

Hochschule Neubrandenburg

Studiengang Vermessungswesen

Präzisionsnivellement

Dokumentation des Motorisierten Nivellements

Film über das Motorisierte Nivellement

Bachelorarbeit

vorgelegt von: Felix Möbius

Zum Erlangen des akademischen Grades

„Bachelor of Engineering“ (B.Eng.)

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schlosser

Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Heger

Bearbeitungszeitraum: 05.07.2011 – 05.09.2011

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis 2011-0075-3

Kurzfassung

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde ein Lehrfilm über das Motorisierte Präzisionsnivellement erstellt. Dieser Film soll künftig zu Lehrzwecken an der Hochschule Neubrandenburg-University of Applied Sciences genutzt werden. Er ist in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für innere Verwaltung Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen in Schwerin entstanden und zeigt den aktuellen Stand der Technik, in Bezug auf die verwendete Ausrüstung und Durchführung des Motorisierten Präzisionsnivellements in Mecklenburg-Vorpommern.

Abstract

Within the scope of this bachelor thesis a film about the motorized precision leveling has been created. This film should in future be used for teaching purposes at the University of Applied Sciences in Neubrandenburg. It was created in cooperation with the State Office of Internal Administration Bureau geographic information, surveying and cadastre in Schwerin and shows the current state of the art, in regard of the use of motorized equipment and conduct precision leveling in Mecklenburg-Vorpommern.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	5
2. Grundlagen	6
2.1 Höhen und Höhenbezugsflächen	6
2.2 Höhensysteme.....	10
2.3 Verfahren der Höhenmessung	12
2.4 Erneuerung des DHHN 2006-2011	20
3. Das Motorisierten Nivellement	22
3.1 Vorbemerkungen	22
3.2 Messungsausrüstung	23
3.2.1 Instrumentenfahrzeug	24
3.2.2 Lattenfahrzeug	30
3.2.3 Schilderfahrzeug	36
3.2.4 Sicherungsfahrzeug mit Sicherungsanhänger	38
3.2.5 Zubehör des Motorisierten Präzisionsnivellements	39
3.3 Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit.....	43
3.4 Messungsdurchführung	44
3.4.1 Vorbereitung der Messung.....	45
3.4.2 Durchführung der Messung	46
3.5 Auswertung der Messdaten	48
4. Film über das Motorisierte Nivellement	50
4.1 Vorbereitung.....	50
4.2 Aufnahme des Materials.....	50
4.3 Umsetzung.....	52
4.4 Ergebnis	53
5. Anhang	55
5.1 Literaturverzeichnis	55

5.2 Abbildungsverzeichnis	56
5.3 Regieübersicht	58
5.4 Modifizierter Regelplan.....	59
5.5 Danksagung	60
5.6 Eidesstattliche Erklärung.....	61
5.7 DVD.....	61

1. Einführung

Im Bereich des Vermessungswesens spielen Höhen eine wichtige Rolle. Höhenangaben werden heutzutage als Grundlage für viele vermessungstechnische Arbeiten benötigt. Hierbei ist die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Höhenangaben von großer Bedeutung. Um diese zu gewährleisten werden modernste Messverfahren und Geräte eingesetzt.

Das Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern (LAIV), Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen (AfGVK) beschäftigt sich unter anderem mit der Realisierung des Geodätischen Raumbezugs. Der Begriff des Geodätischen Raumbezugs ist im Gesetz über das amtliche Geoinformations- und Vermessungswesen (Geoinformations- und Vermessungsgesetz-GeoVermG M-V) vom 16. Dezember 2010 definiert. Zur Herstellung des Geodätischen Raumbezugs ist es notwendig, Festpunktfelder der Lage, Höhe und Schwere, welche als Grundlage für alle Vermessungsarbeiten dienen und gleichmäßig über die Landesfläche Mecklenburg-Vorpommerns verteilt sind, anzulegen und zu erhalten sowie die Daten der Festpunkte in amtlichen Nachweisen zu führen und bereitzustellen.

Die flächendeckende Erneuerung der Höhennetze, welche durch Höhenfestpunkte (HFP) realisiert werden, wird in M-V mit Hilfe des Motorisierten Präzisionsnivelements durchgeführt.

Das Motorisierte Nivellement (MotNiv) wurde in den 70er Jahren an der Technischen Universität Dresden unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Horst Peschel entwickelt und unter anderem in der DDR bei Messungen des Staatlichen Nivellementsnetzes 1976 (SNN 76) (Kapitel 2.2) eingesetzt. Im Laufe der Zeit änderte sich zwar nicht das Grundprinzip des Motorisierten Nivellements, jedoch gab es eine Reihe von technischen Neuerungen, welche sich beispielsweise positiv auf die Arbeitsdauer sowie die Sicherheit und Belastung des Personals auswirkten.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, in Zusammenarbeit mit dem LAiV, AfGVK in Schwerin, einen Film über das Motorisierte Nivellement in M-V zu erstellen. Hierbei soll zunächst auf die Grundlagen der Höhenbestimmung eingegangen werden. Weiterhin sollen die aktuelle Ausrüstung des Motorisierten- sowie des Teilmotorisierten Nivellements und dessen Durchführung dokumentiert werden. Dieser Film soll später zu Lehrzwecken genutzt werden.

In den folgenden Kapiteln werden zunächst einige Grundlagen geklärt. Weiterhin wird das Motorisierte Nivellement beschrieben und die Erstellung des Lehrfilms dokumentiert.

2. Grundlagen

2.1 Höhen und Höhenbezugsflächen

Unter der Höhe eines Punktes versteht man allgemein seinen lotrechten Abstand von einer Bezugsfläche, d.h. die Länge der Lotlinie zwischen Höhenbezugsfläche und dem Punkt.

Für Messungen mit hoher Genauigkeit muss die Schwere berücksichtigt werden. Schwereänderungen wirken sich unterschiedlich stark bei allen Messungen aus, besonders bei Höhenmessungen, da sie für Lotrichtungs- und Niveauflächenänderungen verantwortlich sind.

Die Schwerebeschleunigung ist die Resultierende aus der Gravitationsbeschleunigung und der Zentrifugalbeschleunigung. Unter der Gravitationsbeschleunigung versteht man die Anziehungskraft der Erde. Sie nimmt mit zunehmendem Abstand von der felderzeugenden Masse ab. Die Zentrifugalbeschleunigung beruht auf der Erdrotation und nimmt mit dem Abstand von der Erdrotationsachse zu. Die Richtung der Gravitationsbeschleunigung wird als Lotrichtung bezeichnet. Sie ist die Normale zur Niveaufläche in einem Punkt an. Auf Grund der Tatsache, dass die Zentrifugalbeschleunigung mit zunehmender Breite größer wird, ist die Schwerebeschleunigung an den Polen größer als am Äquator. Weiterhin verlaufen Lotlinien nicht parallel. Entlang der Lotlinien wirken zudem unterschiedliche Schwerebeschleunigungen, was eine Krümmung der Lotlinie zur Folge hat. Aus diesem Grund können unterschiedliche Wege der Höhenbestimmung vom Punkt P_0 zum Punkt P_2 (s. Abb.1) zu unterschiedlichen Höhendifferenzen führen.

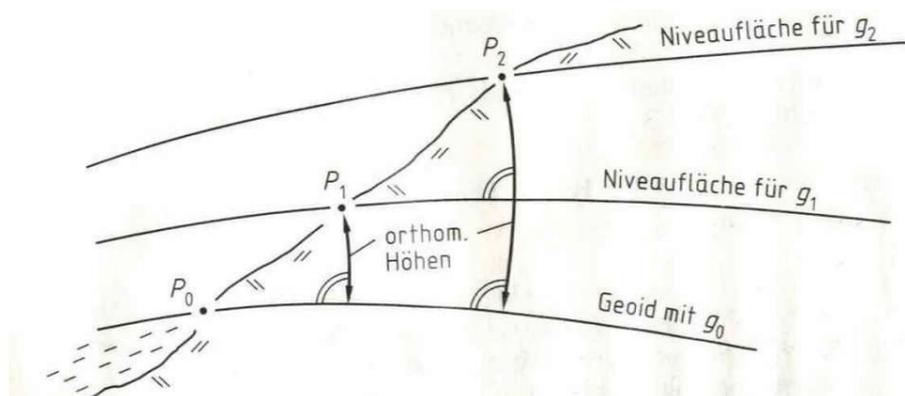


Abbildung 1: Schwerebeschleunigungen, Niveauflächen und Höhen

Höhenmessungen beziehen sich auf das Geoid. Das Geoid ist eine Niveaulfläche, dessen Oberfläche mit der ungestörten mittleren Meeresoberfläche zusammenfällt. Niveaulflächen liegen immer senkrecht zur Lotrichtung. Sie werden auch als Äquipotentialflächen bezeichnet. Allgemein können sie mit ruhenden Flüssigkeitsoberflächen verglichen werden. Unterschiedliche Niveaulflächen können sich nicht schneiden, da ein Punkt nur einen Potentialwert besitzen kann. Äquipotentialflächen sind kontinuierlich in sich geschlossene kugelartige (sphäroidische) Flächen, in denen alle Punkte das gleiche Schwerepotential besitzen, nicht aber die gleiche Schwere. Aufgrund der Erdrotation und lokaler Unregelmäßigkeiten im Massenaufbau der Erde verlaufen Äquipotentialflächen nicht parallel.

Um eindeutig vergleichbare Höhen zu erhalten, muss einerseits eine Höhenniveaulfläche definiert werden und andererseits müssen an die gemessenen Höhenunterschiede Korrekturen, in Abhängigkeit von der Schwerebeschleunigung, angebracht werden. (s. Kapitel 3.5) Die obigen Ausführungen wurden unter Anlehnung an [1], [2] und [3] verfasst.

Folgende Höhen werden unterschieden:

Orthometrische Höhe. Unter der orthometrischen Höhe H_0 versteht man die Länge der gekrümmten Lotlinie zwischen dem Geoid und einem Punkt. Sie zählt zu den physikalisch metrischen Höhen und wird als Höhe über Normalnull (NN) bezeichnet. Man erhält sie aus der geopotentiellen Kote C_P und dem mittleren Schwerewert g entlang der Lotlinie.

$$H_0 = \frac{C_P}{g} \quad (1)$$

Normalorthometrische Höhe. Die normalorthometrische Höhe wird auch als sphäroidische Höhe bezeichnet. Sie ist definiert als der Abstand eines Punktes von der Höhenbezugsfläche eines Höhenbezugssystems bei dem die Normalorthometrische Reduktion an den korrigierten Höhenunterschieden angebracht ist. In der amtlichen Bezeichnung werden normalorthometrische Höhen auch als Höhen über NN bezeichnet. Als noch keine gemessenen Schwerewerte zur Verfügung standen, wurden normalorthometrische Höhen als Näherungshöhen für die orthometrischen Höhen verwendet. Sie sind somit keine reinen physikalischen Höhen, sondern nur als Näherung hierfür zu verstehen. Die Berechnung der normalorthometrischen Höhen erfolgt unter Betrachtung des Schwerefeldes eines Niveauellipsoids. Ein Niveauellipsoid ist ein Erdmodell, welches die Eigenschaft besitzt, die Figur der Erde sowie das Schwerefeld global anzunähern. Die Unterschiede zwischen Geoid und Niveauellipsoid sind dabei sehr gering.

Normalhöhe. Der Abstand eines Punktes vom Quasigeoid wird als Normalhöhe bezeichnet. Normalhöhen werden als Höhen über HN (Höhen über Null) bezeichnet und sind eine Variante der physikalisch definierten metrischen Höhen. Die Bestimmung der Normalhöhen erfolgt nach der Theorie des russischen Professors Michail Sergejewitsch Molodenski. Er entwickelte ein geophysikalisches Modell der Schwereverteilung. Hierbei werden längs der Lotlinie Normalschwerewerte verwendet und für einen Messpunkt wird nur noch die Schwerebeschleunigung an der Oberfläche ermittelt. Weiterhin wird die Erde als Rotationsellipsoid mit bekannter Dimension sowie homogener Massenverteilung und bekannter Erdrotation betrachtet. Ein Rotationsellipsoid ist ein Referenzellipsoid, welches sich einem bestimmten Teil des Geoids maximal gut anpasst. Trägt man die Normalhöhen entlang der Lotlinie des Normalschwerfeldes vom Oberflächenpunkt P vorzeichengerecht in Richtung Erdmitte ab, so gelangt man zum Quasigeoid. Das Quasigeoid stellt eine mathematische Höhenbezugsfläche dar, welche abhängig von der Topografie und der Inhomogenität des Schwerfeldes bis auf wenige Dezimeter mit dem Geoid übereinstimmt. Die Oberflächen des Geoids und des Quasigeoids fallen auf den Meeren zusammen. Aus diesem Grund sind die Normalhöhenreduktionen auf den Ozeanen gleich Null. Die Normalhöhenkorrektion dient dazu, die Ergebnisse des geometrischen Nivellements in Normalhöhenunterschiede umzurechnen. Anstelle der mittleren Schwere wird hierbei die hypothesenfreie mittlere Normalschwere verwendet (s. Abb.2).

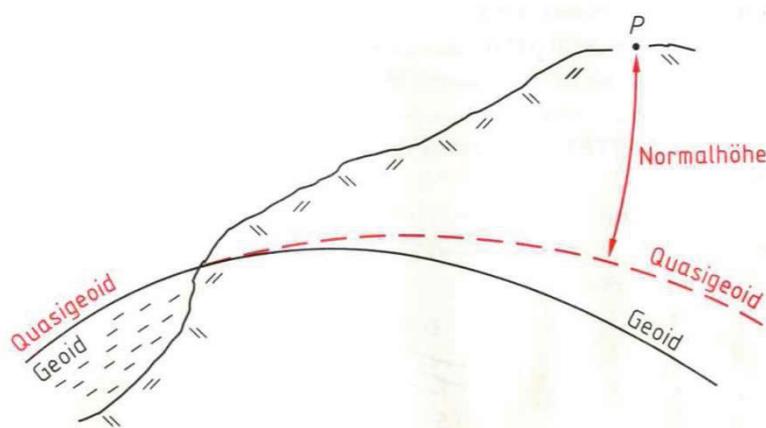


Abbildung 2: Quasigeoid und Normalhöhe

Ellipsoidische Höhe. Die ellipsoidische Höhe ist die Länge der Ellipsoidnormalen zwischen einem Raumpunkt und der Oberfläche des verwendeten Referenzellipsoids. Sie zählen zu den geometrischen Höhen, da die unterschiedlichen Schwereverteilungen hierbei nicht berücksichtigt werden. Ellipsoidische Höhen werden beispielsweise bei GPS-Messungen ermittelt. Die

Umrechnung in eine physikalische Höhe, wie beispielsweise die Normalhöhe, ist möglich. Die Abweichung zwischen ellipsoidischer Höhe und Normalhöhe wird als Höhenanomalie oder Quasigeoidhöhe bezeichnet. Sie beträgt in Deutschland zwischen 36m und 50m (s. Abb.3).

