



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Beurteilung von Softwarepaketen zur Ausgleichsrechnung

Bachelorarbeit

vorgelegt von: Arne Boysen



Zum Erlangen des akademischen Grades
„Bachelor of Engineering“ (B. Eng.)

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Karl Foppe

Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Heger

Bearbeitungszeitraum: 17.07.2009 – 14.09.2009



urn:nbn:de:gbv:519-thesis2009-0290-2

Zusammenfassung

In der Vergangenheit war die Hauptaufgabe des Geodäten neben der Messung von geodätischen Netzen auch die Auswertung der gemessenen Daten, wobei hierfür aufwendig von Hand gerechnet werden musste. In den letzten Jahrzehnten wurde der elektronische Rechner zum Standardinstrument für die Ausgleichung überbestimmter geodätischer Netze. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Programme geschrieben und veröffentlicht, größtenteils als kommerzielle Software, aber auch kostenlose Freeware findet immer weitere Verbreitung durch das Internet. In dieser Arbeit werden zwei kommerzielle und ein kostenloses Programm zur Ausgleichung verglichen und qualitativ bewertet.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen	7
2.1. Fehlerarten	7
2.2. Funktionales Modell	8
2.3. Stochastisches Modell	11
2.4. Ausgleichungsalgorithmus	12
2.5. Datumsdefekte	15
2.6. Chi-Quadrat-Test	17
2.7. Suche nach groben Fehlern	18
2.8. Varianzkomponentenschätzung	20
3. Verwendete Software	21
3.1. Xdesy	21
3.2. KAFKA	24
3.2.1. Datenimport	24
3.2.2. Netzausgleichung	25
3.3. CAPLAN	27
3.3.1. Datenimport	28
3.3.2. Netzaufbau	28
3.3.3. Netzausgleichung	30
4. Vergleich der Ausgleichungsergebnisse	33
4.1. Konfiguration der Ausgleichung	33
4.2. Auswertung der 2D-Teilspurminimierung	34
4.3. Auswertung der 2D-Gesamtspurminimierung	36
4.4. Auswertung der 3D-Teilspurminimierung	37
5. Zusammenfassung	43
A. Verzeichnisse	44
B. Rohdaten	47
B.1. Datensatz 2D-Netz mit Teilspurminimierung	47
B.2. Datensatz 2D-Netz mit Gesamtspurminimierung	50
B.3. Datensatz 3D-Netz mit Teilspurminimierung	53

C. Ausgleichungsergebnisse	57
C.1. Xdesy	57
C.1.1. 2D-Teilspurminimierung	57
C.1.2. 2D-Gesamtspurminimierung	61
C.1.3. 3D-Teilspurminimierung	65
C.2. KAFKA	70
C.2.1. 2D-Teilspurminimierung	70
C.2.2. 2D-Gesamtspurminimierung	78
C.2.3. 3D-Teilspurminimierung	86
C.3. CAPLAN	100
C.3.1. 2D-Teilspurminimierung	100
C.3.2. 2D-Gesamtspurminimierung	106
C.3.3. 3D-Teilspurminimierung	112
D. Danksagung	119
E. Eidesstattliche Erklärung	120

1. Einleitung

Seit mehr als 2000 Jahren beschäftigt sich der Mensch mit der Frage nach der Größe der Erde. ERATOSTHENES VON KYRENE (etwa 275–195 v. Chr.) ermittelte mit Hilfe der Meridianbogenmessung einen Erdumfang von etwa 37 300 km und gilt als Begründer der Geodäsie. Auch wenn die Entwicklung der Geodäsie die nächsten 1700 Jahre nicht völlig still stand, begannen im 16. Jh. große gesellschaftliche Umwälzungen in Europa. 1517 schlug MARTIN LUTHER (1483–1546) seine Thesen an die Wittenberger Schlosskirche und im Folgenden kam es zu vielen Krisen, die im Dreißigjährigen Krieg ihren Höhepunkt fanden. Mit dem Fortschritt in der Denkweise der Menschen setzte auch ein Wandel des Weltbildes ein, der zu vielen neuen Erfindungen in der Technik führte. Die Bedeutung der Geodäsie nahm deutlich zu, als die Entdeckungsreisen der europäischen Großmächte zunahmen und das Wissen um die Gestalt und Größe der Erde immer wichtiger wurden. Bedeutende Erfindungen für die Geodäsie dieser Zeit waren verbesserte Winkelmesstechniken aus der Astronomie sowie die Entdeckung des Logarithmus' für die Mathematik. Dieser sollte die Möglichkeiten der Mathematik für Jahrhunderte entscheidend beeinflussen. In Europa war die Zerlegung von geodätischen Problemen in Dreiecke zwar schon längere Zeit bekannt, wurde aber nur wenig genutzt. 1614/15 führte der niederländische Mathematiker und Astronom WILLBRORD SNELL VAN ROYEN (1580–1628) die erste Triangulation zur Meridianbogenmessung durch. Dafür verwendete er zur Messung der Basis Holzlatten und maß ein Basisvergrößerungsnetz. Dieses Verfahren wurde das Standardverfahren für die folgenden Meridianbogenmessungen und Landesvermessungen in aller Welt [Tor07].

