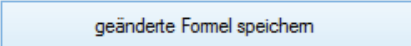
Wurde die Formel fehlerhaft eingegeben, oder wird wie im oben stehenden erzeugten Beispiel eine Klammer entfernt, so erscheint nach dem Drücken des Buttons



eine Fehlermeldung:



Die eigentliche Fehlermeldung mit dem Hinweis auf den Fehler wird in Englisch ausgegeben, da die Formel über den eingebundenen Mathe-Parser berechnet wird. Sollte ein Fehler auftauchen, so wird auch die Fehlermeldung durch diesen generiert. Da es sich um eine freie Fremdkomponente handelt, kann der Quellcode nicht angepasst werden, um die Meldungen ins Deutsche zu übersetzen. Im obigen Fall wird durch die Meldung 'Missing parenthesis' auf eine fehlende Klammer hingewiesen.

Ist die Formel fehlerfrei, wird der Button  freigegeben und die Formel kann durch Drücken des Buttons in der geöffneten Tachymeter-Parameterdatei gespeichert werden.

6 Ausblick

Mit dem vorgestellten Programmsystem wurde eine zeitgemäße Software geschaffen, die die aktuellen Programmierungstechniken nutzt. Das Konzept ist an den Arbeitsablauf im LAiV M-V abgestimmt. Es ist aber durch das separate Eingabemodul offen gestaltet, so dass es an die Kunden verteilt werden kann, damit diese die Messwerte eigenständig eingeben. Dadurch muss nur noch die Messwerte-XML-Datei eingelesen werden, die richtige Tachymeterserie zugeordnet und die Auswertung gestartet werden. Der Arbeitsaufwand wäre so minimal. Die Beurteilung der Kalibrierergebnisse läge aber weiterhin in den Händen eines sachkundigen Ingenieurs, der in der Kalibrierbeschreibung die Ergebnisse auch noch einmal kritisch hinterfragen und mit entsprechenden Kommentaren versehen kann.

Die Landesvermessung in Nordrhein-Westfalen geht einen noch weiterreichenden Weg: Hier existiert in jedem der fünf Regierungsbezirke mindestens eine Kalibrierstrecke für EDM (dort Eichlinie genannt). Die Messung hat nach Schlüsselübergabe für die Pfeiler durch den Kunden eigenständig zu erfolgen. Die Dateneingabe erfolgt in einem Windowsprogramm, das von der Webseite des LVerMA NRW heruntergeladen werden kann. Dies ist ähnlich der oben beschriebenen Möglichkeit durch das in dieser Masterthesis entwickelte Programmsystem. Es gibt aber noch eine zweite Möglichkeit der Dateneingabe, direkt in einer Eingabemaske im Browser. Auch hier können die Werte nach der Eingabe in einer Datei auf dem eigenen Rechner gesichert werden.

Das Besondere ist allerdings die Auswertung: Diese führt der Kunde mithilfe eines auf dem Internetserver der Bezirksregierung Köln laufenden Web-Dienstes (Microsoft ActiveServerPage) selbstständig durch. Dazu wird die Eingabedatei eingelesen, die Auswertung gestartet und im Falle einer fehlerfreien Durchführung wird die Kalibrierbescheinigung als PDF-Datei angezeigt. Diese kann dann ausgedruckt und abgespeichert werden.

Dieses System nennt sich **ERICH-online**, und ist in der Form wohl bislang einmalig. Es ist kostenfrei und kann von jedem nach Anerkennung der Nutzungsbedingungen und einer Registrierung genutzt werden. Da aber nur die Sollstrecken der in NRW vorhandenen Kalibrierstrecken hinterlegt sind, ist es nicht individuell auch für andere Strecken nutzbar, sondern nur für die Landesstrecken. Auf der Internetseite und in den Nutzungsbedingungen wird ganz klar darauf hingewiesen: "Für die Vollständigkeit und die Fehlerfreiheit der Dateneingabe sind die Nutzer selbst verantwortlich."

Vor- und Nachteile:

Vorteil ist natürlich aus Sicht der Bezirksregierungen der geringere Personalaufwand, der sich nur noch auf die Schlüsselübergabe für die Kalibrierstrecke begrenzt. Der Kunde hat den Vorteil, dass er für die Schnelligkeit der Auswertung selbst verantwortlich ist, und somit sehr schnell zu einem Kalibrierprotokoll kommen kann.

Nachteilig ist aber auf jedem Fall die fehlende persönliche, fachliche Betreuung des Kunden. Beim LAiV M-V wird vor der Kalibrierstreckenmessung (durch den Kunden) die Frequenzprüfung durchgeführt, so dass jedes Instrument in den Händen eines fachkundigen Mitarbeiters ist, der Hinweise zur Durchführung der Messung auf der Kalibrierstrecke geben kann und ggf. auch bei der Einstellung der meteorologischen Parameter Hilfestellung leisten kann. Ein weiterer Nachteil von ERICH-online ist der fehlende Sachverstand und die Erfahrung bei der Auswertung der Kalibrierstreckenmessungen. Ein sachkundiger, erfahrener Auswerter kann die Ergebnisse, vor allem die entfernungsabhängige Nullpunktkorrektur (Maßstabsfehler), kritischer beurteilen und gibt diese z.B. aufgrund der Wetterbedingungen als nicht signifikant aus, obwohl der Signifikanztest etwas anderes sagt. Evtl. falsch eingestellte Auswerteparameter (wurden die Strecken meteorologisch korrigiert oder nicht) können aus Erfahrung aufgedeckt werden und nach Rückfrage beim Kunden korrigiert werden.

Abschließend kann gesagt werden, dass das System ERICH-online sehr progressiv gedacht und auch umgesetzt ist. Eine Ablösung eines erfahrenen, sachkundigen Auswerters durch eine Software birgt natürlich immer Gefahren, in diesem Fall die, dass gute EDM-Strecken mit falschen Kalibrierparametern verschlechtert werden.

Im Anhang 9.8 ist eine Musterauswertung des Programms ERICH-online zu finden.

Zur Weiterentwicklung des Programmsystems 'EDMKAL 2012' sind bereits schon einige Ideen gereift. Wie bereits im Kapitel 3.2.2 angedeutet, wird das Programm um einen weiteren Ausgleichungsansatz erweitert, in dem die Pfeilerabstände nicht fixiert sind, sondern mit Standardabweichungen belegt sind. Durch diese "weiche" Lagerung sollte es möglich sein die Signifikanz direkt aus der Ausgleichung ableiten zu können.

7 Literaturverzeichnis

- [1]. **PTB, Physikalisch Technische Bundesanstalt.** Europäische Messgeräte-Richtlinie (MID). [Online] Physikalisch Technische Bundesanstalt, 17. 11 2011. [Zitat vom: 23. 01 2013.] <http://www.ptb.de/cms/dienstleistungen/partner-des-mittelstandes/europaeische-messgeraete-richtlinie-mid.html>.
- [2]. **Amtsblatt der Europäischen Union.** Richtlinie 2004/22/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 31.März 2004 über Messgeräte.
- [3]. **Gesetzentwurf der Bundesregierung.** Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung des gesetzlichen Messwesens. [Online] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 10. 07 2008. [Zitat vom: 23. 01 2013.] <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/entwurf-des-gesetzes-zur-neuregelung-des-gesetzlichen-messwesens,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>.
- [4]. **Mecklenburg-Vorpommerns, Innenministerium des Landes.** "Verwaltungsvorschrift zur Kalibrierung und Überprüfung elektrooptischer Distanzmessgeräte (EDM) des öffentlichen Vermessungswesens in Mecklenburg-Vorpommern", kurz "-Kalibriererlass EDM Mecklenburg-Vorpommern- (VwV-Kalibr-EDM M-V)". vom 17.August 1999.
- [5]. **Gottwald, Prof. Dr. Reinhard, Hugelshofer, Dario und Weibel, Roman.** ISO 17123 & Trimble S6 auf dem Prüfstand. *Allgemeine Vermessungsnachrichten (AVN)*. 2006, Bd. 4.
- [6]. **Joeckel / Stober / Huep.** *Elektronische Entfernungs- und Richtungsmessung und ihre Integration in aktuelle Positionierungsverfahren*. 5., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. : Herbert Wichmann Verlag, 2008. ISBN 978-3-87907-443-3.
- [7]. **Niels Bohr Institut der Universität Kopenhagen.** IAG Resolutionen von 1999. [Online] [Zitat vom: 29. 01 2013.] <http://www.gfy.ku.dk/~iag/resolutions/res99.html>.
- [8]. **Kern Swiss.** Bedienungsanleitung Präzisionsdistanzmesser Mekometer ME5000. 1986.
- [9]. **Tittel, Jan und Schwichtenberg, Dr. Holger (Herausgeber).** *Office 2010 Programmierung mit VSTO und .NET 4.0*. s.l. : Carl Hanser Verlag, 2011. ISBN 978-3-446-42411-1.
- [10]. **Frischalowski, Dirk.** *Visual C# 2008, Einstieg für Anspruchsvolle*. : Pearson Studium, 2008. ISBN 978-3-8273-2577-8.
- [11]. **Sharp, John und Jagger, Jon.** *Microsoft Visual C# Schritt für Schritt*. s.l. : Microsoft Press Deutschland, 2002. ISBN 3-86063-776-2.
- [12]. **Schwichtenberg, Holger und Eller, Frank.** *Programmierung mit der .NET-Klassenbibliothek*. s.l. : Addison-Wesley Verlag, 2004. ISBN 3-8273-2128-X.