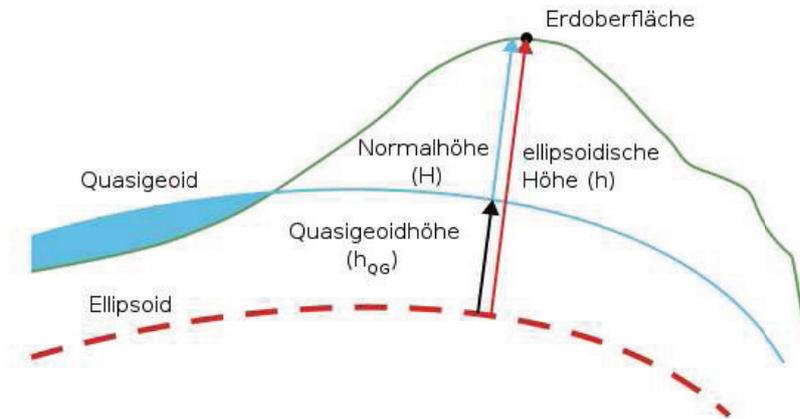


Abbildung 3: Normalhöhe, Quasigeoid und Höhenanomalie

Geopotentielle Kote. Als geopotentielle Kote C_P bezeichnet man die ideale physikalische Höhe. Sie ist die Differenz des Schwerepotentials eines Punktes P im Schwerefeld der Erde mit dem Potentialwert W_P , bezogen auf eine Äquipotentialfläche mit dem Potentialwert W_0 . Die Angabe geopotentieller Koten erfolgt als Potentialdifferenz in Potentialeinheiten gpu .

$$C_P = W_0 - W_P \quad (2)$$

Die Bestimmung der geopotentiellen Kote des Punktes P , ausgehend von einem beliebigen Punkt P_0 auf der Äquipotentialfläche W_0 erfolgt mittels geodätischem Nivellement. Der Höhenbezugspunkt P_0 liegt in der Regel auf dem Geoid. Geopotentielle (s. Abb.4).

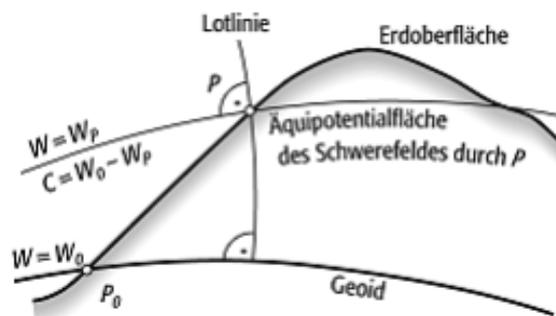


Abbildung 4: geopotentielle Kote eines Punktes P

Dynamische Höhe. Die dynamische Höhe H_{dyn} zählt zu den physikalisch definierten metrischen Höhen. Sie ist definiert als die geopotentielle Kote C_P eines Punktes P, die mittels eines frei gewählten Schwerewertes γ_0 in Längeneinheiten umgerechnet wird. In der Regel verwendet man für die Berechnung von γ_0 die ellipsoidische Breite $B=45^\circ$ in einem Normalschwerfeld.

$$H_{dyn} = \frac{C_P}{\gamma_0} \quad (3)$$

Die obigen Ausführungen wurden unter Anlehnung an [1], [3] und [4] verfasst.

2.2 Höhensysteme

Höhensysteme oder auch Höhenbezugssysteme sind allgemein definiert als geodätische Bezugssysteme zur mathematischen Beschreibung der Lage von Punkten im dreidimensionalen Raum, bezogen auf eine zweidimensionale Höhenbezugsfläche. Höhenbezugssysteme werden durch Höhenfestpunktfelder realisiert.

Im Laufe der Zeit wurden in Deutschland folgende Höhensysteme definiert:

Höhen im System 1912. Seit 1879 bezogen sich in Deutschland die Höhen auf die Höhenbezugsfläche Normal Null (NN). Im Zuge der Königlich Preußischen Landesaufnahme sollte ein möglichst unveränderlicher Nullpunkt festgelegt werden. 1875 erfolgte die Festlegung des Nullpunktes, mit der Bezeichnung „Normal Null“ (N.N.), im Niveau des Amsterdamer Pegels. Realisiert wurde dieser Punkt durch einen Normalhöhenpunkt (NHP) an der Königlichen Sternwarte in Berlin, welcher 37,00m über NN lag. Höhen in diesem System werden „Höhen über Normal Null“ (NN-Höhen) genannt. Sie werden auch als NN-Höhen im Alten System bezeichnet, da damals noch keine Schwerereduktion angebracht wurde. 1912 wurde der NHP nach Berlin-Hoppegarten verlegt. Hierbei wurde das Nivellementsnetz, unter Berücksichtigung von Normalschwerewerten, neu berechnet. Die neu berechneten Normalorthometrischen Höhen im System NN 1912, werden auch als NN-Höhen im Neuen System bezeichnet. Heutzutage wird dieses Netz als Deutsches Haupthöhennetz 1912 (DHHN 12) bezeichnet.

Nivellementsnetz 1960. Auf der Grundlage des DHHN 12 erfolgten in den Jahren 1927 bis 1962 verschiedene Höhenmessungen der Landesvermessungsämter. Die Messungen wurden auf Grundlage einheitlicher Messungsvorschriften und Fehlergrenzen, welche durch die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) bekannt gegeben wurden, durchgeführt. Nach der Ausgleichung der Messwerte entstand

das Nivellementsnetz von 1960. Hierbei wurden an die Rohhöhenunterschiede der NN-Höhen normalorthometrische Reduktionen angebracht. Die Höhen wurden jedoch nur wissenschaftlich genutzt und nicht als amtliche Höhen der Landesvermessung eingeführt.

DHHN 85. Das Deutsche Haupthöhennetz von 1985 (DHHN 85) entstand durch Wiederholungsmessungen des DHHN 12 in den Jahren 1980 bis 1985. Es wurden ebenfalls Schweremessungen entlang der Nivellementslinien vorgenommen. Die Höhen des DHHN 85 werden als Normalorthometrische Höhen bezeichnet, da an die Rohhöhenunterschiede der NN-Höhen normalorthometrische Reduktionen angebracht wurden. Das DHHN 85 wurde an den Nivellementspunkt in Wallenhorst angeschlossen. Der Bezug zum Amsterdamer Pegel blieb bestehen, da die Höhe des Nivellementspunktes in Wallenhorst aus dem Jahr 1928 zum Normalhöhenpunkt der damaligen BRD ernannt wurde.

SNN 56. Als SNN 56 wird das Staatliche Nivellementsnetz von 1956 bezeichnet. Es ist das Höhennetz auf dem Gebiet der DDR und wurde in den Jahren 1954 bis 1956 geschaffen. Zur Berechnung der Höhen wurde das System der Normalhöhen, nach der Theorie von Molodenski, mit dem Quasigeoid als Bezugsfläche verwendet. Nullpunkt des Höhensystems ist der Kronstädter Pegel. Die hierauf bezogenen Höhen werden als Höhen über Höhen-Null, Höhen über HN 56 bezeichnet.

SNN 76. Das SNN 56 wurde in den Jahren von 1974 bis 1976 neu beobachtet und neu ausgeglichen. Es entstand das Staatliche Nivellementsnetz von 1976 (SNN 76). Höhen des SNN 76 werden als Höhen über HN 76 bezeichnet und beziehen sich ebenfalls auf den Pegel von Kronstadt. Bis 1990 wurde das SNN 76 als amtliches Höhensystem der DDR verwendet.

DHHN 92. Im Zuge der Wiedervereinigung Deutschlands 1990 war es nötig, die beiden unterschiedlichen Höhensysteme in Ost und West zusammenzuführen. In den alten Bundesländern lagen normalorthometrische Höhen vor, welche sich auf das Niveau des Amsterdamer Pegels beziehen. Auf dem Gebiet der DDR wurden Normalhöhen über HN 76 nach der Theorie von Molodenski verwendet, welche sich auf das Niveau des Kronstädter Pegels beziehen. Zwischen beiden Systemen besteht eine Differenz von etwa 15cm. Aus diesem Grund beschloss die AdV, 1993 das Deutsche Haupthöhennetz (DHHN 92) einzuführen. Grundlage für dieses Netz sind das SNN 76 und das DHHN 85 sowie Verbindungsmessungen zwischen beiden Netzen. Die Höhen der Punkte werden als Normalhöhen nach der Theorie von Molodenski angegeben. Die Bezugsfläche ist das Quasigeoid unter Verwendung der Normalschwere und der Koordinaten bezogen auf das Ellipsoid des Geodetic Reference System von 1980 (GRS 80).

Bezugspegel ist der Nullpunkt des ehemaligen Pegels in Amsterdam. Aus diesem Grund ändert sich der Betrag der bisherigen normalorthometrischen westdeutschen NN-Höhen, da diese in Normalhöhen umgerechnet werden müssen. Die Normalhöhen der DDR ändern sich ebenfalls vom Betrag her, da sie sich auf die geopotentielle Kote Wallenhorst beziehen. Die Höhen des DHHN 92 werden als Höhen über Normalhöhennull (NHN) bezeichnet. Die Auswertung des DHHN 92 erfolgte als zwangsfreie Ausgleichung der geopotentiellen Kotenunterschiede der verwendeten Nivellementslinien unter Festhalten des Knotenpunktes des UELN (United European Levelling Network) an der neuen Alexanderkirche in Wallenhorst, welcher als fehlerfrei angenommen wurde. Das DHHN 92 ist durch diese Form der Datumsfestlegung im selben Bezugsniveau bestimmt wie die gesamteuropäischen Nivellementsnetze. Die obigen Ausführungen wurden unter Anlehnung an [1] und [4] verfasst.

2.3 Verfahren der Höhenmessung

Allgemein wird durch die Höhenmessung der Höhenunterschied Δh zwischen zwei Punkten bestimmt. Mit Hilfe der absoluten Höhe H_A eines Punktes A und dem Höhenunterschied Δh zwischen den Punkten A und B ist es möglich, die absolute Höhe H_B des Punktes B zu berechnen (s. Abb.5).

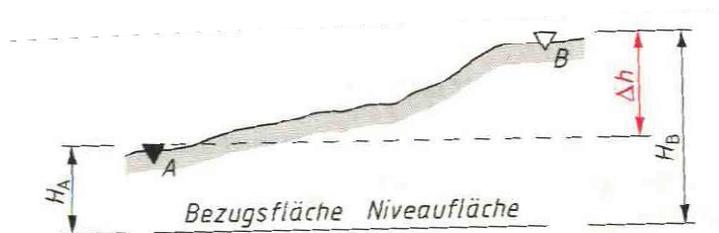


Abbildung 5: Bezugsfläche/ Niveaufläche, absolute Höhe, Höhenunterschied

$$H_B = H_A + \Delta h \quad (4)$$

Folgende Verfahren der Höhenmessung werden unterschieden:

Hydrostatische Höhenübertragung. Die hydrostatische Höhenmessung basiert auf dem physikalischen Prinzip der kommunizierenden Röhren und wird mittels Kanal- oder Schlauchwaage ausgeführt. Eine Schlauchwaage besteht aus zwei Glasröhren, welche mit einem wassergefüllten Schlauch verbunden sind. Die Höhendifferenz zwischen zwei Punkten wird durch Ablesen der Skalen a_1 und a_2 auf den Glaszylindern ermittelt. Hierbei ergibt die Differenz der Flüssigkeitsstände den Höhenunterschied Δh (s. Abb.6).

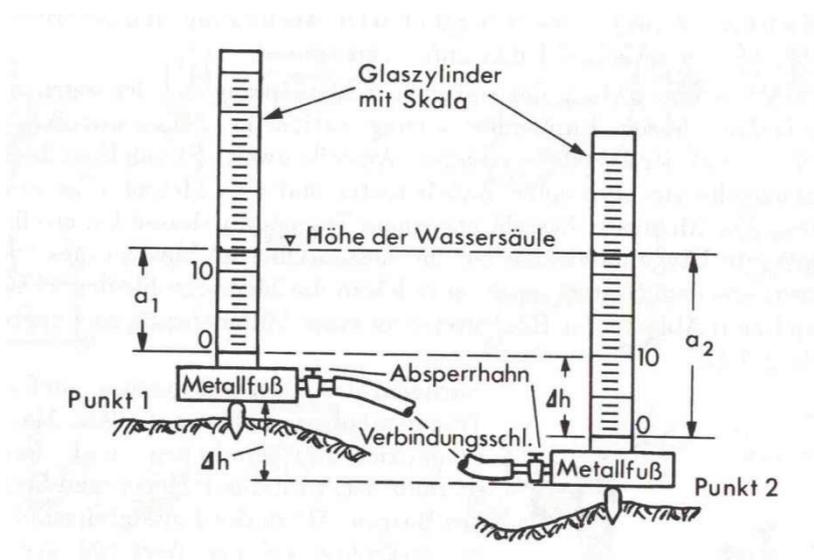


Abbildung 6: Hydrostatische Höhenübertragung

$$\Delta h = a_1 - a_2 \quad (5)$$

Die hydrostatische Höhenübertragung ist ein sehr genaues Verfahren der Höhenmessung. Die Genauigkeit der einfachen Schlauchwaage liegt unter 0,1mm. Sie lässt sich aber durch den Einsatz von Präzisionsschlauchwaagen und durch Anwendung besonderer Messverfahren bis auf 0,01mm steigern. Anwendung findet dieses Verfahren z.B. in der Ingenieurvermessung zur Überwachung von Bauwerken oder bei der Höhenmessung unter besonderen Verhältnissen, wenn beispielsweise keine Sichtverbindung zwischen den Punkten besteht. Hierbei kann der Schlauch einfach um die Hindernisse herum verlegt werden.

Barometrische Höhenübertragung. Grundlage der barometrischen Höhenmessung ist die Bestimmung des Luftdrucks in verschiedenen Schichten der Atmosphäre. Wichtigste physikalische Regel hierbei ist, dass der Luftdruck mit zunehmender Höhe abnimmt. Die

Messung erfolgt mit Barometern. Als Messverfahren kommen das Step-, Sprung- oder das Parallelverfahren zum Einsatz. Die Höhenunterschiede werden aus den Druckdifferenzen der Messstationen abgeleitet. Der Luftdruck p_0 in Meereshöhe $H_0=0$ entspricht etwa dem Druck einer 760mm hohen Quecksilbersäule. Auf Höhe des Meeresniveaus nimmt der Druck mit zunehmender Höhe um etwa 1Torr (1mm_{Hg}) auf 10m Höhenunterschied ab. Dieser Zusammenhang ergibt sich aus den Gesetzen von Mariotte und Gay-Lussac (s. Abb. 7).