Mit der Triangulation hatten Geodäten nun ein Werkzeug in der Hand, mit dem sie große Flächen in überschaubarer Zeit in Lage und Größe erfassen konnten. Allerdings traten bei der Triangulation häufig Überbestimmungen auf, d. h. für die Netze wurden mehr Beobachtungen gemacht, als für deren Berechnungen erforderlich gewesen wären. Die Lösung dieses Problems war die von CARL FRIEDRICH GAUSS (1777–1855) entwickelte Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate, die die Möglichkeit bot, selbst große Datenmengen, wie sie in geodätischen Netzen auftreten, zu bearbeiten. Als Folge der Französischen Revolution und der anschließenden Napoleonischen Kriege setzte im 18. und 19. Jh. eine Welle von Messkampagnen ein, die zum Ziel hatten, zum einen Grundlagen für militärische Karten zu sammeln und zum anderen die Basis für die Erhebung der Grundsteuer zu bilden.

Seit der rasanten Entwicklung der digitalen Rechentechnik sind die Anforderungen an den Geodäten weiter gestiegen. Mit den Möglichkeiten, immer größere Datenmengen in kürzerer Zeit auszuwerten, sind Netzausgleichungen in der Geodäsie heute am PC so schnell und einfach durchzuführen, dass es geschehen kann, dass der Blick für die Richtigkeit der Ergebnisse verloren geht. Leicht kann es passieren, dass ein Standardwert der Auswertesoftware die Umstände der Messung falsch modelliert und die Ausgleichung somit zwar Zahlen liefert, diese aber nicht dem gewünschten Ergebnis entsprechen. In dieser Arbeit wird die Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen erklärt und drei im Umfang sehr unterschiedliche Programme, die mit diesem Verfahren funktionieren, untersucht und miteinander verglichen.

2. Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen

In diesem Kapitel soll gezeigt werden, welche Methoden für die Lösung überbestimmter Probleme anzuwenden sind. Besonderes Augenmerk gilt der Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen.

In der Geodäsie ist der Grundsatz „Eine Messung ist keine Messung“ weit verbreitet. Aus diesem Grundsatz folgt, dass Überbestimmungen in geodätischen Messungen erforderlich sind, insbesondere, da Fehler im Datenmaterial nie ausgeschlossen werden können.

2.1. Fehlerarten

Vor der Einführung selbständig registrierender Tachymeter, Nivelliere und anderer Messinstrumente wurden die Messdaten von Hand protokolliert und ausgewertet. Dies führte bei mangelnder Sorgfalt zu Fehlern im Datenmaterial; bei der Auswertung der Messung mit Rechenzettel und Stift kam es immer wieder zu Rechenfehlern. Auch heute noch ist man trotz modernster Rechentechnik nicht vor menschlichen Fehlern gefeit und selbst ein verwechselter Festpunkt kann die beste Automatik nicht vor groben Fehlern bewahren. Hinzu kommen die vielen kleinen zufälligen Fehler, die dazu führen, dass, egal wie man ein Netz berechnet, immer Spannungen zwischen den Netzpunkten auftreten. Grundsätzlich werden in der Geodäsie drei Arten von Fehlern unterschieden [eaJ05]:

- grobe Fehler,
- systematische Fehler und
- zufällige Fehler.

Grobe Fehler (auch Ausreißer genannt) treten meist in Folge von Zielverwechslungen, Gerätedefekten und Verfahrensmängeln auf. Wenn sie erkannt werden, werden sie entfernt und nicht korrigiert. Systematische Fehler unterliegen funktionalen Einflüssen und sind in der Vorauswertung der Daten und/oder im funktionalen Modell zu berücksichtigen. Hierzu gehören Kalibrierfehler aller Art. Die zufälligen Fehler bilden alle Abweichungen, die nicht modellierbar sind, deren Einfluss nicht genau bekannt ist oder die aus begrenzter Auflösung des Messverfahrens stammen.

2.2. Funktionales Modell

In der Ausgleichsrechnung gibt es unterschiedliche Notationen für bestimmte Arten von Matrizen. In dieser Arbeit wird die Notation angewandt, wie sie auch NIEMEIER in seinem Buch „Ausgleichsrechnung“ verwendet [Nie08]. Dabei werden unausgeglichene Größen ohne Zusatzsymbol dargestellt, wahre Größen, deren Wert i. Allg. unbekannt bleibt mit einem \sim über dem Zeichen, ausgeglichene Größen werden mit einem $\hat{}$ über dem Zeichen dargestellt. Matrizen werden grundsätzlich als fett gedruckte Großbuchstaben geschrieben. Dies soll am Beispiel des ausgeglichenen Unbekanntenvektors verdeutlicht werden.

$$\hat{\mathbf{X}}_{u,1} = \begin{pmatrix} \hat{X}_1 \\ \hat{X}_2 \\ \vdots \\ \hat{X}_n \end{pmatrix}$$

Die Hauptidee der Ausgleichung ist es, die Beobachtungen im Netz so zu verändern, dass alle Beobachtungen spannungsfrei zueinander passen, unter der zentralen Forderung, dass die Summe der quadrierten und evtl. gewichteten Verbesserungen minimal ist. Als Vorbild für diese Forderung wurde der Mittelwert gewählt, der schon seit alters her als Ausgleichung von Überbestimmungen in der Geodäsie anerkannt ist.