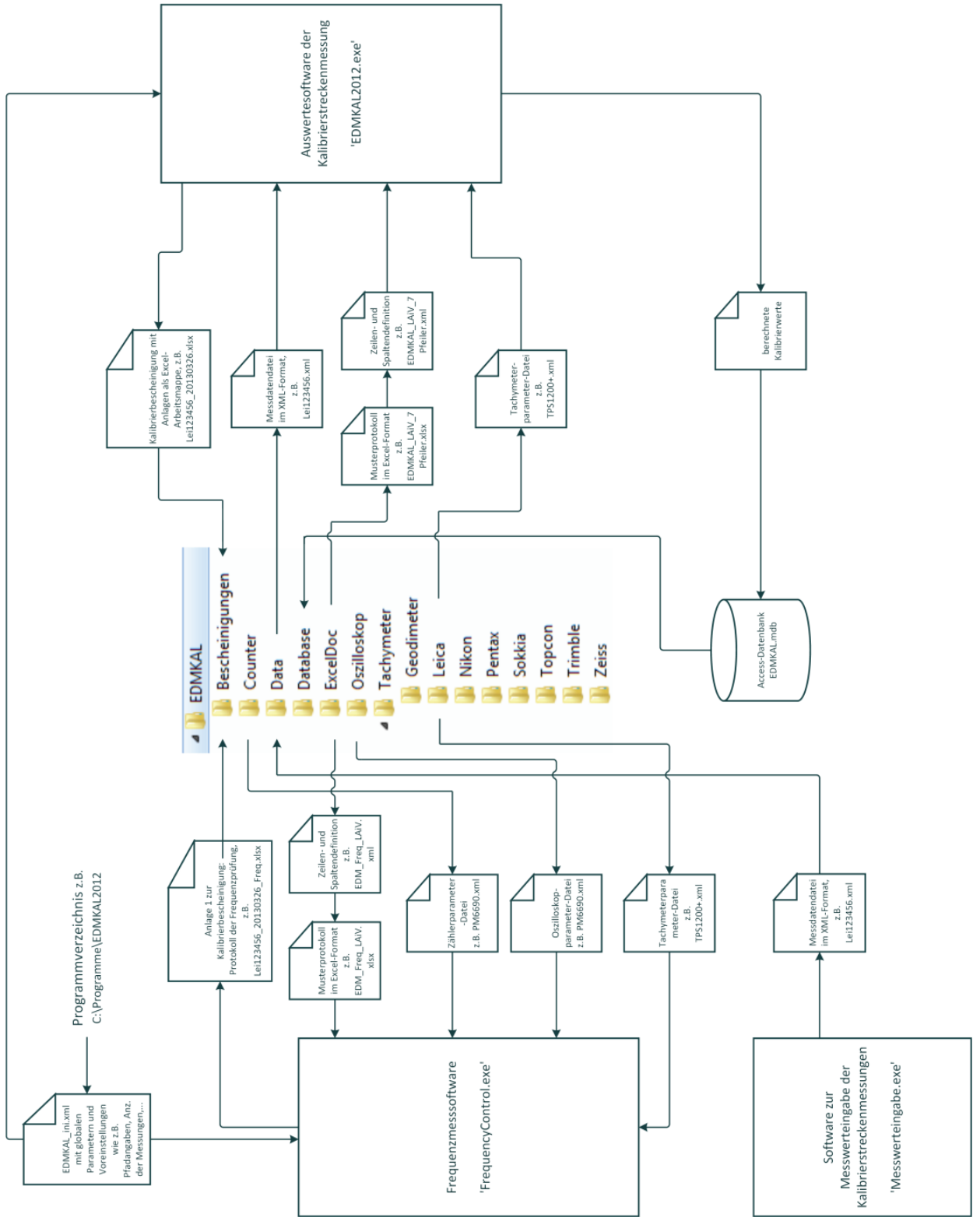
- [13]. **Schauerte, Dr. Wolfgang und Faßbender, Horst.** Anpassung der Maßstabskalibrierung auf "rechnende" EDM-Instrumente. *Vermessungswesen und Raumordnung*. 1997, Bd. 8/1997.
- [14]. **Witte, Prof. Dr. Berthold, Schauerte, Dr. Wolfgang und Faßbender, Horst.** *Die Prüfung elektrooptischer Distanzmesser (EDM) am Geodätischen Institut der Universität Bonn.* : Tagungsunterlagen zum Seminar 'Kalibrier- und Auswertekriterien für die Überprüfung von EDM-Instrumenten' am 09.01.1997, Dez. 1996.
- [15]. **Bezirksregierung Köln.** ERICH-online. [Online] 15. 09 2011. [Zitat vom: 14. 01 2013.] www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_ihhttp://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/organisation/abteilung07/produkte/raumbezug/kalibrierung/tachymeter/erichonline/index.html.
- [16]. **Schauerte, Dr. Wolfgang.** *Kalibrierung von EDM-Instrumenten/Tachymetern - Eichgesetz, Rückführungen, Prüfkriterien, Auswerteverfahren.* Fulda : Das Symposium 2003 - Die Plattform für Vermessung, 2003.
- [17]. **Monadjemi, Peter und Pfeifer, Eckehard.** *Microsoft Office 2007 Programmierung - Von VBA zu VSTO.* s.l. : Microsoft Press Deutschland, 2008. ISBN 978-3-86645-415-6.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vergleichsstrecken beim vereinfachten Testverfahren nach ISO 17123-4 [6].	13
Abbildung 2: Vergleichsstrecken beim vollständigen Test nach ISO 17123-4 [6]	14
Abbildung 3: Impulsmessverfahren	15
Abbildung 4: Phasenvergleichsverfahren [6]	16
Abbildung 5: Geometrische Reduktionen [6]	21
Abbildung 6: Grafische Darstellung der Veränderung der Pfeilerabstände	25
Abbildung 7: Verkabelung der Frequenzprüfeinrichtung bei der Kalibrierung von Zeiss Elta-Tachymetern.....	35
Abbildung 8: Verkabelung der Frequenzprüfeinrichtung bei der Kalibrierung aller anderen Tachymeter.....	36
Abbildung 9: Verkabelung der Frequenzprüfeinrichtung bei Kalibrierung aller anderen Tachymeter.....	36
Abbildung 10: Hauptprogramm 'EDMKAL' mit nebenstehend angeordnetem Excel und geöffneter Protokolldatei	44
Abbildung 11: Verwendete und erzeugte Dateien durch das Programm 'FrequencyControl'	45
Abbildung 12: Erzeugte Datei und Ablageort des Programms 'Messwerteingabe'.....	46
Abbildung 13: Verwendete und erzeugte Dateien durch das Auswerteprogramm 'EDMKAL2012'	47
Abbildung 14: Datei 'Sollstrecken.xml' mit Sollwerten für die Kalibrierstrecke 'Neustadt- Glewe'	55
Abbildung 15: Oberfläche des "Hilfsprogramms" zur Eingabe der Kalibrierstrecken- sollwerte	56
Abbildung 16: Auszug aus einer Messwert-XML-Datei, die mit dem Programm 'Messwerteingabe' erzeugt wurde	62
Abbildung 17: Grafische Darstellung der eingegebenen Daten.....	67

9 Anhang

9.1 Gesamtkonzept mit Zusammenspiel der einzelnen Dateien



9.2 Liste der verfügbaren Variablen zur Zuordnung der Ergebniswerte zu den Zellen in der Excel-Vorlagendatei

- Kopfdaten_PruefNr
- Kopfdaten_Datum
- Kopfdaten_Zeit_Beginn
- Kopfdaten_Zeit_Ende
- Kopfdaten_VermStelle
- Kopfdaten_Beobachter
- Kopfdaten_Wetter
- Kopfdaten_Bewoelkung

- Instrument_Hersteller
- Instrument_Bezeichnung
- Instrument_Nr
- Instrument_Genauigkeit_mm
- Instrument_Genauigkeit_ppm
- Instrument_Frequenz_ppm
- Instrument_Hoehe_m
- Instrument_Prismenkonst_eingestellt
- Instrument_Temp_eingestellt
- Instrument_Druck_eingestellt
- Instrument_Feuchte_eingestellt
- Instrument_MetKorHinweis

- Reflektor_Typ
- Reflektor_Hoehe_m
- Reflektor_Konstante

- Messdaten_von
- Messdaten_nach
- Messdaten_Temp_Stdpkt
- Messdaten_Temp_Zielpkt
- Messdaten_Druck_Stdpkt
- Messdaten_Druck_Zielpkt
- Messdaten_Strecke1
- Messdaten_Strecke2
- Messdaten_Strecke3
- Messdaten_Strecke4
- Messdaten_Strecke5
- Messdaten_StreckeFreqKorrigiert
- Messdaten_StreckeMetKorrigiert

- Messdaten_StreckeHorizontiert

- Sollstrecken_Pfeilerabstaende
- Sollstrecken_zugeordnet
- Sollstrecken_Labor1
- Sollstrecken_Labor2

- MitSollstrecken_k1
- MitSollstrecken_sk1
- MitSollstrecken_k1signifikant
- MitSollstrecken_k2
- MitSollstrecken_sk2
- MitSollstrecken_k2signifikant
- MitSollstrecken_AnzBeob
- MitSollstrecken_AnzUnbek
- MitSollstrecken_Redundanz
- MitSollstrecken_s0
- MitSollstrecken_Quantil
- MitSollstrecken_Verbesserungen
- MitSollstrecken_StdabwMessung

- OhneSollstrecken_k1
- OhneSollstrecken_sk1
- OhneSollstrecken_k1signifikant
- OhneSollstrecken_AnzBeob
- OhneSollstrecken_AnzUnbek
- OhneSollstrecken_Redundanz
- OhneSollstrecken_s0
- OhneSollstrecken_Quantil
- OhneSollstrecken_Pfeilerabstaende
- OhneSollstrecken_sPfeilerabstaende
- OhneSollstrecken_AusgegIStrecken
- OhneSollstrecken_Verbesserungen
- OhneSollstrecken_StdabwMessung

- Laborstrecken_Strecke1
- Laborstrecken_Strecke2
- Laborstrecken_k1

9.3 Protokollbeispiel einer Kalibrierung auf der Landeskabrierstrecke 'Neustadt-Glewe' des LAiV M-V bei Messung auf 7 Pfeilern

**Landesamt für innere Verwaltung
Mecklenburg-Vorpommern**

Amt für Geoinformation,
Vermessungs- und Katasterwesen

Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern
Postfach 12 01 35, 19018 Schwerin



Kalibrierbescheinigung

Verm.-Stelle :		Datum :	21.03.2013	Prüf-Nr. :	13/10
Instrument :	Trimble S6 DR 300+	Beobachter :	Schwind		
Instr.-Nr. :	92710779	Auswerter :	Dipl.-Ing. Cindy Niemeyer		

Der o. g. elektrooptische Distanzmesser (EDM) wurde durch das Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern kalibriert.

Bei der Kalibrierung wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

1. Maßstabskorrektion

Die Maßstabskorrektion des EDM wurde am 21.03.2013 an der Frequenzprüfeinrichtung des LAiV M-V in Schwerin bestimmt.
Es wurde das Einlaufverhalten des Quarzes innerhalb der ersten 10 Minuten nach Einschalten des Gerätes bestimmt, und daraus eine mittlere Maßstabskorrektion gerechnet. Die Frequenzprüfung ist in Anlage 1 dokumentiert.