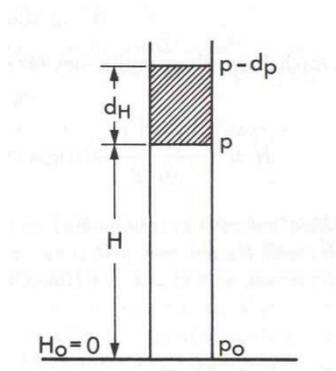


Abbildung 7: Differentielle Druckänderung einer Luftsäule

Der in der Höhe H auftretende Druck p verringert sich bei einem differentiellen Anstieg d_H um den differentiellen Betrag d_p . Der Druckunterschied d_p ergibt sich hierbei durch Multiplikation der Masse m des Luftsäulenteils mit der Schwerebeschleunigung g .

$$m = p * d_H \quad (6)$$

$$d_p = -g * m \quad (7)$$

Anwendung findet das Verfahren der barometrischen Höhenübertragung beispielsweise in Ländern, die keine ausreichenden Höhenfestpunkte aufweisen. Die Genauigkeit des Verfahrens von etwa 1dm genügt hierbei, um z.B. grobe Höhenangaben zur Kartenherstellung zu bekommen.

Trigonometrische Höhenübertragung. Bei der Trigonometrischen Höhenmessung wird der Höhenunterschied Δh zwischen zwei Punkten A und B mit Hilfe des Höhenwinkels α bzw. dem Zenitwinkel z und der Horizontalstrecke e bestimmt. Mittels Theodolit oder Tachymeter werden die Vertikalwinkel, d.h. der Zenitwinkel z oder der Höhenwinkel α bestimmt. Weiterhin werden die Horizontalstrecke e bzw. die Schrägstrecke d bestimmt. Außerdem werden die Instrumentenhöhe i und die Zieltafelhöhe t gemessen. Die Instrumentenhöhe ist die Höhe der

Kippachse des verwendeten Gerätes über dem Punkt A. Die Zieltafelhöhe ist die Höhe der Zieltafel über dem Punkt B (s. Abb. 8).

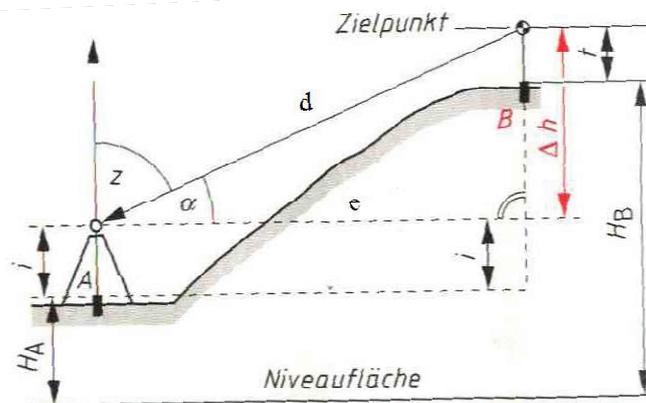


Abbildung 8: Trigonometrische Höhenbestimmung

$$\Delta h = e * \cot z = d * \cos z = e * \tan \alpha = d * \sin \alpha \quad (8)$$

Die Höhe H_B des Punktes B ergibt sich aus der Addition des Höhenunterschiedes Δh und der Höhe H_A des Punktes A sowie der Differenz aus Instrumenten- und Zieltafelhöhe.

$$H_B = H_A + \Delta h + i - t \quad (9)$$

Falls die Höhe der Zieltafel gleich der Instrumentenhöhe ist, so stellt der berechnete Wert Δh unmittelbar den Höhenunterschied zwischen den Punkten A und B dar. Die Genauigkeit der trigonometrischen Höhenmessung liegt bei ca. 1cm. Sie ist abhängig von der Genauigkeit der Bestimmung von Instrumenten- und Zieltafelhöhe sowie von der Genauigkeit des verwendeten Instrumentes, d.h. von dessen Streckenmessgenauigkeit und von der Richtungsmessgenauigkeit. Weitere Faktoren, welche die Ergebnisse der Messung bezüglich der Genauigkeit beeinflussen und somit korrigiert werden müssen, sind die Refraktion und die Erdkrümmung.

Geometrische Höhenübertragung. Die geometrische Höhenmessung, auch als Nivellement bezeichnet, ist dadurch gekennzeichnet, dass der Höhenunterschied Δh zwischen zwei Punkten A und B mit Hilfe der horizontalen Zielachse eines Nivelliergerätes und den vertikal aufgestellten Maßstäben, den Nivellierlatten, gemessen wird. Als Zielachse wird die Verbindungslinie zwischen Strickkreuzmitte und Hauptpunkt des Objektivs bezeichnet. Der Höhenunterschied Δh ergibt sich hierbei aus der Differenz zwischen dem Ablesewert beim Rückblick r und dem Ablesewert des Vorblicks v .

$$\Delta h = r - v \quad (10)$$

Die absolute Höhe eines Punktes H_B ergibt sich aus der Summe der absoluten Höhe des Punktes H_A und dem Höhenunterschied Δh zwischen beiden Punkten (s. Abb.9).

$$H_B = H_A + \Delta h \quad (11)$$

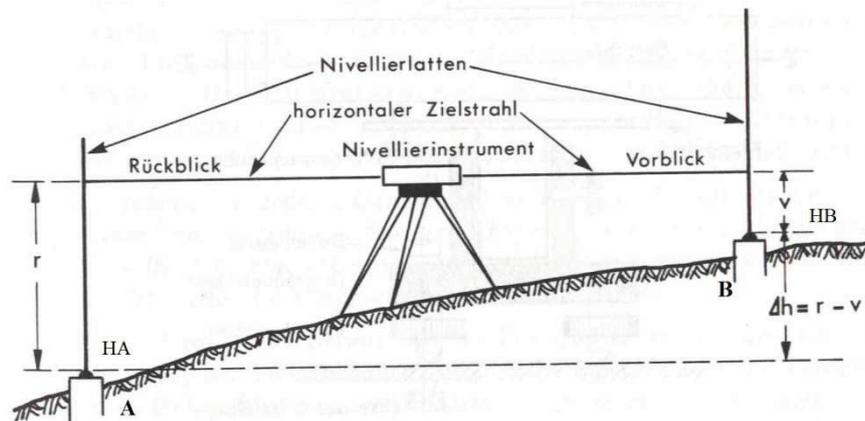


Abbildung 9: Geometrische Höhenübertragung

Die geometrische Höhenübertragung wird mit Hilfe von Nivellierinstrumenten durchgeführt. Ein Nivellierinstrument besteht allgemein aus einem Messfernrohr dessen Zielachse mittels Kompensator oder Röhrenlibelle horizontal ausgerichtet wird. Das Fernrohr ist in einem Dreifuß als Unterbau drehbar gelagert. Je nach Art der Horizontierung wird zwischen Libellennivellieren und Kompensatornivellieren unterschieden. Ein Libellennivellier wird mit Hilfe einer Dosenlibelle durch Drehen der Fußschrauben des Dreifußes grob horizontaliert. Die Achse der Dosenlibelle muss hierbei parallel zur Stehachse sein. Die Feinhorizontierung erfolgt über eine Röhrenlibelle, welche bei jeder Zielung durch Drehen einer Kippschraube eingespielt wird. Die Libellenachse der Röhrenlibelle muss hierbei parallel zur Zielachse justiert sein, damit die Zielachse horizontal ausgerichtet ist. Je nach Horizontierungsmöglichkeit unterscheidet man bei Libellennivellieren zwischen der norddeutschen und der süddeutschen Bauart. Die Genauigkeit eines Libellennivelliers ist abhängig von der Empfindlichkeit der Röhrenlibelle und ihrer damit verbundenen Einspielgenauigkeit. Kompensatornivelliere werden allgemein unterteilt in Digitalnivelliere und analoge Nivelliergeräte. Auch hier erfolgt die Grobhorizontierung mit Hilfe einer Dosenlibelle über das Drehen der Fußschrauben am Dreifuß. Die Feinhorizontierung erfolgt über einen Kompensator. Ein Kompensator ist ein optisch-mechanisches Bauteil, welches durch die Erdschwerkraft beeinflusst wird und kleine Neigungen der Zielachse in einem

bestimmten Bereich, dem sogenannten Arbeitsbereich, selbständig ausgleicht. Er besteht aus beweglichen und festen Linsen, Prismen und Spiegeln, welche an dünnen Drähten hängen oder mit starren bzw. federnden Pendeln verbunden sind. Bei Neigung des Instruments pendelt sich der Kompensator nach kurzer Zeit in die durch die Erdschwerkraft beeinflusste Ruhestellung ein, wobei die Pendelschwingungen durch spezielle Vorrichtungen gedämpft werden. Digitale Kompensatornivelliere sind dadurch gekennzeichnet, dass sie Höhe und Strecke elektrooptisch messen, automatisch berechnen und registrieren. Als Nivellierlatten kommen Latten mit Strichcodeteilung zum Einsatz. Nach dem Anzielen und Fokussieren auf die Nivellierlatte löst der Beobachter die Messung des Gerätes über eine Taste aus. Das angezielte Codebild der Latte wird auf eine Photodiodenzeile abgebildet und zu einem digitalen Signal verarbeitet. Anschließend wird es mit Hilfe der Bildverarbeitung ausgewertet und in einem internen Datenspeicher gesichert.

Nivelliere lassen sich nicht nur nach ihrer Bauart klassifizieren. Weiterhin ist eine Aufteilung nach ihrer Genauigkeit möglich. Die Genauigkeit eines Nivelliergerätes wird durch die Standardabweichung δ_h , eines im Hin- und Rückweg über 1km Nivellementsstrecke gemessenen Höhenunterschiedes, ausgedrückt. Abhängig von der Genauigkeit eines Nivelliers ist sein Verwendungszweck. Folgende Genauigkeitsklassen werden unterschieden:

Einteilung nach Genauigkeitsstufen	Standardabweichung δ_h für 1km Doppelnivellement	Einteilung nach dem Verwendungszweck
Nivelliere höchster Genauigkeit	$\delta_h \leq 0,5\text{mm}$	Feinnivellier
Nivelliere hoher Genauigkeit	$\delta_h \leq 2,0\text{mm}$	Ingenieurnivellier
Nivelliere niedriger Genauigkeit	$\delta_h \geq 2,0\text{mm}$	Baunivellier

Baunivelliere, wie das NI040A von ZEISS, werden beispielsweise auf Baustellen für einfache technische Nivellements mit geringer Genauigkeitsanforderung, z.B. für die Aufnahme von Längs- und Querprofilen, eingesetzt. Ingenieurnivelliere, wie das NI020A von ZEISS, kommen in der Ingenieurvermessung, z.B. bei Aufgaben im Bereich des Brücken- und Tunnelbaus, zum Einsatz.

Mittels Präzisions- oder Feinnivellieren, wie beispielsweise dem NI005A von Zeiss, werden Aufgaben mit höchster Genauigkeitsanforderung bearbeitet. Das können beispielsweise

Ingenieurstätigkeiten im Bereich der Brücken- und Staumauernüberwachung sein. Weiterhin werden die amtlichen Nivellementsnetze der ersten und zweiten Ordnung mit Hilfe von Präzisionsnivellieren beobachtet. Zur Einhaltung der Genauigkeitsanforderungen müssen beim Präzisionsnivellement verschiedene Messungsgrundsätze beachtet werden. Es kommen hierbei nur Nivelliere höchster Genauigkeit zum Einsatz. Diese haben eine Standardabweichung für 1km Doppelnivellement von mindestens 0,5mm und eine 30- bis 40-fache Fernrohrvergrößerung. Weiterhin sollen die Zielweiten des Rück-bzw. Vorblicks nicht größer als 40m sein. Zwischen der Zielweite des Vor- und Rückblicks darf maximal eine Differenz von $\pm 1m$ sein. Die bei der Messung eingesetzten Präzisionsnivellierlatten sind gekennzeichnet durch eine Zweiskalenteilung und ein Invarband. Invar ist ein weitgehend temperaturunempfindliches Metall, mit einer Legierung von 36% Nickel und 64% Stahl. Das Invarband wird hierbei in einem Leichtmetallrahmen mit Hilfe einer Feder gleichmäßig auf Spannung gehalten. Die Differenz zwischen der linken und der rechten Ablesung darf einen Wert von $\pm 0,4mm$ nicht überschreiten, andernfalls muss die Messung wiederholt werden. Ein Präzisionsnivellement wird außerdem immer mit Hin- und Rückmessung durchgeführt.

Beim Präzisionsnivellement ist besonders auf die Vermeidung von systematischen und unregelmäßigen Fehlern zu achten. Folgende systematische Fehler können auftreten:

Einseitiger Schätzfehler bei der Lattenablesung. Dieser Fehler kann mittels Ablesehilfen, wie dem Planplattenmikrometer, eingeschränkt werden. Bei Verwendung von Digitalnivellieren ist dieser Fehler zu vernachlässigen, da das Instrument die Ablesung automatisch durchführt.

Maßstabsfehler, Teilungsfehler und Nullpunktfehler der Nivellierlatte. Diese Fehler werden durch zeitlich vorgeschriebene Lattenkalibrierungen ermittelt bzw. berücksichtigt.

Schiefhalten der Nivellierlatte. Mit Hilfe einer Dosenlibelle ist es möglich die Latte lotrecht aufzustellen. Die Dosenlibelle sollte in regelmäßigen Abständen überprüft und wenn nötig justiert werden.

Temperatureinfluss. Bevor mit der Messung begonnen wird, muss das Instrument austemperiert werden, d.h. es soll die Umgebungstemperatur annehmen. Als grober Richtwert gilt, dass pro Temperaturdifferenz von $1^{\circ}C$ eine Minute für das Austemperieren vorgesehen werden muss.

Einsinken des Instruments bei der Messung. Das Nivellier und die Latten sind möglichst auf festem Untergrund aufzustellen. Weiterhin ist die Messung zügig durchzuführen. Moderne

Digitalnivelliere besitzen einen Kompensator, welcher Neigungen der Ziellinie ausgleicht, sofern diese nicht zu stark sind, d.h. wenn diese im Arbeitsbereich des Kompensators auftreten.

Refraktionseinflüsse. Refraktion tritt vor allem in bodennahen Luftschichten auf. Aus diesem Grund sollte die Zielachse des Instruments möglichst weit vom Boden entfernt sein, d.h. das Instrument sollte möglichst hoch aufgebaut werden. Weiterhin ist von sonnenerwärmten Objekten, wie z.B. Gebäuden, Abstand zu halten.

Folgende unregelmäßige Fehler sind beim Präzisionsnivellement zu beachten:

Luftflimmern. Dem durch Luftflimmern auftretenden Ablenken des Zielstrahls kann vor allem durch die Messung unter günstigen Bedingungen entgegengewirkt werden. Ideale Beobachtungsverhältnisse stellen bedeckte Tage oder die Morgen- und Abendstunden dar.

Einsinken und Lageänderung der Nivellierlatten. Dem Einsinken der Lattenuntersetzer kann entgegengewirkt werden indem die Wechsellpunkte auf festem Untergrund anlegt werden. Weiterhin sollten die Lattenfüße sauber gehalten werden und während der Messung nicht vom Lattenuntersetzer entfernt, sondern zum Beobachter gedreht werden.