$$\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v} \Rightarrow \min \quad (1)$$

Das funktionale Modell der Ausgleichung ist der erste Teil der Ingenieurleistung, die gefordert ist, damit die Ausgleichung am Ende ein sinnvolles Ergebnis liefert. Im funktionalen Modell werden die Abhängigkeiten der Unbekannten von den Beobachtungen beschrieben. Der Ausgleichungsansatz lautet

$$\Phi(\tilde{\mathbf{X}}) = \tilde{\mathbf{L}}. \quad (2)$$

Im Normalfall ist dieser funktionale Zusammenhang nicht linear, da in der Geodäsie häufig trigonometrische Funktionen und andere nichtlineare Funktionen verwendet werden. Der Ausgleichungsalgorithmus funktioniert allerdings nur in einem linearen Modell, sodass die Funktionen differenziert und linearisiert werden müssen. Diese Li-

nearisierung wird an einer Stelle 0 durchgeführt, die möglichst dicht an der gesuchten Stelle der Funktion liegt.

Aus dem Ausgleichungsansatz lässt sich erkennen, dass die Ausgleichung ein Schätzverfahren für die wahren Beobachtungen $\tilde{\mathbf{L}}$ ist, die unbekannt bleiben (3).

$$\tilde{\mathbf{L}}_{n,1} = \begin{pmatrix} \tilde{L}_1 \\ \tilde{L}_2 \\ \vdots \\ \tilde{L}_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

Für die Ausgleichung ist es notwendig, die Beobachtungen und die Unbekannten in jeweils einem Vektor zusammenzustellen. Dabei wird der Vektor der Beobachtungen mit

$$\mathbf{L}_{n,1} = \begin{pmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_n \end{pmatrix} \quad (4)$$

und der Vektor der Unbekannten mit

$$\hat{\mathbf{X}}_{u,1} = \begin{pmatrix} \hat{X}_1 \\ \hat{X}_2 \\ \vdots \\ \hat{X}_u \end{pmatrix} \quad (5)$$

bezeichnet, wobei \mathbf{L} n Elemente und \mathbf{X} u Elemente hat. Beim Aufstellen ist darauf zu achten, dass die Einheiten der Beobachtungen und Unbekannten zueinander passen. Bereits mit der Sortierung der Beobachtungen und der Unbekannten in diesen zwei Vektoren werden die Dimensionen für alle folgenden Matrizen festgelegt. Die Reihenfolge der Beobachtungen und der Unbekannten kann im weiteren Verlauf der Rechnung nicht mehr geändert werden. Aus der Zeilenanzahl der beiden Vektoren ergibt sich auch die Anzahl der Freiheitsgrade f der Ausgleichung:

$$f = n - u. \quad (6)$$

Für $f = 0$ ist das System nicht überbestimmt und es ist keine Ausgleichung möglich, aber eine Fehlerfortpflanzung. Sollte $f < 0$ sein, liegt eine Unterbestimmung vor und

das System ist gar nicht zu lösen.

Der Vektor der genäherten Unbekannten wird aufgestellt, da für die Ausgleichung Näherungen benötigt werden (7). Sollte es passieren, dass die Näherungen zu schlecht und am Ende der Ausgleichung die Verbesserungen zu groß sind, kann die Ausgleichung auch iterativ durchgeführt werden, wobei die ausgeglichenen Unbekannten die neuen genäherten Unbekannten werden. Die genäherten Unbekannten werden aus den Beobachtungen berechnet und es ist dabei nicht entscheidend, über welchen Weg die Näherungen ermittelt werden. Bei Lagekoordinaten werden häufig Polygonzüge für die Berechnung der Näherungskordinaten verwendet.

$$\mathbf{X}_0 = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_u \end{pmatrix} \quad (7)$$

Mit den genäherten Unbekannten können über die funktionalen Zusammenhänge die genäherten Beobachtungen berechnet werden (8). Auch sie sind notwendig für die Linearisierung des funktionalen Modells.

$$\mathbf{L}_0 = \Phi(\mathbf{X}_0) \quad (8)$$

Aus den Beobachtungen und den genäherten Beobachtungen wird durch subtrahieren der Vektor der gekürzten Beobachtungen gebildet:

$$\mathbf{l} = \mathbf{L} - \mathbf{L}_0. \quad (9)$$

Ziel der Ausgleichung soll es sein, für jede Beobachtung eine entsprechende Verbesserung zu bestimmen, die dem funktionalen Zusammenhang von Beobachtungen und Unbekannten entspricht. Dieses Ziel beschreiben die nichtlinearen Verbesserungsgleichungen. Sie werden am Ende der Ausgleichung aufgestellt und dienen als Verprobung für das funktionale Modell:

$$\hat{L}_j = L_j + v_j = \Phi_j(\hat{\mathbf{X}}). \quad (10)$$

Der funktionale Zusammenhang wird in der Design- oder Konfigurationsmatrix beschrieben (11). Sie enthält alle partiellen Ableitungen der Funktionen der Unbekannten nach den Unbekannten an der Stelle 0. Hier liegt der Schwerpunkt der Arbeit

des Ingenieurs, der bei der Aufstellung der Designmatrix erkennen muss, welche Unbekannten funktional miteinander verbunden sind.