$K_m = 1,5 \text{ mm / km} \pm 0,2 \text{ mm / km}$

2. Nullpunktkorrektion

Zur Bestimmung der Nullpunktkorrektion erfolgte eine Kalibriermessung auf der Landeskabrierstrecke des LAiV M-V in der Nähe von Neustadt-Glewe am 21.03.2013.

Die Messung wurde durch den Eigentümer/Nutzer selbständig durchgeführt.

Während der Messung wurden die Umgebungstemperatur und der Luftdruck ständig gemessen und protokolliert.

Die entsprechenden meteorologischen Korrekturen wurden am EDM eingegeben.

Bei der Auswertung der Kalibrierstreckenmessung wurde die unter Ziffer 1 bestimmte Maßstabskorrektion an die gemessenen Strecken angebracht.

Die Nullpunktkorrektion und die entfernungsabhängige Nullpunktkorrektion wurden aus 21 gemessenen Strecken im Bereich von 27,16 m und 679,75 m durch Vergleich mit bekannten Sollstrecken abgeleitet.

Die Sollmaße der Landeskabrierstrecke 'Neustadt-Glewe' wurden zuletzt am 01.12.2009 mit dem Mekometer ME5000, Ser.-Nr. 357 064 der Hochschule Neubrandenburg bestimmt.

Eine Überprüfung und Neubestimmung der Sollstrecken der Landeskabrierstrecke erfolgt etwa alle drei Jahre.

Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern

Amt für Geoinformation,
Vermessungs- und Katasterwesen

Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern
Postfach 12 01 35, 19018 Schwerin



Anlage 1

bearbeitet von: Herrn Hagemeister
Telefon: 0385 / 588-56399
E-Mail: guido.hagemeister@laiv-mv.de
Aktenzeichen: 312b-561.166.4.6

Datum: 21.03.2013

EDM - Frequenzprüfung

Instrument :	Trimble S6	Temperatur :	20,0 °C	Seite :	1(2)
Instr.-Nr. :	92710779	Luftdruck :	1009,0 hPa		

Kalibrierung des Frequenzzählers mittels DCF-77-Frequenznormal vom 01.12.2010 :

Sollfrequenz des Frequenznormals : 10.000.000,0 Hz
 abgelesene Frequenz am Zähler : 10.000.000,1 Hz
 Abweichung Df : -0,1 Hz q = 0,99999999

Zeit [hh:mm:ss]	Ist-Frequenz [Hz]	Soll-Frequenz [Hz]	kf [Hz]	Bemerkung
Bestimmung des Einlaufverhaltens				
00:00:00	25.312,4630	25.312,5000	0,0370	Die Ist-Frequenz ist bereits um den Frequenzählerfehler korrigiert.
00:00:31	25.312,4629	25.312,5000	0,0371	
00:01:01	25.312,4629	25.312,5000	0,0371	
00:01:31	25.312,4628	25.312,5000	0,0372	
00:02:01	25.312,4627	25.312,5000	0,0373	
00:02:31	25.312,4627	25.312,5000	0,0373	
00:03:01	25.312,4626	25.312,5000	0,0374	
00:03:31	25.312,4626	25.312,5000	0,0374	
00:04:01	25.312,4625	25.312,5000	0,0375	
00:04:31	25.312,4624	25.312,5000	0,0376	
00:05:01	25.312,4624	25.312,5000	0,0376	
00:05:31	25.312,4623	25.312,5000	0,0377	
00:06:01	25.312,4623	25.312,5000	0,0377	
00:06:31	25.312,4623	25.312,5000	0,0377	
00:07:01	25.312,4622	25.312,5000	0,0378	
00:07:31	25.312,4622	25.312,5000	0,0378	
00:08:01	25.312,4621	25.312,5000	0,0379	
00:08:31	25.312,4621	25.312,5000	0,0379	
00:09:01	25.312,4620	25.312,5000	0,0380	
00:09:31	25.312,4620	25.312,5000	0,0380	
mittlere Frequenzkorrektur (Hz) =			0,0376	
Die mittlere Frequenzkorrektur kf von 0,0376 Hz entspricht einer Maßstabskorrektur km von 1,5 ppm oder 1,0000015.				

Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg Vorpommern

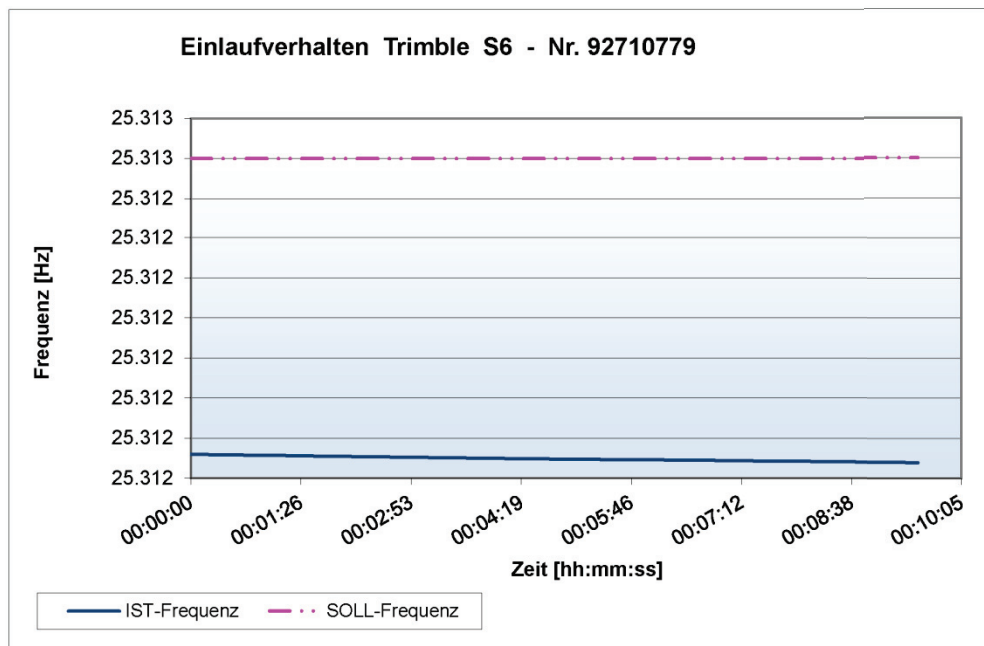
Amt für Geoinformation,
Vermessungs- und Katasterwesen


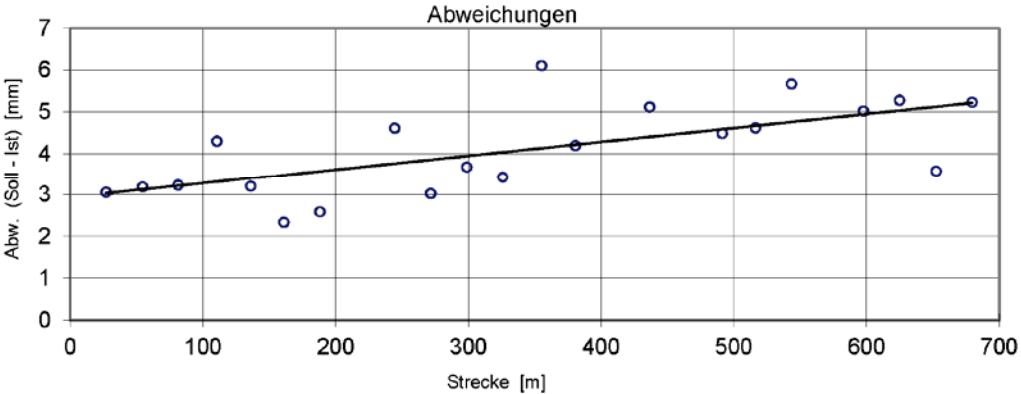
Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg Vorpommern
Postfach 12 01 35, 19018 Schwenn




EDM - Frequenzprüfung

Instrument :	Trimble S6	bearbeitet von :	Herrn Hagemeister	AZ :	312b-561.166.4.6
Instr.-Nr. :	92710779	Datum :	21.03.2013	Seite :	2(2)



	Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern	Anlage 2																																																									
Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen		Seite 1(2)																																																									
Bestimmung der Nullpunktkorrektur - Ausgleichung mit Sollstrecken -																																																											
Verm.-Stelle :		Datum : 21.03.2013	Prüf-Nr. : 13/10																																																								
Instrument :	Trimble S6 DR 300+	Beobachter :																																																									
Instr.-Nr. :	92710779	Auswerter :	Dipl.-Ing. Cindy Niemeyer																																																								
1. Funktion der Nullpunktkorrektur																																																											
Ausgleichungsansatz:	$k_0 = k_1 + k_2 \cdot S[\text{km}]$																																																										
Signifikanzniveau:	S = 0,95																																																										
Quantil der t-Verteilung nach "Student" =	2,09 (f = 19 ; p = 1 - a/2 = 0,975)																																																										
ausgegl. Koeffizienten:	$k_1 =$	2,9 mm	± 0,3																																																								
	$k_2 =$	3,4 mm / km	± 0,9																																																								
			signifikant																																																								
			signifikant																																																								
Nullpunktkorrektur:	$k_0 = 2,9 \text{ mm} + 3,4 \text{ mm / km} \cdot S [\text{km}]$																																																										
2. Statistische Angaben																																																											
Anzahl der Beobachtungen (n) :	21																																																										
Anzahl der Unbekannten (u) :	2																																																										
Anzahl der Überbestimmungen (f = n - u) :	19																																																										
Standardabweichung der Gewichtseinheit (S ₀) :	0,22																																																										
3. Graphische Darstellung der Abweichung und der Nullpunktkorrektur																																																											
Die Abbildung stellt die Abweichungen der gemessenen und anschließend korrigierten und horizontalierten Strecken gegenüber den Sollmaßen der Landeskaltibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' ("Soll - Ist") dar.																																																											
Die Abstände der Punkte von der Nulllinie entsprechen den Abweichungen vom Sollwert.																																																											
Die ausgleichende Gerade ist die Funktion der Nullpunktkorrektur k ₀ .																																																											
Die Abstände der einzelnen Punkte von der Regressionsgerade entsprechen den verbleibenden Restabweichungen.																																																											
<div style="text-align: center;">Abweichungen</div>  <table border="1"> <caption>Estimated data points from the scatter plot</caption> <thead> <tr> <th>Strecke [m]</th> <th>Abw. (Soll - Ist) [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>30</td><td>3,0</td></tr> <tr><td>50</td><td>3,1</td></tr> <tr><td>70</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>100</td><td>4,3</td></tr> <tr><td>120</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>140</td><td>2,3</td></tr> <tr><td>160</td><td>2,5</td></tr> <tr><td>240</td><td>4,6</td></tr> <tr><td>260</td><td>3,0</td></tr> <tr><td>280</td><td>3,6</td></tr> <tr><td>300</td><td>3,4</td></tr> <tr><td>320</td><td>6,1</td></tr> <tr><td>340</td><td>4,1</td></tr> <tr><td>360</td><td>5,1</td></tr> <tr><td>380</td><td>4,4</td></tr> <tr><td>440</td><td>5,1</td></tr> <tr><td>460</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>480</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>500</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>520</td><td>4,6</td></tr> <tr><td>540</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>560</td><td>5,0</td></tr> <tr><td>580</td><td>5,1</td></tr> <tr><td>600</td><td>5,2</td></tr> <tr><td>620</td><td>3,5</td></tr> <tr><td>640</td><td>5,2</td></tr> <tr><td>660</td><td>5,2</td></tr> </tbody> </table>				Strecke [m]	Abw. (Soll - Ist) [mm]	30	3,0	50	3,1	70	3,2	100	4,3	120	3,2	140	2,3	160	2,5	240	4,6	260	3,0	280	3,6	300	3,4	320	6,1	340	4,1	360	5,1	380	4,4	440	5,1	460	4,5	480	5,6	500	4,5	520	4,6	540	5,6	560	5,0	580	5,1	600	5,2	620	3,5	640	5,2	660	5,2
Strecke [m]	Abw. (Soll - Ist) [mm]																																																										
30	3,0																																																										
50	3,1																																																										
70	3,2																																																										
100	4,3																																																										
120	3,2																																																										
140	2,3																																																										
160	2,5																																																										
240	4,6																																																										
260	3,0																																																										
280	3,6																																																										
300	3,4																																																										
320	6,1																																																										
340	4,1																																																										
360	5,1																																																										
380	4,4																																																										
440	5,1																																																										
460	4,5																																																										
480	5,6																																																										
500	4,5																																																										
520	4,6																																																										
540	5,6																																																										
560	5,0																																																										
580	5,1																																																										
600	5,2																																																										
620	3,5																																																										
640	5,2																																																										
660	5,2																																																										

		Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern				Anlage 2		
		Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen				Seite 2(2)		
Bestimmung der Nullpunktkorrektur - Ausgleichung mit Sollstrecken -								
Verm.-Stelle :				Datum : 21.03.2013		Prüf-Nr. : 13/10		
Instrument :		Trimble S6 DR 300+		Beobachter :				
Instr.-Nr. :		92710779		Auswerter : Dipl.-Ing. Cindy Niemeyer				
4. Zusammenstellung der Messungen								
(1) von	(2) nach	(3) Sollstrecken *) reduziert auf Bezugshorizont [m]	(4) Messwerte korrigiert mit k_m hor. und reduz. auf Bezugshorizont [m]	(5) Abweichg. Sollstr. - Messwerte (3) - (4) [mm]	(6) Funktions- werte der Nullpunkt- korrektur [mm]	(7) Messwerte korrigiert mit k_m und k_0 (4) + (6) [m]	(8) Restab- weich- ungen (3) - (7) [mm]	
1	2	27,1622	27,1591	3,1	3,0	27,1622	0,0	
1	3	188,3140	188,3114	2,6	3,6	188,3150	-1,0	
1	4	298,9455	298,9418	3,7	3,9	298,9458	-0,3	
1	5	543,6454	543,6397	5,7	4,8	543,6445	0,9	
1	6	625,1062	625,1009	5,3	5,1	625,1060	0,2	
1	7	679,7520	679,7468	5,2	5,2	679,7520	0,0	
2	3	161,1518	161,1495	2,3	3,5	161,1529	-1,1	
2	4	271,7833	271,7803	3,0	3,8	271,7841	-0,8	
2	5	516,4832	516,4786	4,6	4,7	516,4833	-0,1	
2	6	597,9440	597,9390	5,0	5,0	597,9439	0,1	
2	7	652,5898	652,5862	3,6	5,2	652,5914	-1,6	
3	4	110,6315	110,6272	4,3	3,3	110,6305	1,0	
3	5	355,3314	355,3253	6,1	4,1	355,3294	2,0	
3	6	436,7922	436,7871	5,1	4,4	436,7915	0,7	
3	7	491,4380	491,4335	4,5	4,6	491,4381	-0,1	
4	5	244,6999	244,6953	4,6	3,8	244,6990	0,9	
4	6	326,1607	326,1573	3,4	4,0	326,1613	-0,6	
4	7	380,8065	380,8023	4,2	4,2	380,8065	0,0	
5	6	81,4608	81,4576	3,2	3,2	81,4608	0,0	
5	7	136,1066	136,1034	3,2	3,4	136,1068	-0,2	
6	7	54,6458	54,6426	3,2	3,1	54,6457	0,1	
Betrag der größten Abweichung (Sp.5) :				6,1 mm	zulässig :			
Betrag der größten Restabweichung (Sp.8) :				2,0 mm	5,0 mm			
Mittelwert der Beträge der Restabweichungen (Sp.8) :				0,6 mm	3,0 mm			
5. Beurteilung / Anmerkungen								
*) Die Sollmaße der Landeskalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' wurden letzmalig am 01.12.2009 mit dem Mekometer ME5000, Ser.-Nr. 357 064 durch die Hochschule Neubrandenburg bestimmt.								

(1) (2)		(3)		(4)		(5)	(6)	(7)					(8)	(9)	(10)
		Temperatur Stand	Ziel [°C]	Luftdruck Stand	Ziel [hPa]			Kippachs- höhe [m]	Reflektor- höhe [m]	Einzelmessungen atmosph. korr. Schrägstrecken [m]					
1	2	0,2	0,2	1019,0	1019,0	0,240	0,222	27,	159	159	159	160	27,1592	27,1592	27,1591
1	3	0,2	0,3	1019,0	1019,0			188,	312	313	312	312	188,3123	188,3123	188,3114
1	4	0,1	0,3	1019,0	1019,0			298,	943	943	943	942	298,9430	298,9430	298,9418
1	5	0,3	0,4	1019,0	1019,0			543,	641	641	641	640	543,6416	543,6416	543,6397
1	6	0,1	0,8	1019,0	1019,0			625,	102	102	102	102	625,1029	625,1029	625,1009
1	7	0,2	0,6	1019,0	1019,0			679,	748	747	748	748	679,7488	679,7488	679,7468
2	3	-0,4	0,3	1019,0	1019,0			161,	150	150	150	150	161,1502	161,1502	161,1495
2	4	0,0	0,2	1019,0	1019,0			271,	780	782	781	781	271,7814	271,7814	271,7803
2	5	-0,3	0,1	1019,0	1019,0			516,	479	480	479	480	516,4804	516,4804	516,4786
2	6	-0,5	0,8	1019,0	1019,0			597,	940	940	940	940	597,9409	597,9409	597,9390
2	7	-0,1	-0,3	1019,0	1019,0			652,	588	587	587	587	652,5882	652,5882	652,5862
3	4	0,2	0,3	1019,0	1019,0			110,	628	628	627	627	110,6276	110,6276	110,6272
3	5	-0,3	1,0	1019,0	1019,0			355,	326	326	325	326	355,3263	355,3263	355,3253
3	6	0,3	1,0	1019,0	1019,0			436,	788	787	787	788	436,7883	436,7883	436,7871
3	7	0,2	0,5	1019,0	1019,0			491,	434	434	434	434	491,4347	491,4347	491,4335
4	5	-0,3	0,8	1019,0	1019,0			244,	695	696	696	695	244,6960	244,6960	244,6953
4	6	-0,2	0,3	1019,0	1019,0			326,	158	158	157	158	326,1581	326,1581	326,1573
4	7	0,3	0,3	1019,0	1019,0			380,	803	802	802	803	380,8032	380,8032	380,8023
5	6	0,4	0,3	1019,0	1019,0			81,	457	458	458	457	81,4577	81,4577	81,4576
5	7	0,7	0,3	1019,0	1019,0			136,	104	103	104	103	136,1036	136,1036	136,1034
6	7	1,0	0,8	1019,0	1019,0			54,	643	643	642	643	54,6427	54,6427	54,6426


Verm.-Stelle :	Standardabw. des EDM nach Herstellerangaben :	Reflektortyp :	KTR 1	am Tachymeter eingestellte Werte
Instrument :	3 mm + 2 ppm	Reflektorkonstante :	-35,0 mm	Prismenkonst. : -35,0 mm
Instr.-Nr. :	92710779	Maßstabskorr. k_m aus Freq.-Messung [ppm] :	bedeckt, Schneefall	Temperatur : 20,0 °C
Beobachter :	k_m : 1,5 ppm	Wetter :	7/8	Luftdruck : 1013,3 hPa
Datum :	21.03.2013	Bewölkung :		Luftfeuchte : 60 %
	Beginn : 10:00	Ende : 12:30		




Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern
 Amt für Geoinformation, Vermessung und Katasterwesen
 Fachbereich 31.2, Geodätische Bezugssysteme und Festpunktfelder

Anlage 3
 Prüf-Nr.
 13/10

Additionskonstantenbestimmung eines EDM - Landeskalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe'

	Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen	Anlage 4 Seite 1(2)																																											
Bestimmung der Nullpunktkorrektur - Freie Ausgleichung ohne Sollstrecken -																																													
Verm.-Stelle :		Datum : 21.03.2013	Prüf-Nr. : 13/10																																										
Instrument :	Trimble S6 DR 300+	Beobachter :																																											
Instr.-Nr. :	92710779	Auswerter :	Dipl.-Ing. Cindy Niemeyer																																										
<p>1. Statistische Angaben</p> <p>Anzahl der Beobachtungen (n) : 21</p> <p>Anzahl der Unbekannten (u) : 7 , davon 6 Teilstrecken und</p> <p>Anzahl der Überbestimmungen (f = n - u) : 14 1 Nullpunktkorrektur</p> <p>Standardabweichung der Gewichtseinheit (S₀) : 0,1 mm</p> <p>Signifikanzniveau (S) : 0,95</p> <p>Quantil der t-Verteilung nach "Student" : 2,15 (f = 14 ; p = 1 - a/2 = 0,975)</p> <p>2. Berechnung der Unbekannten</p> <p>2.1 Nullpunktkorrektur</p> <p style="margin-left: 40px;">k₀ = 3,11 mm ± 0,18 signifikant</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 40px; display: inline-block;"> k₀ = 3,1 mm </div> <p>2.2 Ausgegliche Teilstrecken</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th>von</th> <th>nach</th> <th>Sollstrecke [m]</th> <th>Strecke [m]</th> <th>Stdabw. [mm]</th> <th>Verb. [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td><td>27,1622</td><td>27,1618</td><td>0,23</td><td>0,41</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>161,1518</td><td>161,1526</td><td>0,23</td><td>-0,81</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>110,6315</td><td>110,6304</td><td>0,23</td><td>1,11</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>244,6999</td><td>244,6986</td><td>0,23</td><td>1,33</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>81,4608</td><td>81,4611</td><td>0,23</td><td>-0,25</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>54,6458</td><td>54,6459</td><td>0,23</td><td>-0,10</td></tr> </tbody> </table>				von	nach	Sollstrecke [m]	Strecke [m]	Stdabw. [mm]	Verb. [mm]	1	2	27,1622	27,1618	0,23	0,41	2	3	161,1518	161,1526	0,23	-0,81	3	4	110,6315	110,6304	0,23	1,11	4	5	244,6999	244,6986	0,23	1,33	5	6	81,4608	81,4611	0,23	-0,25	6	7	54,6458	54,6459	0,23	-0,10
von	nach	Sollstrecke [m]	Strecke [m]	Stdabw. [mm]	Verb. [mm]																																								
1	2	27,1622	27,1618	0,23	0,41																																								
2	3	161,1518	161,1526	0,23	-0,81																																								
3	4	110,6315	110,6304	0,23	1,11																																								
4	5	244,6999	244,6986	0,23	1,33																																								
5	6	81,4608	81,4611	0,23	-0,25																																								
6	7	54,6458	54,6459	0,23	-0,10																																								

		Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern				Anlage 4	
		Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen				Seite 2(2)	
Bestimmung der Nullpunktkorrektion - Ausgleichung ohne Sollstrecken -							
Verm.-Stelle :				Datum : 21.03.2013		Prüf-Nr. : 13/10	
Instrument :		Trimble S6 DR 300+		Beobachter :			
Instr.-Nr. :		92710779		Auswerter :		Dipl.-Ing. Cindy Niemeyer	
3. Zusammenstellung der Messungen							
(1) von	(2) nach	(3) Sollstrecken *) reduziert auf Bezugshorizont [m]	(4) Messwerte korrigiert mit k_m hor. und reduz. auf Bezugshorizont [m]	(5) ausgegl. Strecken [m]	(6) Stdabw. der ausgegl. Strecken [mm]	(7) Verbes- serungen (5) - (4) [mm]	(8) Differenz Sollstr. - ausgegl. Str. (3) - (5) [mm]
1	2	27,1622	27,1591	27,1587	0,25	-0,47	3,5
1	3	188,314	188,3114	188,3113	0,23	-0,13	2,7
1	4	298,9455	298,9418	298,9417	0,23	-0,15	3,8
1	5	543,6454	543,6397	543,6402	0,24	0,51	5,2
1	6	625,1062	625,1009	625,1013	0,26	0,37	4,9
1	7	679,752	679,7468	679,7472	0,29	0,43	4,8
2	3	161,1518	161,1495	161,1495	0,26	0,03	2,3
2	4	271,7833	271,7803	271,7799	0,24	-0,39	3,4
2	5	516,4832	516,4786	516,4785	0,23	-0,13	4,7
2	6	597,944	597,9390	597,9395	0,24	0,53	4,5
2	7	652,5898	652,5862	652,5854	0,26	-0,81	4,4
3	4	110,6315	110,6272	110,6273	0,25	0,08	4,2
3	5	355,3314	355,3253	355,3259	0,24	0,56	5,5
3	6	436,7922	436,7871	436,7869	0,23	-0,18	5,3
3	7	491,438	491,4335	491,4328	0,24	-0,71	5,2
4	5	244,6999	244,6953	244,6955	0,26	0,17	4,4
4	6	326,1607	326,1573	326,1565	0,24	-0,76	4,2
4	7	380,8065	380,8023	380,8024	0,23	0,11	4,1
5	6	81,4608	81,4576	81,4579	0,25	0,36	2,9
5	7	136,1066	136,1034	136,1038	0,23	0,44	2,8
6	7	54,6458	54,6426	54,6428	0,25	0,17	3,0
Betrag der größten Standardabweichung (Sp.6) :				0,3 mm			
Betrag der größten Verbesserung (Sp.7) :				0,8 mm			
Größte Differenz zw. Sollstrecke und ausgegl. Strecke (Sp. 8) :				5,5 mm			
Mittelwert der Diff. zw. Sollstrecken und ausgegl. Strecken (Sp. 8) :				4,1 mm			
*) Die Sollmaße der Landeskalibrierstrecke 'Neustadt-Glewe' wurden letzmalig am 01.12.2009 mit dem Mekometer ME5000, Ser.-Nr. 357 064 durch die Hochschule Neubrandenburg bestimmt.							

9.4 Protokollbeispiel einer Kalibrierung auf der Kalibrierstrecke der Hochschule Neubrandenburg in Ganzkow



Hochschule Neubrandenburg
Studiengang Vermessungswesen
Brodaer Str. 2 17033 Neubrandenburg
Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Heger

Kalibrierbescheinigung

Verm.-Stelle :		Datum :	07.03.2013	Prüf.-Nr. :	E005/13
Instrument :	Leica TCRP1203	Beobachter :			Kiskemper
Instr.-Nr. :	219 317	Auswerter :			Dipl.-Ing.(FH) M. Kiskemper

Der o. g. elektrooptische Distanzmesser (EDM) wurde durch das MFP-Institut kalibriert.

Bei der Kalibrierung wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

1. Maßstabskorrektion

Die Maßstabskorrektion des EDM wurde am 07.03.2013 an der Frequenzprüfeinrichtung der Hochschule Neubrandenburg bestimmt.

Es wurde das Einlaufverhalten des Quarzes innerhalb der ersten 10 Minuten nach Einschalten des Gerätes bestimmt, und daraus eine mittlere Maßstabskorrektion gerechnet. Die Frequenzprüfung ist in Anlage 1 dokumentiert.

$$K_m = 0,6 \text{ mm / km} \pm 0,2 \text{ mm / km}$$

2. Nullpunktkorrektion

Zur Bestimmung der Nullpunktkorrektion erfolgte eine Kalibriermessung auf der Kalibrierstrecke der Hochschule Neubrandenburg in Ganzkow am 07.03.2013.

Die Messung wurde durch den Eigentümer/Nutzer selbständig durchgeführt.

Während der Messung wurden die Umgebungstemperatur und der Luftdruck ständig gemessen und protokolliert.

Die entsprechenden meteorologischen Korrekturen wurden am EDM eingegeben.

Bei der Auswertung der Kalibrierstreckenmessung wurde die unter Ziffer 1 bestimmte Maßstabskorrektion an die gemessenen Strecken angebracht.

Die Nullpunktkorrektion und die entfernungsabhängige Nullpunktkorrektion wurden aus 22 gemessenen Strecken im Bereich von 20,19 m und 1094,99 m durch Vergleich mit bekannten Sollstrecken abgeleitet.

Die Sollmaße der Kalibrierstrecke Ganzkow wurden am 08.08.2001 mit dem Mekometer ME5000, Ser.-Nr. 357 003 durch die Technische Universität München bestimmt.

Die Sollstrecken werden jährlich mit dem Mekometer ME5000, Ser.-Nr. 357 064 der Hochschule Neubrandenburg überprüft und ggf. neu eingefügt, zuletzt am 08.09.2011.

Die Auswertung erbrachte folgende Nullpunktkorrektion:

$$K_0 = 0,5 \text{ mm} - 0,8 \text{ mm / km}$$

In Anlage 2 wurden die Strecken um den durch die Frequenzmessung ermittelten systematischen Maßstabsfehler korrigiert, so dass am Tachymeter als Maßstabsfaktor (geometrischer ppm-Wert) die Summe der beiden Faktoren = -0,2 ppm einzustellen ist.

Ferner sollte als Additionskonstante 0,5 mm eingegeben werden.

Die angegebene Korrektur k_m und k_0 haben nur mit der bei der Kalibrierung benutzten Ausrüstung (Reflektoren, Thermometer und Barometer intern/extern) und den bei der Kalibrierung vorgenommenen Einstellungen am Instrument Gültigkeit.

3. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die ermittelten Kalibrierkorrekturen sind bei Auswertungen von Messungen mit dem genannten EDM zu berücksichtigen. Die Korrekturen sind an die beobachteten Schrägstrecken S_{roh} wie folgt anzubringen, um korrigierte Schrägstrecken S_{kor} zu erhalten :

$$S_{kor} = S_{roh} + S_{roh} \cdot k_m + k_0$$

4. Eignung des EDM

Der im Kalibriererlass EDM Mecklenburg-Vorpommern, 1.2 festgelegte Grenzwert für eine Einzelabweichung von 5,0 mm wird 0 mal überschritten.

Die Absolutbeträge der restlichen Abweichungen liegen im Mittel mit 0,4 mm unterhalb der Toleranzgrenze.

Das EDM ist für Messungen im amtlichen Lagefestpunktnetz der Grundlagenvermessung geeignet.