Ungleiche Zielweiten. Die Zielweiten für den Rück- und Vorblick werden bei Verwendung von Digitalnivellieren automatisch vom Instrument gemessen und sollten gleich sein. Sie sind durch den Beobachter zu prüfen und gegebenenfalls zu korrigieren.

Die Genauigkeit der Messung des Präzisionsnivellements ist zum einen abhängig von der verwendeten Nivellements-ausrüstung, d.h. den Präzisionsnivellierlatten und dem Präzisionsnivellier. Zum anderen ist sie abhängig von der persönlichen fachlichen Erfahrung des Personals, insbesondere der des Beobachters. Die Verwendbarkeit des Höhennetzes ist abhängig von der Standfestigkeit und Dauerhaftigkeit der Vermarkungen der Höhenfestpunkte. Um die lange Verwendbarkeit der Höhenfestpunkte zu gewährleisten und ein nachträgliches Setzen zu verhindern, müssen die Vermarkungsorte hinsichtlich Baugrund und Grundwasser genau ausgewählt werden.

Vor der Durchführung eines Präzisionsnivellements muss zunächst die Instrumentenprobe durchgeführt werden. Hierbei wird die sogenannte Hauptforderung des Nivelliers überprüft. Nach dieser müssen zur Herstellung einer horizontalen Ziellinie, je nach Gerätetyp, bestimmte Bedingungen eingehalten werden. Bei Libellennivellieren muss die Zielachse parallel zur Achse der Röhrenlibelle verlaufen. Für Kompensatornivelliere gilt, dass die Ziellinie im Arbeitsbereich des Kompensators horizontal verlaufen muss. Zur Durchführung von Präzisionsnivellements

sind die Prüfverfahren nach Näbauer und nach Förstner zulässig, da hierbei keine starke Umfokussierung nötig ist und somit der sogenannte Gang der Fokussierlinse die Ergebnisse der Prüfung nur gering beeinflusst. Das Verfahren aus der Mitte sowie das Verfahren nach Kukkamäki sind als Geräteprüfverfahren für die Durchführung von Präzisionsnivelements ungeeignet, da hierbei stark umfokussiert werden muss und der Gang der Fokussierlinse das Ergebnis der Prüfung zu stark beeinflusst.

Beim Präzisionsnivelement mit Kompensatornivellieren ist es wichtig, die Dosenlibelle besonders genau einzuspielen, da die Schiefstellung der Stehachse auch bei fehlerfreiem Arbeiten des Kompensators eine geringe Neigung des Zielstrahls verursachen kann. Diese Neigung kann durch Über-oder Unterkompensation hervorgerufen werden, welche beim Einschwingen des Kompensators auftreten kann. Die Stehachse weist jedoch immer eine gewisse Schiefstellung auf. Aus diesem Grund ist der Zielstrahl gegenüber der Horizontalen geringfügig geneigt. Diese sogenannte Horizontschräge lässt sich durch die Anwendung des Messverfahrens „Rote Hose“ beseitigen. Hierbei spielt der Beobachter die Dosenlibelle immer mit Blickrichtung auf ein und dieselbe Latte ein. Die obigen Ausführungen wurden unter Anlehnung an [1], [2] und [3] verfasst.

2.4 Erneuerung des DHHN 2006-2011

Das amtliche Höhenbezugssystem ist zur Zeit das DHHN 92, welches mit seinen Gebrauchshöhen über NHN auf Nivellements-messungen basiert, die schon über drei Jahrzehnte alt sind. Die AdV-Richtlinie des einheitlichen geodätischen Raumbezugs des amtlichen Vermessungswesens der BRD sieht vor, dass die Höhenfestpunkte der 1. Ordnung in geeigneten Zeitabständen neu zu vermessen sind. Gründe hierfür sind großräumige tektonische und anthropogen entstandene Höhenveränderungen auf der Erdoberfläche. Deshalb beschloss die AdV auf ihrer 116. Plenumstagung im Jahr 2005 in Bonn, das DHHN 92 zu erneuern. In den Jahren 2006 bis 2011 sollen ca. 80% des Nivellementsnetzes 1.Ordnung mittels digitalem Präzisionsnivelement erneuert werden. Hierbei werden ca. 26000km Nivellement des DHHN 92 neu gemessen. Weiterhin werden epochengleiche Messungen auf 250 Höhenfestpunkten mit globalen Navigationssatellitensystemen (GNSS) sowie Absolutschweremessungen auf 100 Repräsentativpunkten durchgeführt. Für die Messungen dürfen lediglich Nivellier-ausrüstungen eingesetzt werden, die eine empirische Standardabweichung von 0,4mm auf einen Kilometer

Doppelnivellement erreichen und nachweislich unempfindlich gegenüber dem Erdmagnetfeld sind. Primäres Ziel der Erneuerung des DHHN ist es, die Höhenänderungen und Spannungen im DHHN 92 aufzudecken sowie das DHHN in den einheitlichen geodätischen Raumbezug der BRD einzubinden. Ein weiteres Ziel der Erneuerung des DHHN ist die Modellierung hochgenauer und aktueller Geoinformationen zur Verbesserung der satellitengestützten Gebrauchshöhenbestimmung z.B. mit dem Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS®).

In Mecklenburg-Vorpommern wurde bereits 2005 mit den Nivellementsarbeiten begonnen. Insgesamt sind ca. 3000km Nivellementslinien zu messen. Die Messungen werden in der Regel mittels Motorisiertem- sowie Teilmotorisiertem Nivellement durchgeführt. Die obigen Ausführungen wurden unter Anlehnung an [5] und [6] verfasst.

3. Das Motorisierten Nivellement

3.1 Vorbemerkungen

Das Motorisierte Präzisionsnivellement ist dadurch gekennzeichnet, dass die Präzisionsnivellierlatten und das Präzisionsnivellier, während des Standpunktwechsels, mit Hilfe von Kraftfahrzeugen transportiert werden. Derzeit wird es in Mecklenburg-Vorpommern beim Landesamt für innere Verwaltung Amt für Geoinformation, Vermessung- und Katasterwesen in Schwerin, bei der Gesellschaft für Montan- und Bautechnik mbH (GMB)-A Vattenfall Company sowie in der schwedischen Landesvermessung eingesetzt.

Der Messungsablauf des MotNivs ist mit dem des geometrischen Präzisionsnivellements zu Fuß vergleichbar. Obwohl die Messung mit Hilfe von Kraftfahrzeugen erfolgt, werden das Nivellier und die Latten nach wie vor auf dem Erdboden aufgestellt. Anwendungsgebiete des MotNivs sind in der Regel Nivellements mit großem Umfang, bei denen die Nivellementslinien entlang von Straßen sowie Fuß- oder Radwegen verlaufen. Beim MotNiv auf Straßen sind auf Grund der Gefahren im Straßenverkehr, Maßnahmen zur Verkehrssicherung durchzuführen. Die Verkehrssicherung erfolgt hierbei durch die Ausschilderung der Messstrecke durch einen Mitarbeiter mittels Schilderfahrzeug sowie durch ein Sicherungsfahrzeug mit Sicherungsanhänger.

Beim Präzisionsnivellement auf straßenbegleitenden Fuß- oder Radwegen wird das Teilmotorisierte Präzisionsnivellement angewandt. Dies ist durch die Verwendung zweier Lattenfahrzeuge und eines zu Fuß gehenden Beobachters gekennzeichnet. Es entfallen hierbei die Verkehrssicherung durch Ausschilderung mittels Schilderfahrzeug, das Sicherungsfahrzeug einschließlich Sicherungsanhänger und das Instrumentenfahrzeug.

Das MotNiv weist gegenüber dem Präzisionsnivellement zu Fuß, bei gleicher Messgenauigkeit, folgende Vorteile auf. Die Arbeitssicherheit des Personals wird durch die Verwendung der Kraftfahrzeuge, insbesondere durch die des Sicherungsfahrzeugs deutlich erhöht. Weiterhin kommt es zu einer verringerten physischen Belastung des Personals. Vorteilhaft wirkt sich die Durchführung des MotNivs auch auf die Arbeitszeit aus. Infolge beschleunigter Standpunktwechsel und schnellerer Einsatz- und Umsetzzeiten, vor, nach und während des Arbeitsprozesses, ist eine deutliche Einsparung der Arbeitszeit möglich. Durch die Verwendung des Meterzählwerkes entfällt die Vorstationierung, womit ebenfalls Arbeitszeit eingespart wird.

Die Senkrechtstellung der Latten ist, auf Grund des speziellen Halterungsgestells, während der gesamten Standpunktzeit gesichert. Auch bei schlechten Messbedingungen, wie z.B. Wind oder Lkw-Verkehr, ist die Senkrechtstellung der Latten gesichert. Ein weiterer Vorteil des MotNivs ist die Verringerung der systematischen Fehlereinflüsse (s .Kapitel 2.3). Hierfür ist z.B. der erhöhte Bodenabstand der Ziellinie verantwortlich.

3.2 Messungsausrüstung

Für das Motorisierte Präzisionsnivellement eignen sich als Latten- und Instrumentenfahrzeuge vor allem Kleinwagen. Beim LAiV, AfGVK werden hierfür die Modelle VW Polo, Fiat Strada und Fiat Fiorino eingesetzt. Für den Einsatz als Messfahrzeuge sind spezielle Umbauten an den Autos notwendig. Der Einsatz der Fahrzeuge ist durch die Umbauten nicht nur auf das MotNiv beschränkt. Sie können auch anderweitig eingesetzt werden.

Für die Durchführung des MotNivs werden ein Instrumentenfahrzeug, zwei Lattenfahrzeuge, ein Sicherungsfahrzeug mit Sicherungsanhänger sowie ein Schilderfahrzeug benötigt. Sicherungs- und Schilderfahrzeug werden in M-V eingesetzt, um den vorgegebenen Sicherungsbestimmungen im öffentlichen Straßenverkehr gerecht zu werden (s. Kapitel 3.3).

3.2.1 Instrumentenfahrzeug



Abbildung 10: Instrumentenfahrzeug Fiat Fiorino, Stativ in Transportstellung Standpunktwechsel

Als Instrumentenfahrzeug muss ein Fahrzeug mit offener Karosserie, beispielsweise ein Pritschenwagen oder ein Pick-up verwendet werden. In M-V wird hierzu ein Fiat Fiorino (s. Abb. 10) eingesetzt.

Um die Sicherheit des Beobachters und die korrekte Durchführung der Messung zu gewährleisten, müssen spezielle Umbauten am Fahrzeug erfolgen. Der Beobachter befindet sich während des gesamten Messungszeitraumes, einschließlich der Standpunktwechsel, auf der Ladefläche des Fahrzeugs (s. Abb. 11).



Abbildung 11: Instrumentenfahrzeug mit Beobachter und Instrument in Messstellung

Die Sicherheit des Beobachters während der Standpunktwechsel wird hierbei durch eine umlaufende Reling aus Metall und einen Sitz erhöht. Am Heck des Fahrzeugs befindet sich eine zweistufige Trittleiter, welche das Auf- und Absteigen auf die Ladefläche erleichtert (s. Abb. 12).



Abbildung 12: Instrumentenfahrzeug, Aufstiegsleiter

Das verlängerte und im Oberteil verstärkte Stativ wird so aufgestellt, dass die zwei vorderen Stativbeine in einer Entfernung von 0,2m bis 0,3m seitlich des Wagens stehen (s. Abb. 13).



Abbildung 13: Instrumentenfahrzeug, Beobachter und Stativ in Messstellung

Das dritte Stativbein verläuft durch einen Durchbruch im Karosserieboden der Ladefläche des Fahrzeugs(s. Abb. 14). Somit ist das Stativ während des Messvorgangs nicht direkt mit dem Fahrzeug verbunden und eine Beeinflussung der Messung durch Bewegungen an und auf dem Fahrzeug entfällt. Nach Beendigung der Messarbeiten kann der Durchbruch des Ladeflächenbodens mit Hilfe eines Deckels verschlossen werden (s. Abb. 15).



Abbildung 14: Bodendurchbruch offen



Abbildung 15: Bodendurchbruch geschlossen

Um größere Neigungen des Stativtellers, welche durch die eingeschränkte Bewegungsfreiheit der Stativbeine auftreten können, schnell ausgleichen zu können, kann bei Bedarf auf dem Stativ ein Schnellhorizontierkopf angebracht werden. Beim LAiV, AfGVK wird zurzeit kein Schnellhorizontierkopf eingesetzt, da die Messungen in der Regel auf befestigten Straßen, bzw. Fuß- oder Radwegen durchgeführt werden. Die Neigungen des Stativtellers werden hier mit Hilfe der Fußschrauben am Dreifuß des Nivelliers beseitigt.

Während der Standpunktwechsel muss das Stativ angehoben werden, um die Transportstellung während der Messung herzustellen (s. Abb. 16).



Abbildung 16: Instrumentenfahrzeug, Stativ in Transportstellung Standpunktwechsel

Dazu ist eine motorisierte Hubvorrichtung erforderlich. Diese befindet sich an der linken Fahrzeugwand der Ladefläche. Das Stativ wird hierbei durch Knopfdruck, durch ein herausfahrendes pilzförmiges Gummioberteil, angehoben, bzw. durch Einfahren des Oberteils, abgesenkt (s. Abb. 17).



Abbildung 17: Instrumentenfahrzeug, Hubvorrichtung

Desweiteren befindet sich eine Zusatzbatterie im Fahrzeug. Gründe hierfür sind das häufige Starten des Motors, das Betreiben der Warnblinkleuchten, welche zur Signalisierung des Fahrzeugs dienen und an der umlaufenden Metallreling befestigt sind sowie das Betreiben der Hubvorrichtung für das Stativ. Auf der Ladefläche des Fahrzeugs befindet sich außerdem eine Materialkiste. Hierin werden z.B. das Gestänge und das Gestell des Wetterschutzes (s. Abb. 18) verstaut.



Abbildung 18: Instrumentenfahrzeug während der Messung, Wetterschutz

Für eine schnelle und präzise Stationierung ist ein Meterzählwerk in das Fahrzeug eingebaut (s. Abb. 19), welches mit dem Getriebe verbunden ist. Die Bedienung des Meterzählwerks erfolgt durch den Fahrer, über ein Display im Fahrzeuginneren.



Abbildung 19: Meterzählwerk

Um die Anforderungen des Arbeitsschutzes und der Arbeitssicherheit des Personals zu gewährleisten, sind alle Umbauten an dem Messfahrzeug durch den TÜV zu genehmigen.

3.2.2 Lattenfahrzeug

Für die Verwendung als Lattenfahrzeug kommen beim LAiV, AfGVK die Fahrzeugmodelle Fiat Strada (s. Abb. 20) und VW Polo (s. Abb. 21) zum Einsatz. Es sind aber auch andere Kombi- bzw. Pick-up-Modelle geeignet. Um die Sicherheit des Personals und die korrekte Durchführung der Messung zu gewährleisten, müssen auch hier an den Fahrzeugen Spezialumbauten erfolgen. Hierbei soll die Präzisionsnivellierlatte vom Fahrersitz aus leicht bedienbar sein.