$$\mathbf{A}_{n,u} = \left(\frac{\partial \Phi(\mathbf{X})}{\partial \mathbf{X}} \right)_0 = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial \Phi_1(\mathbf{X})}{\partial X_1} \right)_0 & \cdots & \left(\frac{\partial \Phi_1(\mathbf{X})}{\partial X_u} \right)_0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \left(\frac{\partial \Phi_n(\mathbf{X})}{\partial X_1} \right)_0 & \cdots & \left(\frac{\partial \Phi_n(\mathbf{X})}{\partial X_u} \right)_0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Mit der Designmatrix \mathbf{A} lauten die linearisierten Verbesserungsgleichungen

$$\hat{\mathbf{l}} = \mathbf{l} + \mathbf{v} = \mathbf{A} \cdot \hat{\mathbf{x}}. \quad (12)$$

Sie haben eine wichtige Funktion im Ausgleichungsalgorithmus und sind in umgestellter Form in Formel (22) wieder zu erkennen.

2.3. Stochastisches Modell

Das stochastische Modell der Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen dient zur Gewichtung der Beobachtungen und stellt den Grad der stochastischen Abhängigkeit zwischen den Beobachtungen dar (Korrelationen). Über die funktionalen Beziehungen aus der Designmatrix haben sie direkten Einfluss auf die Genauigkeitsmaße der ausgeglichenen Unbekannten und deren funktionale Abhängigkeiten.

Das Herzstück des stochastischen Modells bildet die Kovarianzmatrix der Beobachtungen mit den *a priori*-Genauigkeiten der Beobachtungen sowie ihre Abhängigkeiten untereinander (13). Auf der Hauptdiagonale stehen die Varianzen der Beobachtungen und auf den Nebendiagonalelementen die Korrelationen zwischen den Beobachtungen. Die Kovarianzmatrix ist eine quadratische Matrix, die aber häufig aufgrund mangelnder Informationen über Korrelationen oder nicht vorhandener Korrelationen nur auf der Hauptdiagonalen besetzt ist und somit die Form einer Diagonalmatrix aufweist.

$$\Sigma_{n,nLL} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \rho_{12}\sigma_1\sigma_2 & \cdots & \rho_{1n}\sigma_1\sigma_n \\ \rho_{21}\sigma_2\sigma_1 & \sigma_2^2 & \cdots & \rho_{2n}\sigma_2\sigma_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n1}\sigma_n\sigma_1 & \rho_{n2}\sigma_n\sigma_2 & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Die Varianz der Gewichtseinheit σ_0^2 ist ein Wert, der grundsätzlich vom Anwender

beliebig bestimmt werden kann. In der Praxis zeigt sich allerdings sehr schnell, dass eine überlegte Wahl dieses Wertes die numerische Stabilität des Ausgleichungsalgorithmus' deutlich erhöht. Als Faktor vor die Kofaktormatrix gezogen, ergibt sie mit dieser wieder die Kovarianzmatrix. Am Ende der Ausgleichung können die *a priori*-Varianz der Gewichtseinheit σ_0^2 und die *a posteriori*-Varianz der Gewichtseinheit s_0^2 ins Verhältnis gesetzt werden und lassen so Aussagen über die Güte des stochastischen Modells zu (siehe 2.6).

Die Kofaktormatrix der Beobachtungen ist, wie oben bereits beschrieben, die mit dem Faktor $1/\sigma_0$ multiplizierte Kovarianzmatrix der Beobachtungen (14). Sie bildet die Grundlage für die Berechnung der Gewichtsmatrix, deren Inverse sie ist(15). Hieraus lässt sich auch erkennen, wie die Gewichtungen der Beobachtungen in der Ausgleichung gehandhabt werden. Große Standardabweichungen, die ungenauen Messwerten entsprechen, erhalten ein geringes Gewicht und genaue Messwerte erhalten ein hohes Gewicht und somit starken Einfluss auf die ausgeglichenen Unbekannten.

$$\mathbf{Q}_{n,n_{LL}} = \frac{1}{\sigma_0^2} \cdot \Sigma_{n,n_{LL}} \quad (14)$$

$$\mathbf{P}_{n,n} = \mathbf{Q}_{n,n_{LL}}^{-1} \quad (15)$$

Mit dem Aufstellen der Gewichtsmatrix ist das stochastische Modell vollständig.

2.4. Ausgleichungsalgorithmus

Mit dem Aufstellen des funktionalen und des stochastischen Modells sind die wesentlichen Leistungen des Anwenders erbracht. Der Ausgleichungsalgorithmus ist Rechenarbeit, auf die der Anwender keinen Einfluss mehr hat und ein sinnvolles Ergebnis liefert, wenn bei der Aufstellung der Modelle keine Fehler unterlaufen sind. Die folgenden Rechenschritte sind in der Software implementiert und werden numerisch gelöst. Hierbei kann es zu Schwierigkeiten kommen, wie weiter unten beschrieben wird.