(Der Grenzwert des Betrages der Restabweichungen nach ‚Kalibriererlass EDM Mecklenburg-Vorpommern‘ beträgt :

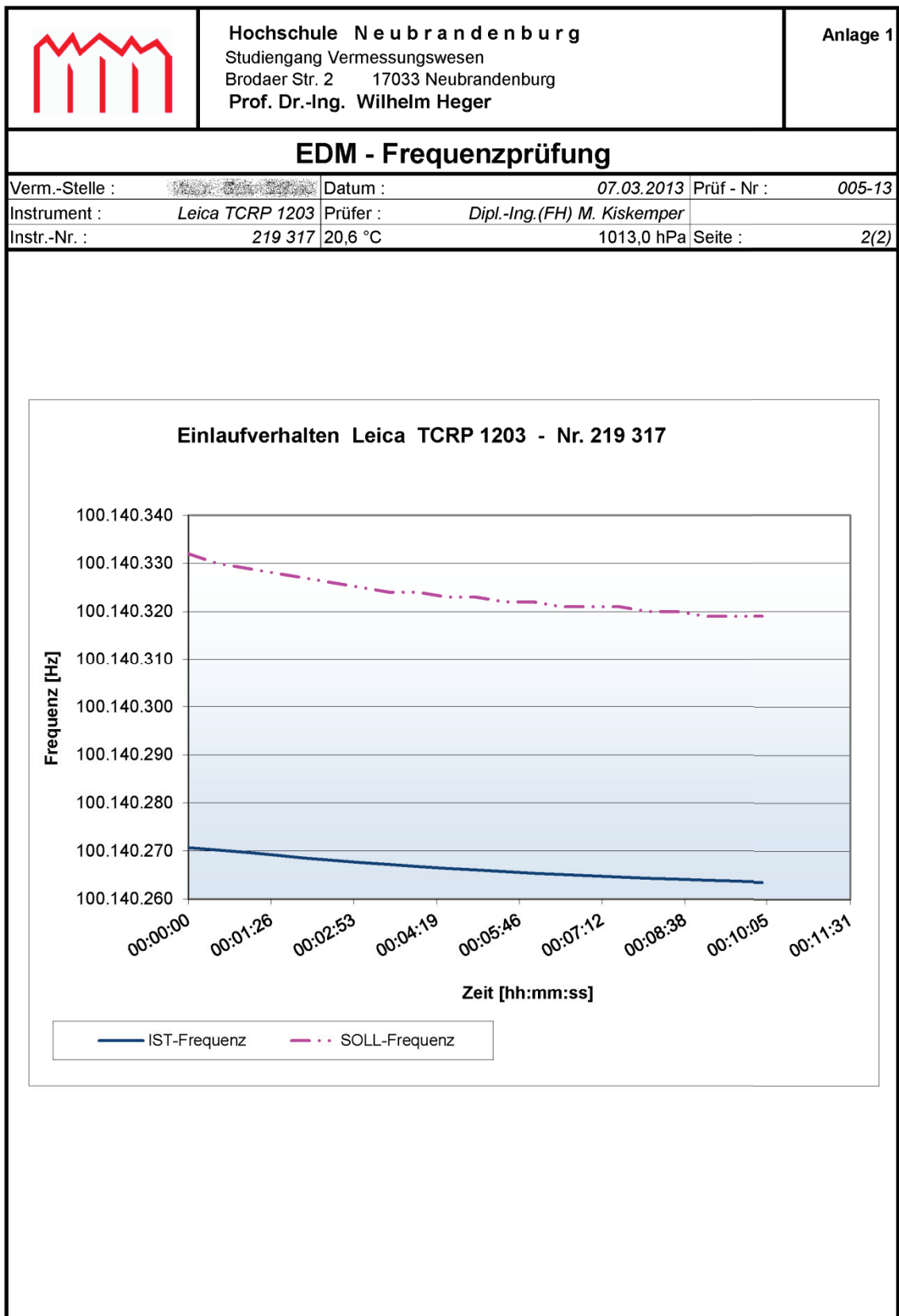
- für Liegenschaftsvermessungen 10 mm,
- für Messungen im Aufnahmepunkt-Netz 8 mm und im Mittel der Beträge 5 mm,
- für Messungen im amtlichen Lagefestpunktfeld der Grundlagenvermessung 5 mm und im Mittel der Beträge 3 mm.)


im Auftrag

(Kiskemper)

Anlagen: - Protokoll Frequenzprüfung (Anlage 1)
 - Auswertung Nullpunktskorrektur (Anlage 2)
 - Originalmessdaten (Anlage 3)

		Hochschule Neubrandenburg Studiengang Vermessungswesen Brodaer Str. 2 17033 Neubrandenburg Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Heger		Anlage 1	
		EDM - Frequenzprüfung			
Verm.-Stelle :		Datum :		Prüf - Nr :	
Instrument : <i>Leica TCRP 1203</i>		Prüfer : <i>Dipl.-Ing.(FH) M. Kiskemper</i>		005-13	
Instr.-Nr. : <i>219 317</i>		20,6 °C		1013,0 hPa	
				Seite : 1(2)	
DKD-Kalibrierung 6275-DKD-K-13301 des Frequenzzählers PM6680 vom 17.07.2012 :					
mittl. Frequenz am 10 MHz-Ausgang über 8 Stunden : 10.000.000,005 Hz $\pm 1 \cdot 10^{-9}$					
Abweichung Δf : 0,01 Hz q = 1,00000000					
Kalibrierung des Frequenzzählers mittels DCF-77-Frequenznormal vom 06.03.2013 :					
Sollfrequenz des Frequenznormals : 10.000.000,0 Hz					
abgelesene Frequenz am Zähler : 10.000.000,1 Hz					
Abweichung Δf : -0,1 Hz q = 0,99999999					
Zeit [hh:mm:ss]	Ist-Frequenz [Hz]	Soll-Frequenz [Hz]	kf [Hz]	Bemerkung	
Bestimmung des Einlaufverhaltens				<i>Die Ist-Frequenz ist bereits um</i>	
00:00:00	100.140.271	100.140.332	61	<i>den Frequenzzählerfehler</i>	
00:00:30	100.140.270	100.140.330	60	<i>korrigiert.</i>	
00:01:00	100.140.270	100.140.329	59		
00:01:30	100.140.269	100.140.328	59		
00:02:00	100.140.269	100.140.327	58		
00:02:30	100.140.268	100.140.326	58		
00:03:00	100.140.268	100.140.325	57		
00:03:30	100.140.267	100.140.324	57		
00:04:00	100.140.267	100.140.324	57		
00:04:30	100.140.266	100.140.323	57		
00:05:00	100.140.266	100.140.323	57		
00:05:30	100.140.266	100.140.322	56		
00:06:00	100.140.265	100.140.322	57		
00:06:30	100.140.265	100.140.321	56		
00:07:00	100.140.265	100.140.321	56		
00:07:30	100.140.265	100.140.321	56		
00:08:00	100.140.264	100.140.320	56		
00:08:30	100.140.264	100.140.320	56		
00:09:00	100.140.264	100.140.319	55		
00:09:30	100.140.264	100.140.319	55		
00:10:00	100.140.264	100.140.319	55		
mittlere Frequenzkorrektur (Hz) =			57,1		
Die mittlere Frequenzkorrektur kf von 57,1 Hz entspricht einer Maßstabskorrektur km von 0,6 ppm oder 1,0000006.					



	Hochschule Neubrandenburg Studiengang Vermessungswesen Brodaer Str. 2 17033 Neubrandenburg Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Heger	Anlage 2 Seite 1(2)
	Bestimmung der Nullpunktkorrektur - Ausgleichung mit Sollstrecken -	
Verm.-Stelle :	Datum : 07.03.2013	Prüf-Nr. : E005/13
Instrument : Leica TCRP1203	Beobachter :	Kiskemper
Instr.-Nr. : 219 317	Auswerter :	Dipl.-Ing.(FH) M. Kiskemper

1. Funktion der Nullpunktkorrektur

Ausgleichungsansatz: $k_0 = k_1 + k_2 \cdot S[\text{km}]$

Signifikanzniveau: $S = 0,95$

Quantil der t-Verteilung nach "Student" = 2,09 ($f = 20$; $p = 1 - \alpha/2 = 0,975$)

ausgegl. Koeffizienten:

$k_1 =$	0,5 mm	\pm	0,2	signifikant
$k_2 =$	-0,8 mm / km	\pm	0,4	signifikant

Nullpunktkorrektur: $k_0 = 0,5 \text{ mm} - 0,8 \text{ mm / km} \cdot S [\text{km}]$

2. Statistische Angaben

Anzahl der Beobachtungen (n) :	22
Anzahl der Unbekannten (u) :	2
Anzahl der Überbestimmungen (f = n - u) :	20
Standardabweichung der Gewichtseinheit (S ₀) :	0,17

3. Graphische Darstellung der Abweichung und der Nullpunktkorrektur

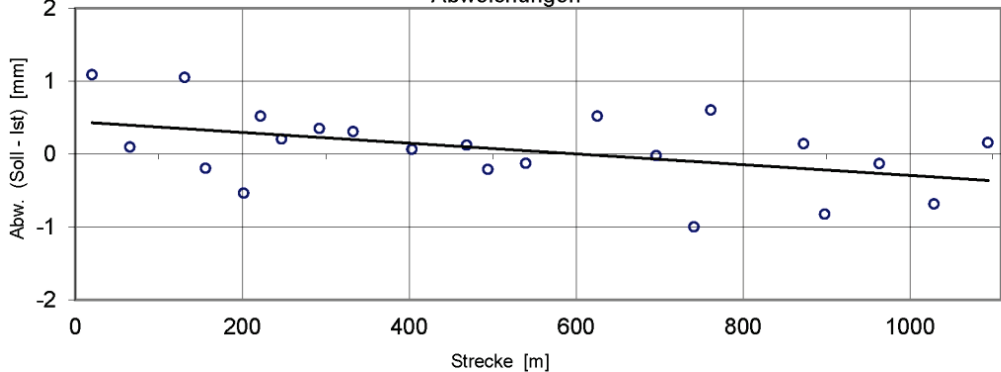
Die Abbildung stellt die Abweichungen der gemessenen und anschließend korrigierten und horizontalen Strecken gegenüber den Sollmaßen der Kalibrierstrecke 'Ganzkow' ("Soll - Ist") dar.

Die Abstände der Punkte von der Nulllinie entsprechen den Abweichungen vom Sollwert.


Die Ausgleichende Gerade ist die Funktion der Nullpunktkorrektur k_0 .


Die Abstände der einzelnen Punkte von der Regressionsgerade entsprechen den verbleibenden Restabweichungen.