Abbildung 20: Lattenfahrzeug Fiat Strada, Transportstellung Messung



Abbildung 21: Lattenfahrzeug VW Polo, Messstellung

Zum Transport und zur Senkrechtstellung der Präzisionsnivellierlatte ist auf dem Dach des Fahrzeugs ein Metallrohrrahmen angebracht, welcher mit den Dachgepäckträgern und dem Rahmen der Ladefläche verbunden ist. Auf diesem Rahmen ist das Haltegestell zur Senkrechtstellung der Nivellierlatte, der sogenannte „Galgen“, angebracht (s. Abb. 22).



Abbildung 22: Lattenfahrzeug Fiat Strada, Galgen

Die Verbindung zwischen der Präzisionsnivellierlatte und dem Galgen erfolgt durch ein Kugelgelenk aus Metall (s. Abb. 23, Abb. 24). Ein Sicherungsseil aus Stahl ist ebenfalls an dem Kugelgelenk befestigt und wird mit der Präzisionsnivellierlatte verbunden. Es dient zur Sicherung der Latte, falls diese aus dem Kugelgelenk springen sollte.



Abbildung 23: Kugelgelenk



Abbildung 24: Kugelgelenk mit Latte

Desweiteren gibt es eine Spezialhalterung aus Aluminium, welche eingesetzt werden kann, um die Präzisionsnivellierlatte auch bei ungünstigen Messbedingungen, wie z.B. Wind, in Messrichtung zu halten sowie ein Verdrehen der Latte zu verhindern. Diese kann bei Bedarf an der Fahrzeugtür angebracht werden (s. Abb. 25).

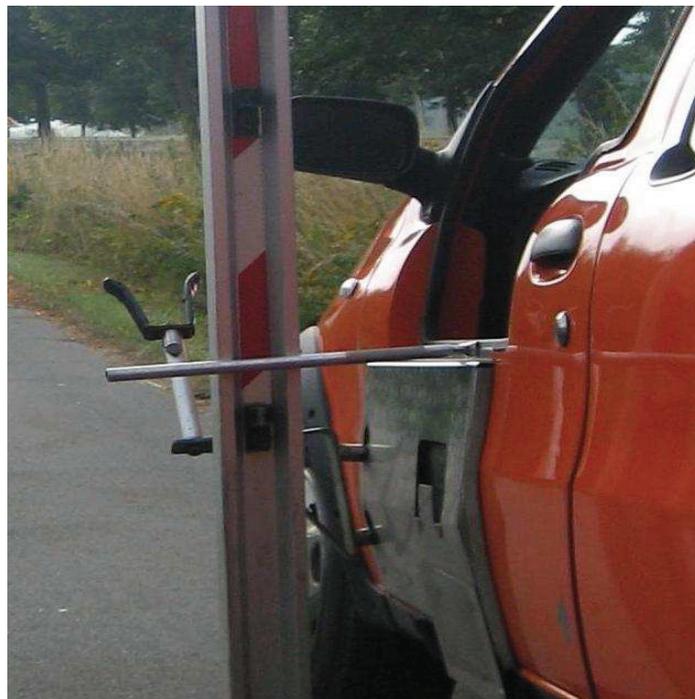


Abbildung 25: Lattenfahrzeug, Spezialhalterung Latte

Während des Messvorganges wird die Präzisionsnivellierlatte auf einen speziellen Lattenuntersatz (s. Kapitel 3.2.5) aus Stahl gestellt. Umgangssprachlich wird der Lattenuntersatz auch als „Frosch“ bezeichnet. Ein Lattenschuh aus Aluminium (s. Kapitel 3.2.5), welcher auf die Lattenaufsatzfläche geschraubt werden kann, ermöglicht ein zügiges und ordnungsgemäßes Arbeiten beim Senkrechtstellen der Latte (s. Abb. 26).



Abbildung 26: Lattenfahrzeug, Nivellierlatte, Lattenuntersatz, Lattenschuh

Während des Standpunktwechsels wird die Präzisionsnivellierlatte mit dem unteren Teil in eine Gabel gelegt (s. Abb. 20), die an der Vorderseite der Fahrzeugtür befestigt ist. Weiterhin wird der Lattenuntersetzer an der Fahrertür eingehängt (s. Abb. 20). Um diese Arbeiten aus der

Fahrerposition durchführen zu können, werden bei den Lattenfahrzeugen Spezialtüren mit einer tieferen Fensteröffnung verwendet. Beim VW Polo wird vor Messungsbeginn die originale Fahrertür gegen die modifizierte Fahrertür getauscht. Die jeweils nicht verwendete Tür wird auf dem Rücksitz des Wagens mitgeführt (s. Abb. 27).



Abbildung 27: Lattenfahrzeug VW Polo, modifizierte Fahrertür

Beim Fiat Strada ist die originale Fahrertür modifiziert worden. Durch das Ein- und Ausbauen einer Plexiglasscheibe kann ohne Türwechsel die Messbereitschaft des Fahrzeugs hergestellt werden (s. Abb. 28). Während der Messung befindet sich die ausgebaute Plexiglasscheibe auf der Ladefläche des Wagens.



Abbildung 28: Lattenfahrzeug Fiat Strada, modifizierte Fahrertür, eingesetzte Plexiglasscheibe

Desweiteren befindet sich eine Zusatzbatterie im Fahrzeug. Diese wird für das häufige Starten des Motors sowie für die Warnblinkleuchte, welche zur Signalisierung des Fahrzeugs dient und oberhalb des Galgens befestigt ist (s. Abb. 28), benötigt.

Weiteres Zubehör, was für die Messung benötigt wird, sind beispielsweise Vorschlaghammer, Plattensucher, usw. wird auf der Ladefläche des Fahrzeugs, bzw. in einer Metallkiste, die sich auf der Ladefläche befindet, untergebracht (s. Abb. 29).



Abbildung 29: Lattenfahrzeug Fiat Strada, Ladefläche, Materialkiste

Für eine schnelle und präzise Stationierung ist ein Meterzählwerk in das Fahrzeug eingebaut, welches mit dem Getriebe verbunden ist. Die Bedienung erfolgt über ein Display im Fahrzeuginneren durch den Fahrer (s. Abb. 19).

Um die Anforderungen des Arbeitsschutzes und der Arbeitssicherheit des Personals zu gewährleisten, sind alle Umbauten an den Lattenfahrzeugen durch den TÜV zu genehmigen.

3.2.3 Schilderfahrzeug

Bei der Durchführung des MotNivs außerhalb geschlossener Ortschaften, auf Bundes-, Land- und Gemeindestraßen gilt der Messtrupp als bewegliche Baustelle und muss ständig durch entsprechende Beschilderung gesichert sein. In M-V kommt hierzu ein VW T4 zum Einsatz. Die benötigten Verkehrsschilder und Befestigungsmaterialien werden in verschiedenen Metallauszügen des Fahrzeugs transportiert (s. Abb. 30 bis 32).



Abbildung 30: Schilderfahrzeug VW T4 mit Auszügen



Abbildung 31: Schilderfahrzeug VW T4, Ausschübe Ansicht von Hinten



Abbildung 32: Schilderfahrzeug VW T4, Ausschübe Seitenansicht

Die Absicherung der beweglichen Baustelle zur Durchführung des Motorisierten Präzisionsnivelements erfolgt mit Hilfe unterschiedlicher Schilderkombinationen. Um die Schilder am Straßenrand aufstellen zu können, müssen zunächst mit einem Vorschlaghammer und einer Einschlaghilfe die Einschlaghülsen in den Boden eingebracht werden. Weiterhin können die Schilder mit den 25kg schweren Standfüßen, die in den Ausschüben transportiert werden, aufgestellt werden oder mittels der Schutzplankenhalterung an den Leitplanken befestigt werden.

3.2.4 Sicherungsfahrzeug mit Sicherungsanhänger

Bei der Durchführung des MotNivs außerhalb geschlossener Ortschaften, auf Bundes-, Land- und Gemeindestraßen, gilt der Messtrupp als bewegliche Baustelle und muss ständig durch ein entsprechendes Fahrzeug gesichert sein. Das Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern, Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen setzt hierzu einen VW T4 mit einachsigen Sicherungsanhänger ein (s. Abb. 33). Während der Messung hat sich das Sicherungsfahrzeug mit Sicherungsanhänger, entsprechend dem modifizierten Regelplan CII/3 MN (s. Anlage 5.4), in geeignetem Abstand hinter dem Messtrupp aufzuhalten. Der

Sicherungsanhänger muss den Richtlinien einer fahrbaren Absperrtafel nach Verzeichnis 615 der Straßenverkehrsordnung (VZ 615 StVO) entsprechen.



Abbildung 33: Sicherungsfahrzeug VW T4 mit Sicherungsanhänger

Der Sicherungsanhänger besteht aus einem einachsigen Anhänger und einer klappbaren Absperrtafel. Während des Transports zur Arbeitsstelle kann das Oberteil der Absperrtafel heruntergeklappt werden. Weitere Angaben, z.B. zur exakten Beschilderung der Absperrtafel oder zur Warnbeleuchtung, finden sich in der VZ 615 StVO.

3.2.5 Zubehör des Motorisierten Präzisionsnivelements

Präzisionsnivellierlatte nach dem Schweriner Modell. Bei der Firma NEDO GmbH & Co.KG in Dornstetten wird die unter dem Namen „Schweriner Modell“ geführte Präzisionsnivellierlatte (s. Abb. 26) hergestellt. Hierbei handelt es sich um eine 3m lange Präzisionsnivellierlatte mit Codeteilung und Invarband. Sie kann mittels der eingebauten Kugelklemmvorrichtung mit dem Galgen verbunden werden. Weiterhin befinden sich 2 Dosenlibellen an der Latte, welche die Horizontierung der Latte von der Fahrerposition aus ermöglichen.

Lattenschuh. Um die Präzisionsnivellierlatte stets sicher auf dem Zapfen des Lattenuntersetzers aufsetzen und drehen zu können, wird ein Lattenschuh aus Aluminium verwendet (s. Abb. 26). Dieser kann auf die Lattenaufsatzfläche geschraubt werden. Der Lattenschuh gewährleistet das Aufstellen der Präzisionsnivellierlatte auf den Lattenuntersetzer genau unterhalb des Invarbandes mit der Codeteilung und damit die Vermeidung des Lattenaufsatzflächenfehlers. Die Latte wird hierbei immer auf ein und demselben Punkt der Lattenaufsatzfläche aufgesetzt, da ein Verrutschen der Latte durch den Lattenschuh verhindert wird. Beim Aufhalten der Präzisionsnivellierlatte auf einen Höhenfestpunkt, beispielsweise auf einem Mauerbolzen, ist der Lattenschuh zu entfernen.

Lattenuntersetzer. Der Lattenuntersetzer, umgangssprachlich auch als „Frosch“ bezeichnet, ist ein dreieckiges, an den Ecken abgerundetes, Gußeisenstück mit drei Füßen und einem Griff aus Metall (s. Abb. 26). Für die Wechsellpunkte bei der Durchführung des Motorisierten Präzisionsnivelements sind in der Regel 6kg schwere Lattenuntersetzer mit einem Aufsatzzapfen zu verwenden. Diese sind hierbei den Bodenverhältnissen entsprechend zu fixieren, so dass ein nachträgliches Einsinken oder Heben vermieden wird. Bei ungünstigen Bodenverhältnissen, beispielsweise bei Nivellementsarbeiten entlang eines Feldwegs, werden Eisennägel bzw. Eisenstifte (s. Abb. 37) mit Halbrundköpfen, mittels Hammer und Schlagkappe, bis in den stabilen Unterboden eingebracht.



Abbildung 34: Eisennagel mit Schlagkappe

Dachrahmen. Zum Transport des Stativs und der Präzisionsnivellierlatten sowie zur Senkrechtstellung der Präzisionsnivellierlatten wird auf den Dächern der Lattenfahrzeuge ein viereckiger Rohrrahmen aus Metall aufgesetzt und an der Dachreling der Fahrzeuge befestigt. Auf diesem Rahmen ist das Lattenhaltegestell, der sogenannte „Galgen“, angebracht (s. Abb. 35).



Abbildung 35: Dachaufbau mit Haltegestell und Steuereinrichtung

Lattenhaltegestell. Der sogenannte Galgen (s. Abb. 38) besteht aus einem dreieckförmigen Doppelrohrrahmen aus Metall und dient zur Senkrechtstellung der Präzisionsnivellierlatten. An diesem Rahmen befinden sich zwei waagerechte Röhren, die in einem Kugelgelenk zusammenlaufen. Die Bewegung und Verbindung der beiden Rohre erfolgt über eine senkrechte Steuerstange, die ebenfalls am oberen Ende in einem Kugelgelenk verläuft. Während das obere waagerechte Rohr über ein Kardangelenk mit der Präzisionsnivellierlatte verbunden ist, dient das untere Rohr zur Arretierung der Latte, nachdem diese horizontalisiert wurde. Die Arretierung erfolgt durch die Bremswirkung des waagerechten Rohres auf dem gummiüberzogenen Verbindungsstück zwischen den beiden dreieckförmigen Rahmen. Die Präzisionsnivellierlatte drückt mit ihrem Eigengewicht auf die Stahlkugel des Kugelgelenks und kann vom Fahrersitz

aus in einem Bereich von ca. 190° bewegt werden sowie senkrecht gestellt werden. Weiterhin wird der Galgen durch zwei Haken und zwei Hebel mit dem Dachrahmen verbunden.

Stativ. Zur Durchführung des Motorisierten Präzisionsnivelements kommt in Mecklenburg-Vorpommern ein GST 40-Stativ der Firma Leica zum Einsatz. Dies ist ein verlängertes, an den oberen Stativbeinen verstärktes starres Stativ. Weiterhin sind die Stativbeine einteilig, d.h. nicht höhenverstellbar. Dies ist auf Grund des Zwecks und des Messungsablaufs auch nicht nötig. Außerdem werden abgestumpfte Stativbeinspitzen verwendet, um das Absinken des Stativs während der Messung zu minimieren. Vor Beginn der Messung werden die Stativbeine nicht wie gewöhnlich mit dem Fuß in den Boden gedrückt, sondern der Beobachter stabilisiert das Stativ lediglich durch Festdrücken per Hand von der Ladefläche des Instrumentenfahrzeugs aus. Somit ist die Messstellung des Stativs hergestellt (s. Abb. 36).



Abbildung 36: Stativ in Messstellung

Durch Anheben des Stativs mit Hilfe der Hubvorrichtung wird die Transportstellung des Stativs hergestellt (s. Abb. 37).