Der wichtigste Teil des Algorithmus' sind die Normalgleichungen. Auch wenn diese nicht explizit gelöst werden, beschreiben sie doch die Zusammenhänge zwischen Beobachtungen, Gewichtungen und Unbekannten. Stellt man die Normalgleichungen nach dem Vektor der ausgeglichenen gekürzten Unbekannten um und löst das

Gleichungssystem, hat man das Ziel der Ausgleichung erreicht (siehe (20)):

$$\mathbf{N} \cdot \hat{\mathbf{x}} - \mathbf{n} = \mathbf{0}. \quad (16)$$

u,u $u,1$ $u,1$

In der Normalgleichungsmatrix fließen die Gewichte und funktionalen Zusammenhänge ineinander. An dieser Stelle sind schon die Informationen vorhanden, welche Unbekannten mit welcher Genauigkeit bestimmt wurden. Man kann die Normalgleichungsmatrix auch als Gewichtsmatrix der ausgeglichenen Unbekannten bezeichnen:

$$\mathbf{N} = \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{A}. \quad (17)$$

u,u u,n n,n n,u

Um aus der Normalgleichungsmatrix wieder eine Kofaktormatrix zu erzeugen, muss die Normalgleichungsmatrix invertiert werden(18). Hierbei kann es allerdings zu Problemen kommen, die entweder auf falsche Modellbildung (siehe Abschnitt 2.5) oder schlechte Numerik zurückzuführen sind. Für die Inversion sind aus der Numerik verschiedene Verfahren bekannt und manche Ausgleichungsprogramme bieten auch mehrere Verfahren an. Für die Inversion kann eine Pivotisierung verwendet werden, die die Inversion zwar numerisch stabiler macht, dafür aber mehr Speicherkapazität und Rechenleistung benötigt. Weiteren großen Einfluss auf die Inversionsfähigkeit der Normalgleichungsmatrix hat die Wahl von σ_0 bei der Aufstellung des stochastischen Modells. Ist σ_0 unpassend gewählt, können sehr kleine Zahlen bei der Inversion auftreten, die, um grob falsche Werte zu vermeiden, bei einer Unterschreitung einer im Programm vorgegebenen Schwelle, als Null interpretiert werden. Sollte dieser Fall eintreten, kann mit einer Änderung von σ_0 das Problem in den meisten Fällen gelöst werden. Ist allerdings ein Datumsdefekt übersehen worden, bringt auch eine Änderung von σ_0 keine Besserung.

$$\mathbf{Q} = \mathbf{N}^{-1} \quad (18)$$

u,u $\hat{X}\hat{X}$ u,u

Der Absolutgliedvektor ist das Ergebnis der Zusammenführung von Beobachtungen, Gewichten und funktionalen Zusammenhängen und ist zusammen mit der Kofaktormatrix der ausgeglichenen Unbekannten Bestandteil der Normalgleichungen:

$$\mathbf{n} = \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{l}. \quad (19)$$

$u,1$ u,n n,n $n,1$

Die umgestellten Normalgleichungen ergeben den Vektor der ausgeglichenen gekürzten Unbekannten. Dieser ist die Lösung der Ausgleichung im linearisierten funktio-

nalen Modell:

$$\hat{\mathbf{x}}_{u,1} = \mathbf{Q}_{u,u} \hat{\mathbf{X}} \hat{\mathbf{X}} \cdot \mathbf{n}_{u,1}. \quad (20)$$

Um die ausgeglichenen Unbekannten zu erhalten, müssen nur noch die genäherten Unbekannten zu den ausgeglichenen gekürzten Unbekannten addiert werden:

$$\hat{\mathbf{X}}_{u,1} = \mathbf{X}_{u,1} + \hat{\mathbf{x}}_{u,1}. \quad (21)$$

Genauso wie für die Unbekannten ein Zuschlag berechnet wird, der auf die Näherung addiert wird, gibt es auch für die Beobachtungen einen solchen Zuschlag, der Verbesserung genannt wird. Diese Verbesserungen entsprechen der Hauptforderung der Ausgleichung (siehe (1)):

$$\mathbf{v}_{n,1} = \mathbf{A}_{n,u} \cdot \hat{\mathbf{x}}_{u,1} - \mathbf{l}_{n,1}. \quad (22)$$

Addiert man nun die Verbesserungen auf die gekürzten Beobachtungen, erhält man die ausgeglichenen Beobachtungen, die wiederum nur für das linearisierte Modell von Bedeutung sind:

$$\hat{\mathbf{l}}_{n,1} = \mathbf{l}_{n,1} + \mathbf{v}_{n,1}. \quad (23)$$

Um die ausgeglichenen Beobachtungen zu erhalten, werden die Verbesserungen mit den genäherten Beobachtungen addiert:

$$\hat{\mathbf{L}}_{n,1} = \mathbf{L}_{n,1} + \mathbf{v}_{n,1}. \quad (24)$$

Ob das funktionale Modell in Ordnung ist, kann mit einer einfachen Probe festgestellt werden. Dazu wird geprüft, ob die am Anfang der Ausgleichung aufgestellten Funktionen der Unbekannten wirklich den Beobachtungen entsprechen.

$$\hat{\mathbf{L}} \stackrel{!}{=} \Phi(\hat{\mathbf{X}}) \quad (25)$$

Da das funktionale Modell geprüft wurde, kann auch das stochastische Modell zu Ende berechnet werden. Dazu wird die Varianz der Gewichtseinheit *a posteriori* berechnet. Aus dem Verhältnis der Varianzen der Gewichtseinheiten vor und nach der Ausgleichung kann, wie oben bereits erwähnt, auf die Qualität des stochastischen Modells geschlossen werden (siehe Abschnitt 2.6).