Abweichungen



Strecke [m]	Abw. (Soll - Ist) [mm]
0	1,1
50	0,1
100	1,1
150	-0,2
200	-0,5
250	0,5
300	0,2
350	0,3
400	0,1
450	0,1
500	-0,2
550	-0,1
600	0,5
650	0,0
700	-1,0
750	0,6
800	0,1
850	-0,8
900	-0,1
950	-0,2
1000	-0,7
1050	0,1

		Hochschule Neubrandenburg Studiengang Vermessungswesen Brodaer Str. 2 17033 Neubrandenburg Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Heger				Anlage 2 Seite 2(2)			
		Bestimmung der Nullpunktkorrektion - Ausgleichung mit Sollstrecken -							
Verm.-Stelle :		Datum :		07.03.2013		Prüf-Nr. :		E005/13	
Instrument :		Leica TCRP1203		Beobachter :		Kiskemper			
Instr.-Nr. :		219 317		Auswerter :		Dipl.-Ing.(FH) M. Kiskemper			
4. Zusammenstellung der Messungen									
(1) von	(2) nach	(3) Sollstrecken *) reduziert auf Bezugshorizont [m]	(4) Messwerte korrigiert mit k_m hor. und reduz. auf Bezugshorizont [m]	(5) Abweichg. Sollstr. - Messwerte (3) - (4) [mm]	(6) Funktions- werte der Nullpunkt- korrektion [mm]	(7) Messwerte korrigiert mit k_m und k_0 (4) + (6) [m]	(8) Restab- weich- ungen (3) - (7) [mm]		
1	2	20,1871	20,1860	1,1	0,5	20,1865	0,6		
1	3	131,2067	131,2057	1,0	0,4	131,2060	0,7		
1	4	333,0514	333,0511	0,3	0,2	333,0513	0,1		
1	5	625,7042	625,7037	0,5	0,0	625,7036	0,6		
1	6	872,9422	872,9421	0,1	-0,2	872,9418	0,4		
1	7	1029,3783	1029,3790	-0,7	-0,4	1029,3786	-0,3		
1	8	1094,9866	1094,9864	0,2	-0,4	1094,9860	0,6		
3	4	201,8447	201,8452	-0,5	0,3	201,8456	-0,9		
3	5	494,4975	494,4977	-0,2	0,1	494,4978	-0,3		
3	6	741,7355	741,7365	-1,0	-0,1	741,7364	-0,9		
3	7	898,1716	898,1724	-0,8	-0,3	898,1722	-0,6		
3	8	963,7799	963,7800	-0,1	-0,3	963,7797	0,2		
4	5	292,6528	292,6525	0,3	0,2	292,6527	0,1		
4	6	539,8908	539,8909	-0,1	0,0	539,8910	-0,2		
4	7	696,3269	696,3269	0,0	-0,1	696,3268	0,1		
4	8	761,9352	761,9346	0,6	-0,1	761,9345	0,7		
5	6	247,2380	247,2378	0,2	0,3	247,2381	-0,1		
5	7	403,6741	403,6740	0,1	0,2	403,6742	-0,1		
5	8	469,2824	469,2823	0,1	0,1	469,2824	0,0		
6	7	156,4361	156,4363	-0,2	0,4	156,4367	-0,6		
6	8	222,0444	222,0439	0,5	0,3	222,0442	0,2		
7	8	65,6083	65,6082	0,1	0,4	65,6086	-0,3		
Betrag der größten Abweichung (Sp.5) :				1,1 mm		zulässig :			
Betrag der größten Restabweichung (Sp.8) :				0,9 mm		5,0 mm			
Mittelwert der Beträge der Restabweichungen (Sp.8) :				0,4 mm		3,0 mm			
5. Beurteilung / Anmerkungen									
*) Die Sollmaße der Kalibrierstrecke Ganzkow wurden am 08.08.2001 mit dem Mekometer ME5000, Ser.-Nr. 357 003 durch die Technische Universität München bestimmt. Die Sollstrecken werden jährlich mit dem Mekometer ME5000, Ser.-Nr. 357 064 der Hochschule Neubrandenburg überprüft und ggf. neu eingefügt, zuletzt am 08.09.2011.									

	Hochschule Neubrandenburg Studiengang Vermessungswesen Brodaer Str. 2 17033 Neubrandenburg Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Heger	Anlage 4 Seite 1(2)																																																
Bestimmung der Nullpunktkorrektur - Freie Ausgleichung ohne Sollstrecken -																																																		
Verm.-Stelle :	Datum : 07.03.2013	Prüf-Nr. : E005/13																																																
Instrument : Leica TCRP1203	Beobachter :	Kiskemper																																																
Instr.-Nr. : 219 317	Auswerter :	Dipl.-Ing.(FH) M. Kiskemper																																																
<p>1. Statistische Angaben</p> <p>Anzahl der Beobachtungen (n) : 22</p> <p>Anzahl der Unbekannten (u) : 8 , davon 7 Teilstrecken und</p> <p>Anzahl der Überbestimmungen (f = n - u) : 14 1 Nullpunktkorrektur</p> <p>Standardabweichung der Gewichtseinheit (S₀) : 0,1 mm</p> <p>Signifikanzniveau (S) : 0,95</p> <p>Quantil der t-Verteilung nach "Student" : 2,15 (f = 14 ; p = 1 - a/2 = 0,975)</p> <p>2. Berechnung der Unbekannten</p> <p>2.1 Nullpunktkorrektur</p> <p style="margin-left: 40px;">k₀ = 0,17 mm ± 0,10 nicht signifikant</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-left: 40px;">k₀ =</div> <p>2.2 Ausgegliche Teilstrecken</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>von</th> <th>nach</th> <th>Sollstrecke [m]</th> <th>Strecke [m]</th> <th>Stdabw. [mm]</th> <th>Verb. [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td><td>20,1871</td><td>20,1862</td><td>0,20</td><td>0,91</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>111,0196</td><td>111,0197</td><td>0,22</td><td>-0,14</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>201,8447</td><td>201,8454</td><td>0,13</td><td>-0,73</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>292,6528</td><td>292,6527</td><td>0,13</td><td>0,10</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>247,2380</td><td>247,2382</td><td>0,13</td><td>-0,19</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>156,4361</td><td>156,4362</td><td>0,13</td><td>-0,11</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>65,6083</td><td>65,6080</td><td>0,13</td><td>0,26</td></tr> </tbody> </table>			von	nach	Sollstrecke [m]	Strecke [m]	Stdabw. [mm]	Verb. [mm]	1	2	20,1871	20,1862	0,20	0,91	2	3	111,0196	111,0197	0,22	-0,14	3	4	201,8447	201,8454	0,13	-0,73	4	5	292,6528	292,6527	0,13	0,10	5	6	247,2380	247,2382	0,13	-0,19	6	7	156,4361	156,4362	0,13	-0,11	7	8	65,6083	65,6080	0,13	0,26
von	nach	Sollstrecke [m]	Strecke [m]	Stdabw. [mm]	Verb. [mm]																																													
1	2	20,1871	20,1862	0,20	0,91																																													
2	3	111,0196	111,0197	0,22	-0,14																																													
3	4	201,8447	201,8454	0,13	-0,73																																													
4	5	292,6528	292,6527	0,13	0,10																																													
5	6	247,2380	247,2382	0,13	-0,19																																													
6	7	156,4361	156,4362	0,13	-0,11																																													
7	8	65,6083	65,6080	0,13	0,26																																													

9.5 Konfigurationsdatei 'EDMKAL_ini.xml'

Die Konfigurationsdatei gliedert sich in zwei Abschnitte: In dem Ersten sind die Verzeichnisse festgelegt, in denen die Software nach Datendateien sucht oder in die als Standardverzeichnis für die Kalibrierprotokolle im Speichern-Dialog angeboten wird. Im zweiten Abschnitt sind die Parameter für das Frequenzmessprogramm festgelegt, die bisher in der Windows-Registry abgelegt wurden. Durch die Zusammenführung der Programme gibt es nur noch eine Stelle an der die Konfigurationsparameter abgelegt werden, nämlich in der Datei 'EDMKAL2012_ini.xml' im Programmverzeichnis.

```
<?xml version="1.0"?>
<EDMKAL_ini xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" ...
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <Directories>
    <PathEDMKAL>H:\EDMKAL2012</PathEDMKAL>
    <PathEDMKALData>H:\EDMKAL2012\Data</PathEDMKALData>
    <PathEDMKALDatabase>H:\EDMKAL2012\Database</PathEDMKALDatabase>
    <PathFrequencyControl>H:\EDMKAL2012</PathFrequencyControl>
    <PathExcelCalibrationReports>H:\EDMKAL2012\Reports</PathExcelCalibrationReports>
  </Directories>
  <ProjectDefaults>
    <Examiner>Dipl.-Ing. (FH) M.Kiskemper</Examiner>
    <Checknumber>E001-12</Checknumber>
    <DefaultAutoMeasureCount>20</DefaultAutoMeasureCount>
    <DefaultAutoMeasureTime>30000</DefaultAutoMeasureTime>
    <DefaultCalibrationMeasureCount>3</DefaultCalibrationMeasureCount>
    <DefaultCalibrationMeasureTime>11000</DefaultCalibrationMeasureTime>
    <Pressure>1013.25</Pressure>
    <Temperature>20</Temperature>
  </ProjectDefaults>
</EDMKAL_ini>
```

9.6 Beispiel der Sollstreckendatei

In der im folgenden abgebildeten Sollstreckendatei sind die Pfeilerabstände und –höhen, sowie die Laborstrecken und die Formel zur Horizontierung der gemessenen Schrägstrecken, gespeichert. Es handelt sich um eine XML-Datei.

```
<?xml version="1.0"?>
<Sollstrecken xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" ...
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <Pfeilerstrecken>
    <Datum>2011-09-08T10:36:08</Datum>
    <P12>20.1871</P12>
    <P23>111.0196</P23>
    <P34>201.8447</P34>
    <P45>292.6528</P45>
    <P56>247.238</P56>
    <P67>156.4361</P67>
    <P78>65.6083</P78>
    <P89>0</P89>
    <P90>0</P90>
    <H1>17.1546</H1>
    <H2>16.6473</H2>
    <H3>14.954</H3>
    <H4>13.6486</H4>
    <H5>11.5966</H5>
    <H6>10.7428</H6>
    <H7>10.1868</H7>
    <H8>10</H8>
    <H9>0</H9>
    <H10>0</H10>
  </Pfeilerstrecken>
  <Laborstrecken>
    <Strecke1>0</Strecke1>
    <Strecke2>0</Strecke2>
  </Laborstrecken>
  <Horizontierung>
    <Erdradius_m>6381000</Erdradius_m>
    <Formel>sqrt(S^2 - (HE - HA)^2)</Formel>
  </Horizontierung>
</Sollstrecken>
```