Abbildung 37: Stativ in Transportstellung Standpunktwechsel

3.3 Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit

Grundsätzlich gelten für die Durchführung des Motorisierten Präzisionsnivelements in Mecklenburg-Vorpommern die allgemeinen Dokumente zum Arbeitsschutz und zur Arbeitssicherheit. Folgende Vorschriften sind zu beachten und einzuhalten:

1. Das Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. IS. 1246), das zuletzt durch das Gesetz vom 5. Februar 2009 (BGBl. IS. 160) geändert worden ist.
2. Die Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz (GUV-R 178, bisher GUV 11.6) für Vermessungsarbeiten, Ausgabe Januar 1994, Aktualisierte Fassung Januar 2007, Herausgeber: Bundesverband der Unfallkassen.
3. Die Sicherung von Arbeitsstellen und der Einsatz von Absperrgeräten hat nach den „Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen“ (RSA), die durch das Bundesministerium für Verkehr im Einvernehmen mit den zuständigen obersten Landesbehörden im Bundes-Verkehrsblatt bekanntgegeben werden, zu erfolgen. In der RSA sind ebenfalls die Regelpläne, für beispielsweise das Absperrn einer Baustelle, zu finden.

4. Die allgemeine Ausnahmegenehmigung nach § 46 Abs. 2 StVO vom 1. August 1996 (AmtsBl. M-V S. 622).
5. Die Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz (GUV-V D 33, bisher GUV 5.7) bezüglich der Unfallverhütungsvorschrift „Arbeiten im Bereich von Gleisen“.

Durch die Fachkraft für Arbeitssicherheit im Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern wurde eine „Grobanalyse nach § 5 Abs. 1 Arbeitsschutzgesetz zur ablauforientierten Gefährdungsbeurteilung des Motorisierten Präzisionsnivelements“ veranlasst. Als Leitfaden für die Gefährdungsbeurteilung diente die Veröffentlichung GUV 50.11 Beurteilung von Gefährdungen und Belastungen am Arbeitsplatz, Ausgabe Mai 1997, die heute unter der Schlüsselnummer BGI/GUV-8700 mit Stand Dezember 2009 von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) herausgegeben wird. Die Gefährdungsbeurteilung wurde hierbei für das Motorisierte und für das Teilmotorisierte Präzisionsnivelement durchgeführt. Die daraus resultierenden Maßnahmen sorgen für die Einhaltung und Verbesserung der Arbeitssicherheit und des Arbeitsschutzes. Um eine Bindungswirkung der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung gegenüber den betreffenden Mitarbeitern zu erreichen, werden die wesentlichen Vorgaben in einer dienstlichen Weisung zur Vermeidung von Fehlern beim Motorisierten Präzisionsnivelement niedergelegt, die jeder Kollege persönlich erhält und unterschreiben muss. Weiterhin wird die Technologie des Motorisierten Präzisionsnivelements in regelmäßigen Abständen durch Kontrollen der Dienstvorgesetzten und des Arbeitsschutzverantwortlichen geprüft.

3.4 Messungsdurchführung

Zur Durchführung des Motorisierten Präzisionsnivelements sind vor Messungsbeginn am Einsatzort spezielle Umbauten an den Kraftfahrzeugen vorzunehmen. Hierbei unterscheidet man zwischen der Transportstellung der Messausrüstung zum, bzw. vom Einsatzort und der Transportstellung der Messausrüstung während eines Standpunktwechsels. Weitere Umbauten an den Fahrzeugen erfolgen lediglich zur Herstellung der Messbereitschaft.

3.4.1 Vorbereitung der Messung

Für die Vorbereitung der MotNiv gelten die gleichen Richtlinien wie für das Präzisionsnivellement zu Fuß. Zur Durchführung der Messung beim MotNiv werden 5 bzw. 6 Mitarbeiter benötigt. Vor Messungsbeginn ist der ordnungsgemäße Zustand der Messausrüstung durch den Truppführer zu prüfen. Eventuell auftretende Pflegemaßnahmen der Ausrüstung sind durchzuführen.

Vor Beginn des eigentlichen Messvorganges ist am Einsatzort die Nivellierprobe nach dem Verfahren von Förstner durchzuführen und zu dokumentieren. Außerdem muss der Beobachter den Headerdatensatz eingeben. Dieser erleichtert später die Auswertung im Innendienst und enthält verschlüsselte Angaben beispielsweise über Beobachter, verwendetes Lattenpaar und Außentemperatur sowie Lattentemperatur.

Um die Höhenangaben der Höhenfestpunkte zu prüfen, werden vor Beginn der eigentlichen Messung Überschlagsmessungen der Anfangs- bzw. Endhöhenfestpunkte durchgeführt.

Folgende Umbaumaßnahmen sind am Einsatzort an den Kraftfahrzeugen durchzuführen:

Instrumentenfahrzeug. Zunächst ist auf der Ladefläche des Instrumentenfahrzeugs die Klappe des Bodendurchbruchs zu öffnen (s. Abb. 14). Dann wird das Stativ, zusammen mit dem Präzisionsnivellier, auf der Hubvorrichtung befestigt. Anschließend ist die Hubvorrichtung in Transportstellung zu stellen. Außerdem sind die Warnblinkleuchten am Fahrzeug einzuschalten und die Funktionstüchtigkeit des Meterzählwerks ist herzustellen. Um die Funktion der Hubvorrichtung des Stativs und der Warnblinkleuchten zu gewährleisten, ist der Stromkreis der Zusatzbatterie zu schließen. Dies erfolgt über die Betätigung eines Kippschalters, welcher sich an der Ladefläche des Fahrzeugs befindet.

Lattenfahrzeuge. Je nachdem welche Lattenfahrzeuge verwendet werden, sind spezifische Umbauten vor Durchführung des MotNiv durchzuführen. Beim VW Polo ist die originale Fahrertür gegen die Spezialtür auszutauschen. Die Originaltür wird während der Messung auf dem Rücksitz deponiert. Beim Fiat Strada ist die Plexiglasscheibe zu entfernen und für den Zeitraum der Messung auf der Ladefläche zu verstauen. An der Außenseite der Fahrertür werden anschließend der Lattenuntersetzer und die Gabel zur Aufnahme der Präzisionsnivellierlatte eingehängt. Weiterhin wird die Präzisionsnivellierlatte, welche zum Transport zum Einsatzort auf dem Dachrahmen des Fahrzeugs befestigt ist, mit Hilfe der Kugelklemmvorrichtung mit dem Galgen verbunden. Anschließend ist das Sicherheitsseil an der Latte zu befestigen. Nachdem der Lattenschuh an der Lattenaufsetzfläche montiert wurde, wird die Präzisionsnivellierlatte, zur

Herstellung der Transportbereitschaft während des Messvorganges, mit dem unteren Teil in die dafür vorgesehene Gabel an der Fahrertür gelegt. Abschließend sind die Warnblickleuchten einzuschalten und die Funktionstüchtigkeit des Meterzählwerkes ist herzustellen.

Sicherungsfahrzeug mit Sicherungsanhänger. Zur Herstellung der Messbereitschaft des Sicherungsfahrzeugs und des Sicherungsanhängers sind am Einsatzort die Warnleuchten des Fahrzeugs einzuschalten. Weiterhin ist die Absperrtafel des Sicherungsanhängers aufzuklappen und zu fixieren. Anschließend sind die entsprechenden Verkehrsschilder an der Absperrtafel anzubringen.

Schilderfahrzeug. Vor Beginn des MotNivs sind am Schilderfahrzeug die Warnleuchten einzuschalten. Bevor mit der Messung begonnen werden darf, muss die Beschilderung der beweglichen Arbeitsstelle durch einen Mitarbeiter entsprechend des modifizierten Regelplans C II/3 MN erfolgen. Die Arbeiten dürfen dann im gesicherten Bereich der beweglichen Arbeitsstelle durchgeführt werden. Nachdem das Sicherungsfahrzeug mit Sicherungsanhänger den Arbeitsbereich des MotNivs von hinten absichert, können sich das Instrumentenfahrzeug und die Lattenfahrzeuge entsprechend positionieren.

3.4.2 Durchführung der Messung

Die Messung beginnt mit dem ersten Standpunkt. Hierzu wird zunächst das Stativ mit Hilfe der Hubvorrichtung abgesenkt und per Hand festgedrückt. Anschließend erfolgt die Feinhorizontierung mit den Fußschrauben des Dreifußes. Hierbei ist darauf zu achten, dass diese nach dem Verfahren „Rote Hose“, d.h. die Dosenlibelle wird immer in Blickrichtung derselben Latte eingespielt, erfolgt. Zu Beginn der Messung ist eine der Präzisionsnivellierlatten vom Galgen zu trennen sowie ihr Lattenschuh zu entfernen, um diese auf einem bekannten Anfangshöhenfestpunkt zu positionieren und die Messung somit zu starten. Während der Messung ist darauf zu achten, dass die Höhenfestpunkte immer mit der gleichen Präzisionsnivellierlatte aufgehalten werden, da sich so der Nullpunktfehler der Latte rechnerisch eliminieren lässt, weil die Nullpunktfehlerdifferenz des Lattenpaares nicht wirksam wird.

Während der Messung werden die Zielweiten durch den Beobachter festgelegt und den Lattenfahrern akustisch oder visuell mitgeteilt. Der Lattenfahrer setzt die doppelte Zielweite ab, indem er beim Vorbeifahren am vorderen Lattenstandpunkt das Meterzählwerk nullt. Die Zielweiten beim MotNiv dürfen maximal 40m betragen. Um sicher unter der vorgegebenen Zielweitenbeschränkung zu liegen, werden bei der Durchführung des MotNivs in M-V

Zielweiten von 39m abgesetzt. Hat der Fahrer des Lattenfahrzeugs seine Position erreicht, ist der Motor des Fahrzeugs auszuschalten und die Handbremse ist anzuziehen.

Nach der Stationierung wird der Lattenuntersetzer mit Schwung auf den Boden gestellt. Anschließend wird die Präzisionsnivellierlatte auf dem Lattenuntersetzer positioniert. Hierzu wird die Latte mit der linken Hand aus der Gabel genommen. Gleichzeitig wird mit der rechten Hand die Steuerstange aus der Raste des Galgens gehoben. Die Latte wird nun vorsichtig auf den Zapfen des Lattenuntersetzers gestellt. Mit leicht gehobener Steuerstange wird die Präzisionsnivellierlatte anschließend, durch Einspielen der Dosenlibelle, senkrecht gestellt. Die Steuerstange wird nun in dieser Stellung bis zur Auflage heruntergelassen. Bei starkem Wind oder starkem Fahrzeugverkehr muss die Latte mit der Spezialhalterung (s. Abb. 25) fixiert werden.

Anschließend erfolgt die Ablesung durch den Beobachter, der die Messung am Nivellier auslöst. Es werden hierbei automatisch 5 Einzelablesungen durchgeführt. Der ermittelte Wert der Ablesung ergibt sich aus dem Mittelwert der Einzelablesungen. Dieser Vorgang wird automatisch vom Nivellier durchgeführt. Die Ablesungen erfolgen nach dem Verfahren RV...RV. Während der Ablesung darf das jeweilige Lattenfahrzeug nicht vom Fahrer verlassen werden. Dieser sollte sich möglichst ruhig verhalten, um die Ergebnisse der Messung nicht zu beeinflussen.

Nachdem die Latte zum vorderen Instrumentenstandpunkt gedreht wurde, muss sie durch erneutes Einspielen der Dosenlibelle senkrecht gestellt werden. Für den Transport zum nächsten Wechsellpunkt wird die Präzisionsnivellierlatte mit der Hand angehoben und in die Gabel gelegt. Gleichzeitig wird die Steuerstange am Galgen eingerastet. Anschließend wird der Lattenuntersetzer an die Fahrertür gehängt.

Während der Fahrt zum nächsten Wechsellpunkt, bzw. zum nächsten Standpunkt, ist auf den laufenden Verkehrsfluss zu achten. Für die Stationierung sind Instrumenten- und Lattenfahrzeuge so zu positionieren, dass das Stativ und die Lattenuntersetzer sowie die Fahrzeuge selbst, den laufenden Verkehrsfluss nicht behindern.

Die Messergebnisse sind weiterhin in den dafür vorgesehenen Formularen ordnungsgemäß zu dokumentieren. Die Auswertung der aufgenommenen Daten erfolgt durch einen Mitarbeiter im Innendienst.

3.5 Auswertung der Messdaten

Die Auswertung der Messdaten erfolgt im LAiV, AfGVK.. Hierbei werden die Rohdaten zum einen für die Erneuerung des DHHN in M-V ausgewertet und in der Datenbank gespeichert. Zum anderen erfolgt hier die Aufbereitung der Daten zur Auswertung der deutschlandweiten Kampagne zur DHHN-Erneuerung. Die Zusammenführung der aufbereiteten Daten aller Bundesländer sowie die Berechnung des neuen DHHN erfolgt unabhängig voneinander in zwei Rechenstellen, der Bezirksregierung Köln-GEOBasis in Nordrhein Westfalen und dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG).

Die Auswertung der Rohdaten erfolgt in mehreren Teilschritten. Zunächst wird der Dateipfad zur Sicherung der Daten angelegt und eine Arbeits- sowie Liniennummer vergeben. Anschließend wird die Messdatei mit dem Programm CREDIT der Firma Cremer editiert. Hierbei wird z.B. der Headerdatensatz bearbeitet und die ermittelten Höhenunterschiede zwischen Messdatei und Feldbüchern geprüft.

Nun erfolgt die Vorauswertung der Daten mit dem Programm VRONI. Hierbei wird beispielsweise der Rohdatentest durchgeführt. Dabei werden die ermittelten Höhenunterschiede zwischen der Hin- und der Rückmessung verglichen sowie die Genauigkeitsanforderungen überprüft. Außerdem wird ein Datenabgleich der Headerdaten vorgenommen.

Mit dem Programm ZWIRN erfolgt die Zwischenauswertung der rohen Nivellementsdaten. Dieses Programm nutzt die durch VRONI aufbereiteten Daten zur Weiterverarbeitung, indem einzelne Standpunkte zu Nivellementsstrecken zusammengefasst werden. Die Messdaten werden hierbei um geräte-, latten- und wetterabhängige Einflüsse korrigiert. Neben einer ausführlichen Protokollierung der Messdaten und deren Aufbereitung erzeugt das Programm eine sogenannte Streckendatei, welche für die Weiterverarbeitung der Daten mit dem Programm LINIV gebraucht wird.

Mit dem Programm LINIV erfolgt nun die Linienauswertung der Daten. Es erfolgt eine Ausgleichung der Daten für die Bestimmung der Höhen der Höhenfestpunkte. Die Auswertungen werden hierbei in sogenannten Verfahren durchgeführt. Ein Verfahren definiert sich über die Mess- und Punktdaten. Damit das Programm die Ausgleichung der Daten durchführen kann, sind Angaben zu den Schwerewerten der verwendeten Höhenfestpunkte nötig. Fehlende Schwerewerte, beispielsweise bei Neupunkten, werden mit dem Programm SCHWERIN ermittelt.