$$s_0^2 = \frac{\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}}{n - u} \quad (26)$$

Mit der Varianz der Gewichtseinheit *a posteriori* können die weiteren Kovarianzmatrizen aus den entsprechenden Kofaktormatrizen berechnet werden. Wie in der Kovarianzmatrix der Beobachtungen stehen auch in den weiteren Kovarianzmatrizen die Varianzen der entsprechenden Werte auf der Hauptdiagonalen und die Korrelationen auf den Nebendiagonalelementen. Die Kovarianzmatrix der ausgeglichenen Unbekannten ergibt sich wie folgt:

$$\Sigma_{u,u\hat{X}\hat{X}} = s_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{u,u\hat{X}\hat{X}}. \quad (27)$$

Mit der Kofaktormatrix und der Kovarianzmatrix der ausgeglichenen Beobachtungen können eventuell vorhandene grobe Fehler aufgedeckt werden. Dazu mehr in Abschnitt (2.7).

$$\mathbf{Q}_{n,n\hat{L}\hat{L}} = \mathbf{A}_{n,u} \cdot \mathbf{Q}_{u,u\hat{X}\hat{X}} \cdot \mathbf{A}_{u,n}^T \quad (28)$$

$$\Sigma_{u,u\hat{L}\hat{L}} = s_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{u,u\hat{L}\hat{L}} \quad (29)$$

Aus der Formel (30) zur Berechnung der Kofaktormatrix der Verbesserungen ist zu erkennen, dass die Kofaktormatrix der ausgeglichenen Beobachtungen immer kleiner ist als die Kofaktormatrix der nicht ausgeglichenen Beobachtungen. Hieraus ist zu erkennen, dass eine Ausgleichung immer eine Steigerung der Genauigkeit zur Folge hat [Fop09].

$$\mathbf{Q}_{n,n_{VV}} = \mathbf{Q}_{n,n_{LL}} - \mathbf{Q}_{n,n\hat{L}\hat{L}} \quad (30)$$

$$\Sigma_{u,u_{VV}} = s_0^2 \cdot \mathbf{Q}_{u,u_{VV}} \quad (31)$$

2.5. Datumsdefekte

In Formel 6 wurde die Anzahl der Freiheitsgrade von der Anzahl der Beobachtungen und der Unbekannten abhängig gemacht. Es besteht die Möglichkeit, dass ein Netz zwar in sich gut gemessen und überbestimmt wurde, allerdings sind keine oder zu wenige Anschlusspunkte vorhanden, d. h. es sind nur Näherungskordinaten für die unbekannt Punkte vorhanden und das Netz ist frei gelagert. Dies scheint offensichtlich kein Problem zu sein, führt man aber eine Ausgleichung durch, wird man bei der Inversion der Normalgleichungsmatrix zur Erzeugung der Kofaktormatrix der ausgeglichenen Unbekannten feststellen, dass eine Inversion nicht möglich ist.

Der Grund ist eine singuläre Normalgleichungsmatrix, da sich die Anzahl der Freiheitsgrade f folgendermaßen ändert, wobei d die Anzahl der Datumsdefekte angibt:

$$f = n - u + d. \quad (32)$$

Um dieses Problem zu lösen, ist eine Erweiterung des funktionalen Modells notwendig. Es werden zusätzlich d Bedingungen eingeführt, sodass sich folgendes erweitertes Modell einer Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen mit Bedingungsbedingungen ergibt [Nie08]:

$$\mathbf{A} \cdot \hat{\mathbf{x}} = \mathbf{l} + \mathbf{v} \quad (33)$$

$$\mathbf{B}^T \cdot \hat{\mathbf{k}} = \mathbf{b} \quad (34)$$

Ohne an dieser Stelle auf die Herleitung einzugehen, ergibt sich ein erweitertes System der Normalgleichungen

$$\begin{bmatrix} \mathbf{N} & \mathbf{B} \\ \mathbf{B}^T & \mathbf{0} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{x}} \\ \hat{\mathbf{k}} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{n} \\ \mathbf{b} \end{bmatrix} = \mathbf{0} \quad (35)$$

mit

$$\begin{bmatrix} \mathbf{N} & \mathbf{B} \\ \mathbf{B}^T & \mathbf{0} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{11} & \mathbf{Q}_{12} \\ \mathbf{Q}_{21} & \mathbf{Q}_{22} \end{bmatrix}. \quad (36)$$

Stellt man das Normalgleichungssystem um, ergibt sich für den Vektor der ausgeglichenen Beobachtungen $\hat{\mathbf{x}}$

$$\begin{bmatrix} \hat{\mathbf{x}} \\ \hat{\mathbf{k}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{11} & \mathbf{Q}_{12} \\ \mathbf{Q}_{21} & \mathbf{Q}_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{n} \\ \mathbf{b} \end{bmatrix} \quad (37)$$

Besonderes Augenmerk liegt auf der Matrix \mathbf{Q}_{11} . Sie weist alle Eigenschaften einer Inversen auf und kann als sog. Pseudoinverse \mathbf{N}^+ der Normalgleichungsmatrix \mathbf{N} verwendet werden. Es gelten ohne Beweis

$$\mathbf{Q}_{11} = \mathbf{N}^+ \quad (38)$$

und

$$\mathbf{Q}_{XX} = \mathbf{Q}_{11}. \quad (39)$$

Mit dieser Pseudoinversen lässt sich nun mit den gleichen Rechenoperationen die Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen bis zum Ende durchrechnen.