9.7 Beispiel einer Messwertdatei

Diese Datei kann komfortabel mit dem Programm 'Messwerteingabe' oder direkt im Auswerteprogramm 'EDMKAL2012' erzeugt und verändert werden. Die Daten werden in einer XML-Struktur abgelegt.

```
<?xml version="1.0"?>
<Kalibrierung xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" ...
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <Kopfdaten>
    <PruefNr>E027/12</PruefNr>
    <Datum>2012-09-12T13:04:57</Datum>
    <Zeit_Beginn>2012-07-04T09:20:00</Zeit_Beginn>
    <Zeit_Ende>2012-07-04T13:00:00</Zeit_Ende>
    <VermStelle>Verm.-Büro Mustermann</VermStelle>
    <Beobachter>Theo Dolit</Beobachter>
    <Wetter>bewölkt, leichter Wind</Wetter>
    <Bewoelkung>4/8</Bewoelkung>
  </Kopfdaten>
  <Instrument>
    <Hersteller>Leica</Hersteller>
    <Serie>TPS1200</Serie>
    <Bezeichnung>TCRP1202</Bezeichnung>
    <Nr>218 460</Nr>
    <Genauigkeit_mm>1</Genauigkeit_mm>
    <Genauigkeit_ppm>1.5</Genauigkeit_ppm>
    <Frequenz_ppm>0.7</Frequenz_ppm>
    <Hoehe_m>0.239</Hoehe_m>
    <Prismenkonst_eingestellt>-34.4</Prismenkonst_eingestellt>
    <horizontieren>false</horizontieren>
    <atmosphaerisch_korrigieren>false</atmosphaerisch_korrigieren>
    <Temp_eingestellt>14.4</Temp_eingestellt>
    <Druck_eingestellt>1002.6</Druck_eingestellt>
    <relFeuchte_eingestellt>60</relFeuchte_eingestellt>
  </Instrument>
  <Reflektor>
    <Typ>KTR1N</Typ>
    <Hoehe_m>0.213</Hoehe_m>
    <Konstante>-35</Konstante>
  </Reflektor>
```

```
<Laborstrecken>
  <Strecke1>5.4587</Strecke1>
  <Strecke2>20.9652</Strecke2>
</Laborstrecken>
<Messdaten>
  <Messung>
    <von>1</von>
    <nach>2</nach>
    <Temp_Stdpkt>14.4</Temp_Stdpkt>
    <Temp_Zielpkt>15.4</Temp_Zielpkt>
    <Druck_Stdpkt>1002.6</Druck_Stdpkt>
    <Druck_Zielpkt>1002.6</Druck_Zielpkt>
    <Strecke1>20.188</Strecke1>
    <Strecke2>20.188</Strecke2>
    <Strecke3>20.188</Strecke3>
    <Strecke4>20.188</Strecke4>
    <Strecke5>20.188</Strecke5>
    <verwenden>true</verwenden>
  </Messung>
  <Messung>
    <von>1</von>
    <nach>3</nach>
    <Temp_Stdpkt>14.4</Temp_Stdpkt>
    <Temp_Zielpkt>15.3</Temp_Zielpkt>
    <Druck_Stdpkt>1002.6</Druck_Stdpkt>
    <Druck_Zielpkt>1002.6</Druck_Zielpkt>
    <Strecke1>131.207</Strecke1>
    <Strecke2>131.207</Strecke2>
    <Strecke3>131.207</Strecke3>
    <Strecke4>131.207</Strecke4>
    <Strecke5>131.207</Strecke5>
    <verwenden>true</verwenden>
  </Messung>
  .
  .
  .
```

```
.  
.   
.   
  
<Messung>  
  <von>7</von>  
  <nach>8</nach>  
  <Temp_Stdpkt>14.9</Temp_Stdpkt>  
  <Temp_Zielpkt>14.9</Temp_Zielpkt>  
  <Druck_Stdpkt>1003.8</Druck_Stdpkt>  
  <Druck_Zielpkt>1003.8</Druck_Zielpkt>  
  <Strecke1>65.61</Strecke1>  
  <Strecke2>65.61</Strecke2>  
  <Strecke3>65.61</Strecke3>  
  <Strecke4>65.61</Strecke4>  
  <Strecke5>65.61</Strecke5>  
  <verwenden>true</verwenden>  
</Messung>  
</Messdaten>  
</Kalibrierung>
```


9.8 Musterauswertung ERICH-online

Bezirksregierung Köln
GEObasis.nrw



Kalibrierprotokoll
Elektrooptischer Distanzmessgeräte

03-Mai-2013

Zeiss Elta C30 Nr. 123456

Auswertung von Kalibriermessungen elektrooptischer Distanzmessgeräte

EDM-Instrument:	Zeiss Elta C30	Nr:	123456
Reflektor:	GPH 1	Messdatum:	15.06.2009
Kalibrierlinie:	D'dorf, Hammer Deich	Beobachter:	Meier
Verm.-Stelle:	Mustermann, Mettmann	Auswarter:	Schmitz
Wetter:	Bedeckt, 19° C	Auswertedatum:	03.05.2013
Auswerteprogramm:	ERICH online	Version:	1.1.10

Allgemeine Daten

Anz. Kalibrierstreckenpunkte / Gemessen	:	7 / 7
Modellansatz	:	Rüeger
Mess-Modus	:	Kalibrierstrecke
Feinmaßstab l_0 [m]	:	3.00
Trägerwellenlänge λ [μm]	:	0.8500
Bezugsbrechungszahl n_0	:	282.57

Frequenzprüfung

Frequenzmessplatz :
 Messdatum :
 Frequenzkorrektion k_f : ppm

Mess-Schieneauswertung

Mess-Schiene :
 Messdatum :
 k11: mm
 k12: mm
 k21: mm
 k22: mm

Sollstrecken [m]

1 - 2	20.0091
1 - 3	70.0024
1 - 4	180.0059
1 - 5	319.9953
1 - 6	400.0017
1 - 7	710.0057

Höhen NHN [m]

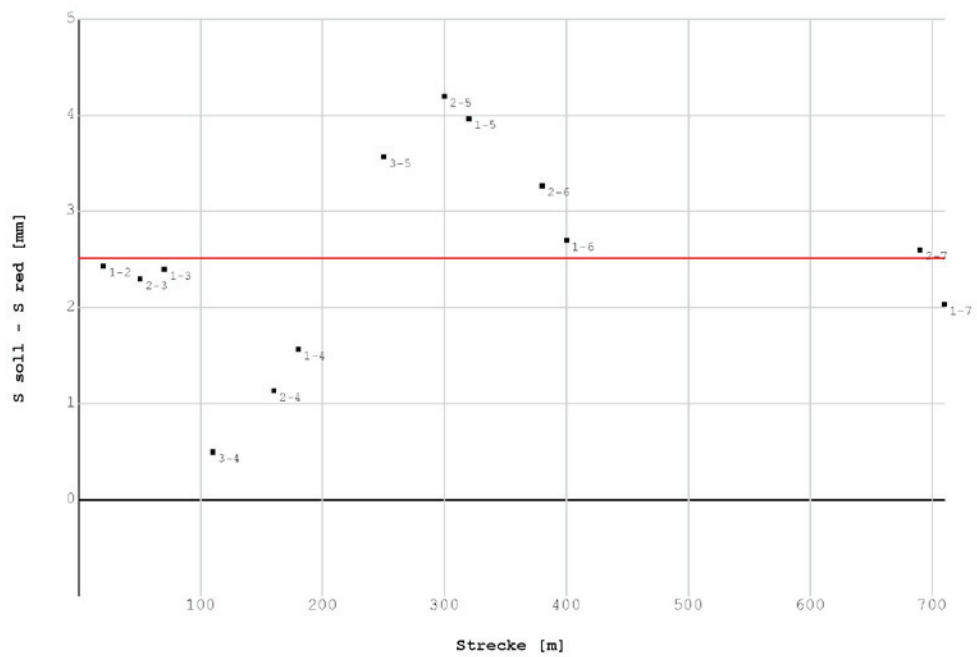
1	39.547
2	39.541
3	39.493
4	39.402
5	39.333
6	39.302
7	39.251



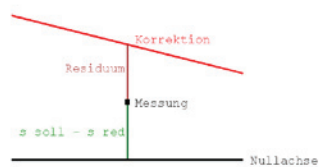
● = angemessen ○ = nicht angemessen

Auswertung von Kalibriermessungen elektrooptischer Distanzmessgeräte

EDM-Instrument: Zeiss Elta C30 Nr: 123456
Reflektor: GPH 1 Messdatum: 15.06.2009

Graphische Darstellung der Nullpunkt- und Maßstabskorrektur

Erläuterung:



EDM - Kalibrierzertifikat

für Arbeiten im amtlichen Vermessungswesen NRW

Vermessungsstelle	Mustermann, Mettmann
Instrument	Zeiss Elta C30
Seriennummer	123456
Reflektor	GPH 1

Kalibriereinrichtungen

Kalibrierstrecke	D'dorf, Hammer Deich	Länge	710 m	Messbereich	20-710 m
		Gemessen	15.06.2009	Gültig bis	15.06.2010
Frequenzmessplatz		Gemessen		Gültig bis	
Mess-Schiene		Gemessen		Gültig bis	

Berechnungsparameter

Feinmaßstab l_0		3.00 m
Trägerwellenlänge λ		0.8500 μm
Aktuelle Bezugsatmosphäre n_0		282.57
Fourierkoeffizienten	k_{11}	mm
	k_{12}	mm
	k_{21}	mm
	k_{22}	mm

Ergebnisse der Kalibrierung

Nullpunktkorrektur k_{10}	2.5 mm
Maßstabskorrektur k_{20}	0.0 ppm
Standardabweichung s_0	1.1 mm
Restfehler Res_{\max}	2.0 mm

Bemerkungen

Das Instrument ist für Arbeiten im VP-Feld oder vergleichbare Messungen geeignet
 Messmodus: meteorologisch korrigierte Horizontalstrecken

Auswertung online am 03.05.2013
 mit
 Programm ERICH



GEObasis.nrw
 der Bezirksregierung Köln
 Dezernat 71
 Muffendorfer Straße 19-21
 53177 Bonn