Die Ausgleichung einer Nivellementsline wird mit Hilfe des Programms CAPLAN von Cremer vorgenommen und dokumentiert. Hierbei werden die Normalhöhenreduktionen k_1 und k_2 angebracht. Die Normalhöhenreduktion auf Grund der Nichtparallelität der Niveauflächen in Nord-Süd-Richtung wird als k_1 bezeichnet. Als Reduktion auf Grund der Schwereanomalien und der damit verbundenen Abweichung von der Normalschwere wird k_2 angebracht.

Normalhöhenreduktionen sind lokal betrachtet sehr klein. Sie summieren sich allerdings großräumig, vor allem in Gebieten mit großen Höhenunterschieden, zu nicht mehr vernachlässigbaren Werten auf. Die Normalhöhenreduktion (NR) setzt sich aus der Summe von k_1 und k_2 zusammen.

$$NR = k_1 + k_2 \quad (12)$$

Für das DHHN in Mecklenburg-Vorpommern werden k_1 und k_2 folgendermaßen berechnet:

$$k_1[\text{mm}] = -0,000811 * H_m * d_x(\text{km}) \quad (13)$$

$$k_2[\text{mm}] = 0,00102 * d_H * (d_g + 0,1133 * H_m - 18) \quad (14)$$

Die Werte -0,000811 und 0,00102 sind hierbei Konstanten, speziell zur Berechnung für M-V.

H_m = mittlere Höhe der Nivellementsstrecke

d_x = Differenz zwischen den X-Werten der Lagekoordinaten der HFP

d_H = Höhenunterschied benachbarter HFP

d_g = Bouguer-Anomalien, welche sich aus dem Atlas der Bouguer-Anomalien entnehmen lassen

Die obigen Ausführungen wurden unter Anlehnung an [7], [8], [13], [14], [15] und [16] verfasst.

4. Film über das Motorisierte Nivellement

4.1 Vorbereitung

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, in Zusammenarbeit mit dem LAiV, AfGVK, einen Film über das Motorisierte Nivellement in M-V zu erstellen. Hierbei soll zunächst auf die Grundlagen der Höhenbestimmung eingegangen werden. Weiterhin sollen die aktuelle Ausrüstung des Motorisierten- sowie das Teilmotorisierten Nivellements und dessen Durchführung dokumentiert werden. Dieser Film soll später zu Lehrzwecken genutzt werden.

Auf der Grundlage eines alten Films über das MotNiv entstand zunächst die Regieübersicht für den anzufertigenden Lehrfilm (s. Anhang 5.3). Die Regieübersicht, in Form einer Excel-Tabelle, zeigt hierbei den groben zeitlichen Ablauf des Lehrfilms auf. Hierbei wird die Anfangs- und Endzeit, die Zeitspanne sowie das Medium, mit dem die Szene erstellt werden soll, einschließlich einer kurzen Beschreibung dokumentiert. Die angegebenen Zeiten dienen hierbei lediglich als grober Richtwert.

Zunächst geht es darum, den Begriff „Höhe“ zu definieren und Angaben zu den verschiedenen Höhensystemen zu machen. Anschließend wird auf die unterschiedlichen Verfahren der Höhenübertragung eingegangen. Im weiteren Verlauf des Films sollen Angaben zu den Eigenschaften und der Funktionsweise von Digitalnivellieren gemacht werden sowie die Eigenschaften des Präzisionsnivellements genannt werden. Desweiteren geht es darum, zu zeigen wie das Verfahren der Nivellierprobe nach Förstner funktioniert. Bevor speziell auf das MotNiv eingegangen wird, soll das Thema „Erneuerung des DHHN 2006-2011“ beleuchtet werden. Beim MotNiv geht es vor allem um die Darstellung der verwendeten Ausrüstung sowie um die Durchführung des Verfahrens. Hierbei sollen die Unterschiede zwischen dem Motorisierten Präzisionsnivellement und dem Teilmotorisierten Präzisionsnivellement aufgezeigt werden. Ein weiteres wichtiges Thema des Filmes ist die Sicherheit während der Durchführung der Nivellementsarbeiten. Am Schluss des Filmes sollen die Vorteile des Motorisierten Präzisionsnivellements gegenüber dem Präzisionsnivellement zu Fuß aufgezählt werden.

4.2 Aufnahme des Materials

Die Aufnahme des Filmmaterials erfolgte mit einer Kamera vom Typ Sony DCR-HC 23E. Hierbei handelt es sich um eine einfache und kompakte Digitalkamera mit 2,5-Zoll-LC-Display, Carl Zeiss®-Objektiv und 20fachem optischen Zoom. Die Speicherung der Daten erfolgt hierbei auf Mini-DV-Kassetten. Mit den sogenannten DVM60-Kassetten ist es möglich, etwa eine Stunde lang Aufzeichnungen aufzunehmen. Die Aufnahmen erfolgten an mehreren Tagen, in der

Zeit vom 03.08.2011 bis 09.08.2011 und wurden alle im sogenannten „Easy-Modus“ aufgenommen. Hierbei handelt es sich um eine Einstellung an der Kamera zur einfachen und unkomplizierten Filmaufnahme, da die grundlegenden Einstellungen zur Aufnahme und Datensicherung vom Gerät automatisch übernommen werden. Desweiteren wurde ohne die Verwendung eines Statives gefilmt. Die Aufnahmen erfolgten aus der Hand, da die Kamera bei Verwendung des Easy-Modus die Stabilisation des Bildes automatisch übernimmt. Weiterhin erfolgte die Aufnahme einiger Szenen aus dem fahrenden Fahrzeug heraus. Hierbei war die Verwendung eines Statives aus Platzgründen nicht möglich.

Gefilmt wurde aus unterschiedlichen Perspektiven. In der Regel wurden die Nivellementsarbeiten nicht unterbrochen, da die Aufnahmen aus der Vorder- und Rückansicht des Messtrupps gefilmt wurden. Je nach Verkehrsdichte bzw. Verkehrsfluss wurde die Kamera am Straßenrand des Messtrupps, auf der Straße oder am gegenüberliegenden Straßenrand positioniert. Insgesamt wurden etwa eineinhalb Stunden Rohmaterial aufgenommen. Auf Grund der vielen Nebengeräusche im Straßenverkehr, durch z.B. vorbeifahrende Fahrzeuge, erfolgte die Vertonung des Materials im Nachhinein.

Die Aufnahme der Durchführung des Teilmotorisierten Nivellements fand am 03.08.2011 in der Zeit von 08 Uhr bis 12 Uhr statt. Die Szenen wurden auf dem straßenbegleitenden Radweg zwischen Friedland und Anklam aufgenommen. Die Bedingungen zum Filmen waren an diesem Tag sehr gut. Die Außentemperatur betrug 23°C, es war sonnig und es wehte ein leichter Wind. Die Schwierigkeit bestand darin, die durch die Sonne auftretenden Schatten bei der Standortwahl zu berücksichtigen sowie keine Gegenlichtaufnahmen zu machen. Auf Grund der ständigen Nebengeräusche durch den Straßenverkehr war eine vertonte Aufnahme nicht möglich. Die Tonspur wurde während der Auswertung des Materials am Computer eingefügt.

In der Zeit von 08 Uhr bis 10 Uhr am 04.08.2011 wurden die Szenen des Präzisionsnivellements zu Fuß sowie das Feldprüfverfahren nach Förstner aufgenommen. Die Aufnahmen wurden bei Nivellementsarbeiten in Sponholz gemacht. Weiterhin wurde das Montieren des Lattenschuhs auf der Lattenaufsetzfläche der Präzisionsnivellierlatte gefilmt. Die Aufnahmen der Nivellements zu Fuß sowie die der Geräteprobe, fanden nicht unter Idealbedingungen statt. Sie entstanden im Wald, wobei die idealen Sichtverhältnisse auf Grund des Bewuchses nicht gegeben waren, da zu wenig Licht zum Filmen vorhanden war.

Am 08.08.2011 wurden in der Zeit von 13 Uhr bis 14 Uhr Aufnahmen des Motorisierten Präzisionsnivellements zwischen Neubrandenburg und Friedland gemacht. Auf Grund des

einsetzenden Regens mussten die Aufnahmen jedoch abgebrochen werden, da die Sicherheit des Messtrupps nicht mehr gegeben war. Zudem herrschte an diesem Tag sehr viel Verkehr auf der Bundesstraße, was die Aufnahmen zusätzlich erschwerte.

Einen Tag später, am 09.08.2011, wurden die Aufnahmen des Vortages wiederholt. Hierbei wurde die Durchführung des Motorisierten Präzisionsnivelements auf der Bundesstraße 196 zwischen Neubrandenburg und Friedland dokumentiert. Die Wetterverhältnisse waren nicht optimal. Die Außentemperatur betrug 18°C und es wehte ein starker Wind. Zusätzlich erschwerten Regenschauer die Arbeiten. Auf Grund des Windes und des starken Verkehrsaufkommens wurden die Aufnahmen aus den eingesetzten Messfahrzeugen heraus gefilmt. Hierbei wurden Aufnahmen aus verschiedenen Perspektiven der Fahrzeuge, in der Regel aus Sicht des Beifahrers, gemacht.

4.3 Umsetzung

Die Auswertung des aufgenommenen Rohmaterials erfolgte mit Hilfe des Programms MAGIX Video deluxe 17 Premium Version. MAGIX Video ist ein Programm, welches nicht frei zugänglich ist, sondern käuflich erworben werden muss. Es bietet die Möglichkeit Filme zu erstellen und zu gestalten. Hierbei werden alle gängigen Camcorder voll unterstützt und es besteht die Möglichkeit, diese mit Hilfe des Programmes direkt anzusteuern. Weiterhin bietet das Programm die Möglichkeit verschieden Schnittwerkzeuge zur Filmerstellung zu nutzen sowie eine detaillierte Nachvertonung des Rohmaterials vorzunehmen. Neben den vielen Effekten, Blenden und Vorlagen, kann das Programm verschiedene Dateiformate ausgeben, was einen großen Vorteil darstellt

Das gefilmte Material wurde zunächst mit Hilfe des Programmes auf einen Computer übertragen und gesichert. Anschließend fand eine Vorauswahl der Szenen statt, die laut Regieübersicht zur Erstellung des Films benötigt werden. Insgesamt wurden hierbei etwa eineinhalb Stunden Rohmaterial ausgewertet. Um einen besseren Überblick über das aufgenommene Rohmaterial zu bekommen, wurden die Aufnahmen zunächst in mehrere Abschnitte unterteilt. Weiterhin wurde Filmmaterial, welches grob unbrauchbar erschien, wenn z.B. zu viel Verkehrsaufkommen die Sicht versperrte, entfernt. Nachdem Entfernen des unbrauchbaren Rohmaterials, umfassten die Aufnahmen eine Gesamtdauer von etwa einer Stunde.

Szenen des Films, welche nicht mittels Videoaufnahme realisiert werden konnten, wurden mit Hilfe des Programms Microsoft Office PowerPoint 2007 erstellt. Hierbei handelt es sich um

Ausschnitte des Films, bei denen anhand von Bildern und Texten das Thema erläutert wird. PowerPoint ist ein gebräuchliches Programm, welches zur Erstellung von interaktiven Präsentationen benutzt wird. Die Vorteile liegen hierbei im Bereich der umfangreichen Gestaltungsmöglichkeiten der Folien.

Nachdem die ausgewählten Filmsequenzen und Power Point Folien in die richtige Reihenfolge gebracht wurden, konnten Effekte und Übergänge hinzugefügt werden. Hiermit wurde jedoch sehr sparsam umgegangen. Als Übergang zwischen den Szenen wurde in der Regel der sogenannte „harte Schnitt“ verwendet.

Abschließend erfolgte die Vertonung des Filmes. Die Tonspur setzt sich hierbei aus zwei Teilen zusammen. Zum einen aus dem Tonmaterial der Umgebungsgeräusche, wie z.B. Verkehrslärm, welches direkt bei der Aufnahme des Materials gemacht wurde. Die Sprachsequenz stellt den zweiten Teil der Tonspur dar. Sie wurde im Nachhinein während der Bearbeitung des Films am Computer erstellt, da der Sprecher auf Grund der Umgebungsgeräusche während des Filmes sonst nicht zu verstehen gewesen wäre. Mit Hilfe des Programms MAGIX Video war es möglich, die unterschiedlichen Tonspuren zusammenzuführen sowie deren Lautstärke separat zu regeln. Insbesondere die Tonspur der Umgebungsgeräusche wurde so an einigen Stellen herabgesetzt, um den Erklärungen des Sprechers folgen zu können.

4.4 Ergebnis

Der erstellte Lehrfilm weist eine Spieldauer von ca. 38 Minuten auf und setzt sich aus drei Kapiteln zusammen. Durch Einfügen sogenannter Kapitelmarker ist es möglich, den Film komplett abzuspielen oder nur ausgewählte Kapitel des Films wiederzugeben. Das erste Kapitel umfasst die Grundlagen zum Thema Höhenübertragung. Die Spieldauer beträgt ca. 11 Minuten. In Kapitel Zwei wird das Motorisierte Präzisionsnivelement thematisiert. Es umfasst eine Spieldauer von etwa 16 Minuten. Im dritten Kapitel wird auf das Teilmotorisierte Präzisionsnivelement eingegangen. Die Spieldauer hierbei beträgt ca. 10 Minuten.

Insgesamt orientiert sich der Film im Ablauf an der Gliederung der vorliegenden Bachelorarbeit. Die Einleitung erfolgt durch den Vorspann sowie eine Filmsequenz von der Brodaer Höhe aus Neubrandenburg. Sie umfasst 37 Sekunden. Anschließend folgt das erste Kapitel. Hierbei werden zunächst die Begriffe „Höhe“ und „Höhensysteme“ definiert. Weiterhin erfolgen Ausführungen zu den verschiedenen Verfahren der Höhenübertragung. Wobei jeweils auf die Besonderheiten der Verfahren, die verwendeten Instrumente und die Genauigkeit eingegangen

wird. Die Verfahren der Höhenübertragung werden in einem Diagramm bezüglich Zeitaufwand und Genauigkeit miteinander verglichen. Das Diagramm stellt lediglich eine grobe Übersicht dar. Nachdem auf die Besonderheiten von Digitalnivellieren eingegangen wurde, erfolgen Ausführungen bezüglich der Instrumentenprüfung. Hierbei wird das Prüfverfahren nach Förstner in den Vordergrund gestellt, da es zur Durchführung des MotNiv in M-V genutzt wird. Anschließend wird auf die Besonderheiten des Präzisionsnivelements eingegangen. Den Übergang zum zweiten Kapitel schaffen Ausführungen des DHHN 92 sowie Angaben zur Erneuerung des DHHN.