Bei Lagenetzausgleichungen sind bis zu vier Bedingungen möglich, zwei Translationen, jeweils in Rechts- und Hochwert, eine Rotation um die vertikale Achse und ein Maßstabsfaktor für die Streckenmessungen. Für ein Höhennetz gibt es drei mögliche Bedingungen; eine Translation in der Höhe und zwei Rotationen jeweils um die Rechts- und die Hochachse.

2.6. Chi-Quadrat-Test

Ein Gütekriterium der Ausgleichung im Allgemeinen und des stochastischen Modells im speziellen ist der Chi-Quadrat-Test (auch χ^2 -Test), mit dem geprüft wird, ob die *a priori*-Varianz der Gewichtseinheit σ_0^2 (theoretische Varianz) signifikant von der *a posteriori*-Varianz der Gewichtseinheit s_0^2 (empirische Varianz) abweicht. Für die weiteren Betrachtungen wird davon ausgegangen, dass die empirische Varianz größer ist als die theoretische Varianz

$$s_0^2 > \sigma_0^2 \quad (40)$$

. Dazu werden zwei Hypothesen aufgestellt, die Nullhypothese geht davon aus, dass beide Varianzen den gleichen Erwartungswert haben, die Alternativhypothese, dass sich der Erwartungswert von s_0^2 größer ist als der von σ_0^2 . [Fop09]

$$H_0 : E\{s_0^2\} = \sigma_0^2 \quad (41)$$

$$H_A : E\{s_0^2\} > \sigma_0^2 \quad (42)$$

Als Testgröße können zwei gleichwertige Testgrößen herangezogen werden. Zum einen kann die Chi-Quadrat-Verteilung verwendet werden, zu anderen die Fisher-Verteilung. Für die beiden Verteilungen gilt folgender Zusammenhang:

$$\chi_f^2 = f \cdot F_{f,\infty}. \quad (43)$$

Als Testgröße mit der Chi-Quadrat-Verteilung wird verwendet:

$$\hat{\chi}_f^2 = f \cdot \frac{s_0^2}{\sigma_0^2}. \quad (44)$$

Für die Verwendung der Fisher-Verteilung ergibt sich:

$$\hat{F}_{f,\infty} = \frac{s_0^2}{\sigma_0^2}. \quad (45)$$

Für die Tests werden die jeweiligen Quantile der Verteilungen bei Berechnung von Hand aus Tafeln entnommen, in Programmen werden die entsprechenden Quantile berechnet. Verwendet werden die Quantile $\chi_{f,1-\alpha}^2$ und $F_{f,\infty,1-\alpha}$ mit $\alpha = 0,05$ oder $\alpha = 0,01$. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ wird hierbei als Standardwert verwendet und indiziert eine signifikante Veränderung. Für manche Anwendungen ist der Nachweis einer hochsignifikanten Änderung gefordert und es wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,01$ verwendet.

Im letzten Schritt des Test werden die Testgröße und das Quantil der Verteilungsfunktion miteinander verglichen und eine Entscheidung getroffen, welche der beiden am Anfang aufgestellten Hypothesen richtig ist. Für

$$\hat{F}_{f,\infty} \leq F_{f,\infty,1-\alpha} \text{ bzw. } \hat{\chi}_f^2 \leq \chi_{f,1-\alpha} \quad (46)$$

ist die Nullhypothese H_0 anzunehmen und keine signifikante Abweichung des Erwartungswertes von der Varianz zu erkennen. Für den Fall, dass

$$\hat{F}_{f,\infty} > F_{f,\infty,1-\alpha} \text{ bzw. } \hat{\chi}_f^2 > \chi_{f,1-\alpha}, \quad (47)$$

ist die Alternativhypothese H_A anzunehmen und es liegt je nach gewählter Irrtumswahrscheinlichkeit α eine signifikante oder hochsignifikante Abweichung des Erwartungswertes von der Varianz vor. In diesem Fall ist mit großer Wahrscheinlichkeit ein Fehler im stochastischen Modell vorhanden und das Modell muss überprüft und ggf. korrigiert werden.

2.7. Suche nach groben Fehlern

Bei der Suche nach groben Fehlern haben sich zwei Verfahren in der Praxis bewährt: Ausreißertests oder multiple Tests mit standardisierten Verbesserungen und der BAARDA-Test [Nie08].

Multiple Tests haben ihren Namen erhalten, weil sie nicht als einzelner Test durchgeführt werden, sondern für jede Beobachtung einzeln berechnet und ausgewertet

werden müssen. Als Testgröße wird hier die standardisierte Verbesserung verwendet:

$$w_i = \frac{v_i}{\sigma_{v_i}} = \frac{v_i}{\sigma_0 \sqrt{(q_{vv})_{ii}}} \quad (48)$$

Als Quantil wird hierbei die Normalverteilung genommen, da davon ausgegangen wird, dass die Testgröße auch normalverteilt ist. Schwierig erweist sich dabei die Festlegung der Irrtumswahrscheinlichkeit, da eine globale Aussage über das Modell getroffen werden soll, der Test sich aber nur auf eine einzelne Größe des Modells beschränkt. Als einfache Lösung wird hier eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha^* = \frac{\alpha}{n}$ verwendet. Bei großen Netzen kann dies dazu führen, dass das Quantil der Normalverteilung sehr groß wird und daher keine sinnvollen Ergebnisse mehr zu erzielen sind. Abhilfe kann hier durch eine Auswertung von Teilnetzen geschaffen werden.