Das zweite Kapitel beginnt mit allgemeinen Ausführungen des MotNivs sowie der Vorstellung der verwendeten Messfahrzeuge. Hierbei wird besonders auf die Spezialumbauten an den einzelnen Fahrzeugen eingegangen. Anschließend erfolgen Filmsequenzen bezüglich des Arbeitsschutzes und der Arbeitssicherheit. Als nächstes wird die Instrumentenprüfung nach Förstner aufgezeigt sowie auf die Verwendung des Lattenschuhs eingegangen. Im weiteren Verlauf des Films wird die Stationierung der einzelnen Fahrzeuge mit Hilfe des Meterzählwerks dokumentiert und der Ablauf zur Herstellung der Messbereitschaft bezüglich der Lattenfahrzeuge und des Instrumentenfahrzeugs aufgezeigt. Außerdem wird auf die Durchführung der Messung und auf die Besonderheiten beim Standpunktwechsel eingegangen.

Das dritte Kapitel zeigt den Ablauf des Teilmotorisierten Präzisionsnivelements. Zunächst werden die Besonderheiten des Verfahrens genannt. Anschließend wird auf die Durchführung der Messung eingegangen. Hierbei steht der Ablauf der Messung bezüglich der Stationierung der Fahrzeuge und des Beobachters sowie des Standpunktwechsels im Vordergrund. Desweiteren wird in diesem Kapitel kurz auf das Präzisionsnivelement zu Fuß und die Verwendung der Eisennägel eingegangen.

Der Film endet mit Ausführungen zur Auswertung der aufgenommenen Messdaten sowie dem Aufzeigen der Vorteile des MotNivs und dem Abspann.

Abschließend wurde der Film auf eine DVD gebrannt, welche sich im Anhang des Dokuments befindet (s. Anhang 5.7).

5. Anhang

5.1 Literaturverzeichnis

- [1] Petrahn, Günter: Taschenbuch Vermessung Grundlagen der Vermessungstechnik. 4. Auflage. Berlin: Cornelsen, 2007
- [2] Witte, Bertold; Schmidt Hubert: Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen. 2. Auflage. Stuttgart: Konrad Wittwer, 1991.
- [3] Stolzenberger-Ramirez, Arisleidy: GeoDZ.com Das Lexikon der Erde 29.08.2011. <http://www.geodz.com>. 29.08.2011.
- [4] Wilke, Frank: Heinrich-Hübscher-Schule Karlsruhe 11.10.2007. <http://www.frankundnancy.de>. 29.08.2011.
- [5] Wandinger, Marcus: Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) 29.08.2011. <http://www.adv-online.de> . 29.08.2011.
- [6] Lambrecht, Kerstin: Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern 29.08.2011. <http://www.laiv-mv.de>. 29.08.2011.
- [7] Bock, Martina; Weichel, Bernhard; Ihde, Johannes: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) 27.08.2011. <http://www.bkg.bund.de>. 29.08.2011.
- [8] Mirgel, Martin: Bezirksregierung Köln 24.08.2011. <http://www.bezreg-koeln.nrw.de>. 29.08.2011.
- [9] Jaron, Jürgen: MAGIX-Software für Video, Foto, Musik und Web. 29.08.2011. <http://www.magix.com>. 29.08.2011.
- [10] - :Gesetz über das amtliche Geoinformations- und Vermessungswesen vom 16. Dezember 2010. 25.08.2011. <http://www.mv.juris.de>. 29.08.2011.
- [11] Griewatsch, Dr. C.: Institut für Geowissenschaften. 29.08.2011. <http://www.ifg.uni-kiel.de>. 29.08.2011.
- [12] Gardner, Sue: Wikipedia, die freie Enzyklopädie. 16.08.2011. <http://www.wikipedia.org>. 29.08.2011.
- [13] Ministerium des Innern Verwaltung Vermessungs- und Katasterwesen: Instruktion für das Nivellement I. und II. Ordnung. 2. Ausgabe. Berlin: 1974.

[14] Kluge, W: VEB Kombinat Geodäsie und Kartographie Dresden; Motorisiertes Nivellement-Montage und Arbeitsanleitung. Band 40. Leipzig: 1978.

[15] Carl Zeiss Jena: Motorisiertes Präzisionsnivellement-Dokumentation. Jena. Vermessungs-Informationen Sonderheft Nr. 77

[16] Carl Zeiss Jena: Ausrüstungseinheiten für Motorisiertes Präzisionsnivellement. Jena. Nr. 10-K 825-1.

5.2 Abbildungsverzeichnis

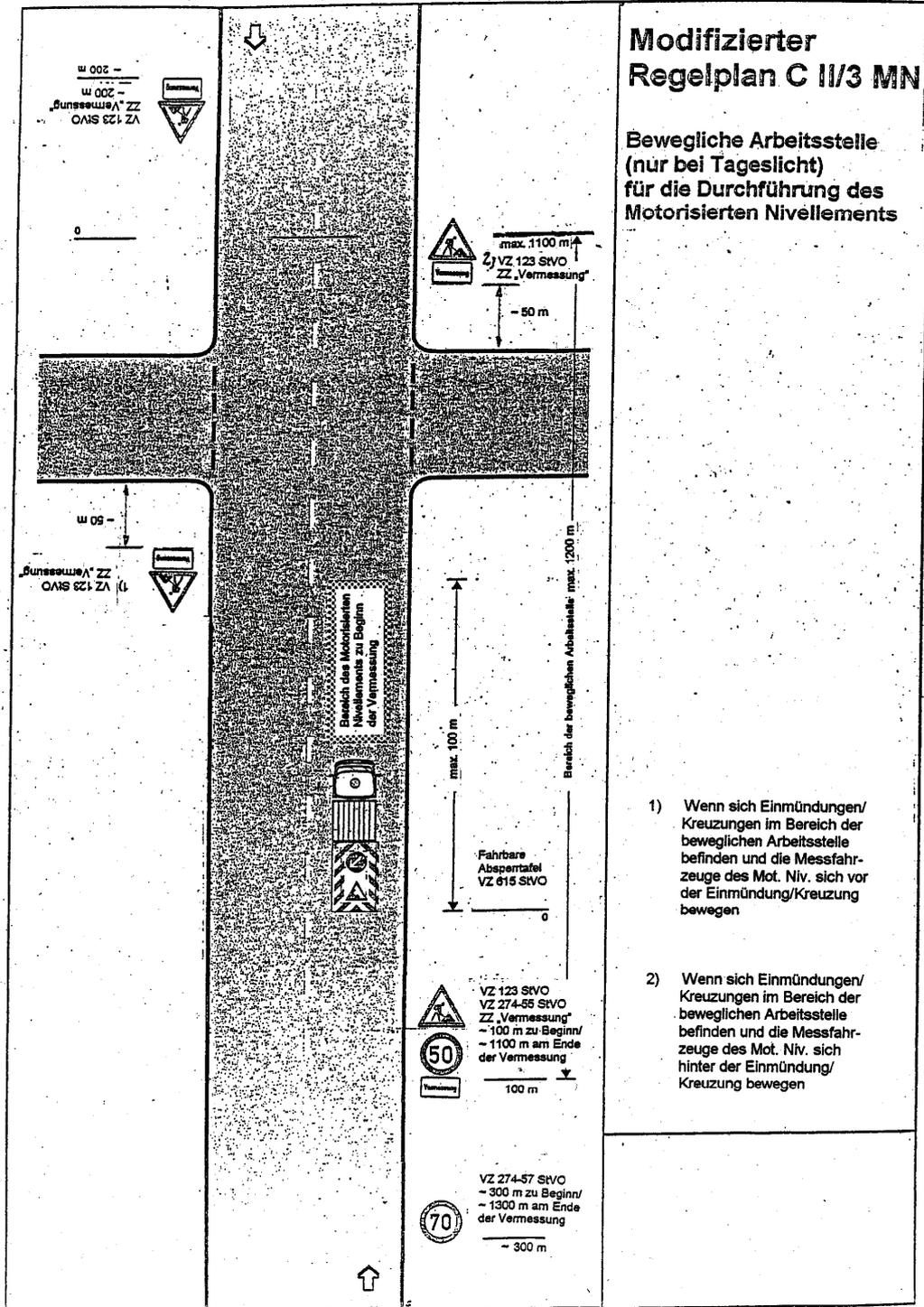
Abbildung 1: Schwerebeschleunigungen, Niveauflächen und Höhen; [1] S. 133	6
Abbildung 2: Quasigeoid und Normalhöhe; [1] S. 135	8
Abbildung 3: Normalhöhe, Quasigeoid und Höhenanomalie; www.wikipedia.de.....	9
Abbildung 4: geopotentielle Kote eines Punktes P; www.geodz.com.....	9
Abbildung 5: Bezugsfläche/ Niveaufläche, absolute Höhe, Höhenunterschied; [1] S. 190.....	12
Abbildung 6: Hydrostatische Höhenübertragung; [2] S. 323.....	13
Abbildung 7: Differenzielle Druckänderung einer Luftsäule; [2] S. 343	14
Abbildung 8: Trigonometrische Höhenbestimmung; [1] S. 190.....	15
Abbildung 9: Geometrische Höhenübertragung; [2] S. 289	16
Abbildung 10: Instrumentenfahrzeug, Stativ Transportstellung Standpunktwechsel; LAiV M-V	24
Abbildung 11: Instrumentenfahrzeug, Beobachter und Instrument in Messstellung; LAiV M-V	25
Abbildung 12: Instrumentenfahrzeug, Aufstiegsleiter; LAiV M-V.....	25
Abbildung 13: Instrumentenfahrzeug, Beobachter und Stativ in Messstellung; LAiV M-V.....	26
Abbildung 14: Bodendurchbruch offen; LAiV M-V	27
Abbildung 15: Bodendurchbruch geschlossen; LAiV M-V.....	27
Abbildung 16: Instrumentenfahrzeug, Stativ Transportstellung Standpunktwechsel; LAiV M-V	28
Abbildung 17: Instrumentenfahrzeug, Hubvorrichtung; LAiV M-V.....	28
Abbildung 18: Instrumentenfahrzeug während der Messung, Wetterschutz; LAiV M-V	29
Abbildung 19: Meterzählwerk; LAiV M-V	29
Abbildung 20: Lattenfahrzeug Fiat Strada, Transportstellung Messung; LAiV M-V	30
Abbildung 21: Lattenfahrzeug VW Polo, Messstellung; LAiV M-V	31
Abbildung 22: Lattenfahrzeug Fiat Strada, Galgen; LAiV M-V	31
Abbildung 23: Kugelgelenk; LAiV M-V	32
Abbildung 24: Kugelgelenk mit Latte; LAiV M-V	32

Abbildung 25: Lattenfahrzeug, Spezialhalterung Latte; LAiV M-V	32
Abbildung 26: Lattenfahrzeug, Nivellierlatte, Lattenuntersatz, Lattenschuh; LAiV M-V	33
Abbildung 27: Lattenfahrzeug VW Polo, modifizierte Fahrertür; LAiV M-V	34
Abbildung 28: Lattenfahrzeug, modifizierte Fahrertür, einges. Plexiglasscheibe; LAiV M-V	35
Abbildung 29: Lattenfahrzeug Fiat Strada, Ladefläche, Materialkiste; LAiV M-V	36
Abbildung 30: Schilderfahrzeug VW T4 mit Auszügen; LAiV M-V	37
Abbildung 31: Schilderfahrzeug VW T4, Ausschübe Ansicht von Hinten; LAiV M-V	37
Abbildung 32: Schilderfahrzeug VW T4, Ausschübe Seitenansicht; LAiV M-V	38
Abbildung 33: Sicherungsfahrzeug VW T4 mit Sicherungsanhänger; LAiV M-V	39
Abbildung 34: Eisennagel mit Schlagkappe; LAiV M-V	40
Abbildung 35: Dachaufbau mit Haltegestell und Steuereinrichtung; LAiV M-V	41
Abbildung 36: Stativ in Messstellung; LAiV M-V	42
Abbildung 37: Stativ in Transportstellung Standpunktwechsel; LAiV M-V	43

5.3 Regieübersicht

Zeit Anfang	Zeit Ende	Spanne	Beschreibung	Medium
00:00	00:30	00:30	Vorspann	Video
00:30	01:00	00:30	Einleitung	Video
01:00	02:00	01:00	Definition Höhe	PowerPoint
02:00	04:30	02:30	Erklärung Höhensysteme	PowerPoint
04:30	05:00	00:30	Erklärung barom. Höhenübertragung	PowerPoint
05:00	05:30	00:30	Erklärung hydrost. Höhenübertragung	PowerPoint
05:30	06:00	00:30	Erklärung trig. Höhenübertragung	PowerPoint
06:00	06:30	00:30	Erklärung geom. Höhenübertragung	PowerPoint
06:30	07:30	01:00	Diagramm Aufwand <==> Genauigkeit der unterschiedlichen Verfahren der HÜ	Excel
07:30	10:30	03:00	Erklärung + Funktionsweise Digitalnivellier	PowerPoint
10:30	12:30	02:00	Instrumentenprüfung (Förstner)	PowerPoint
12:30	14:00	01:30	Erklärung Nivellements zug	PowerPoint
14:00	15:00	01:00	Erklärung Präzisionsnivellement	PowerPoint
15:00	17:00	02:00	Erklärung DHHN 92	PowerPoint
17:00	17:30	00:30	Wiederholungsmessungen	PowerPoint
17:30	19:30	02:00	Erneuerung DHHN 2006 - 2011	PowerPoint
19:30	20:30	01:00	Vorstellung MotNiv (Entw. ...)	PowerPoint
20:30	21:30	01:00	Anordnung	Video
21:30	24:30	03:00	Vorstellung Instrumentenfahrzeug	Standbild/Foto
24:30	26:30	02:00	Vorstellung Lattenfahrzeug	Standbild/Foto
26:30	29:30	03:00	Verkehrssicherheit	PowerPoint + Standbild/Foto
29:30	31:30	02:00	Durchführung TeilMotNiv	Video
31:30	34:30	03:00	Durchführung MotNiv	Video
34:30	36:30	02:00	Auswertung	PowerPoint
36:30	38:00	01:30	Vorteile/ Ersparnis	Power Point
38:00	38:30	00:30	Abspann	Video

5.4 Modifizierter Regelplan



5.5 Danksagung

Abschließend bedanke ich mich bei allen, die mich bei der Entstehung meiner Bachelorarbeit mit Korrekturlesen und Hinweisen unterstützt haben.

Ich bedanke mich herzlich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schlosser und Herrn Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Heger für die Betreuung meiner Bachelorarbeit.

Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Landesamtes für innere Verwaltung, die mir zum Einen mein Pflichtpraktikum im 6. Semester ermöglicht haben, aus dem das Thema dieser Arbeit hervorging, zum Anderen bedanke ich mich für die Unterstützung bei der Erstellung des Films über das Motorisierte Nivellement.

Ein großer Dank gilt meinen Eltern, die mir dieses Studium ermöglicht haben.

Neubrandenburg, den 05.September 2011

5.6 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Bachelorarbeit ohne Hilfe Dritter und mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt zu haben. Alle Stellen, die aus den Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht worden. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Neubrandenburg, den 05.September 2011

Felix Möbius

5.7 DVD