Der BAARDA-Test dient dazu, einen einzelnen Ausreißer in den Beobachtungen zu finden. Dazu wird ein Fehlervektor $\Delta \mathbf{l}_i$ eingeführt:

$$\Delta \mathbf{l}_i = \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \Delta l_i \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (49)$$

Es wird davon ausgegangen, dass der Fehler sich auch auf die Verbesserung Δv_i auswirkt. Ziel des Tests ist es, diese Auswirkung auf die Verbesserung aufzudecken. Hierzu wird der minimal aufdeckbare Fehler

$$\nabla l_i = -\frac{\sigma_0^2}{\sigma_{v_i}} \delta_i \quad (50)$$

mit einem Nichtzentralitätsparameter

$$\delta_i = -\frac{\sigma_{v_i}}{\sigma_0^2} \cdot E(\Delta \mathbf{l}_i) \quad (51)$$

berechnet.

2.8. Varianzkomponentenschätzung

Bei einer Ausgleichung kann es passieren, dass der Chi-Quadrat-Test keine signifikante Abweichung der beiden Varianzen der Gewichtseinheiten aufweist. Trotzdem besteht die Möglichkeit, dass das stochastische Modell nicht ideal ist oder gar Fehler aufweist, die sich aber mit dem Chi-Quadrat-Test nicht aufdecken lassen. Der Chi-Quadrat-Test lässt keine differenzierte Betrachtung unterschiedlicher Gruppen von Beobachtungen zu. Die meisten geodätischen Netze bestehen aus zwei grundsätzlich verschiedenen Beobachtungsarten, nämlich Richtungen bzw. Winkel und Strecken. Weitere Beobachtungsgruppen sind Höhenunterschiede und GPS-Basislinien. Die Idee hinter der Varianzkomponentenschätzung ist, anstatt eine einzige Varianz der Gewichtseinheit für alle Beobachtungen zu berechnen, werden für vorher festgelegte Gruppen von Beobachtungen jeweils eine Varianzkomponente geschätzt. Dies bietet viele Möglichkeiten zur Auswertung und zur Aufdeckung von Fehlern. Eine Varianzkomponentenschätzung zeigt die unterschiedlich starken Einflüsse der verschiedenen Gruppen von Beobachtungen und lässt so eine Aussage darüber zu, ob einzelne Gruppen von Beobachtungen im stochastischen Modell einen zu großen Einfluss haben. Die Varianzkomponenten werden dabei in einem iterativen Algorithmus bestimmt. Auf eine formale Herleitung sowie Erläuterung des Algorithmus wird an dieser Stelle verzichtet. Besonders gut verständlich ist die Varianzkomponentenschätzung bei NIEMEIER [Nie08] erklärt.

3. Verwendete Software

Nachdem auf die grundlegenden Algorithmen der Ausgleichsrechnung eingegangen wurde, werden im Folgenden die verwendeten drei Softwarepakete

- Xdesy
- KAFKA
- CAPLAN

erläutert. Es werden der Umfang, die Funktionen und der Aufbau der Software beschrieben.

3.1. Xdesy

Xdesy ist ein kostenloses Ausgleichsprogramm, das aus dem Internet heruntergeladen werden kann [Ker08]. Das Programm wurde von PROF. DR.-ING. FREDIE KERN, freiberuflicher Vermessungsingenieur und Professor für Geoinformatik an der Hochschule Mainz, für Netzausgleichungen in Lage-, Höhen- und GPS-Netzen sowie für photogrammetrische Beobachtungen und Koordinatentransformationen nach der Methode der kleinsten Quadrate geschrieben.

Xdesy funktioniert nach dem Prinzip eines Filters, in den eine Eingangsdatei im selbst entwickelten Datenformat `.MKR` eingelesen wird und das Ergebnis in einer zweiten ASCII-Datei ausgegeben wird. Seit der Version 1.9.03 von 2008 bietet Xdesy zusätzlich zum Aufruf über die DOS-Eingabeaufforderung von Windows auch die Möglichkeit, die Einstellungen für den Start des Programms über eine grafische Benutzerschnittstelle (GUI) (siehe Abb.(1)) vorzunehmen. Dazu ist das GUI-Fenster in fünf Reiter aufgeteilt, über die die verschiedenen Optionen des Programms aufgerufen werden können. Dabei werden bei der Auswahl der Programmoptionen die entsprechenden Auswahlparameter der DOS-Eingabe angehängt bzw. entfernt. Mit diesem Interface ist eine grundlegende Steuerung des Programms möglich, allerdings muss für die vollständige Nutzung trotzdem auf die DOS-Eingabe zurückgegriffen werden.

Im ersten Reiter „Eingabe“ wird die Eingabedatei einschließlich Pfad angegeben. Dabei ist über ein gewohntes Windows-Verzeichnisbaum-Fenster der Pfad zur Eingabe-

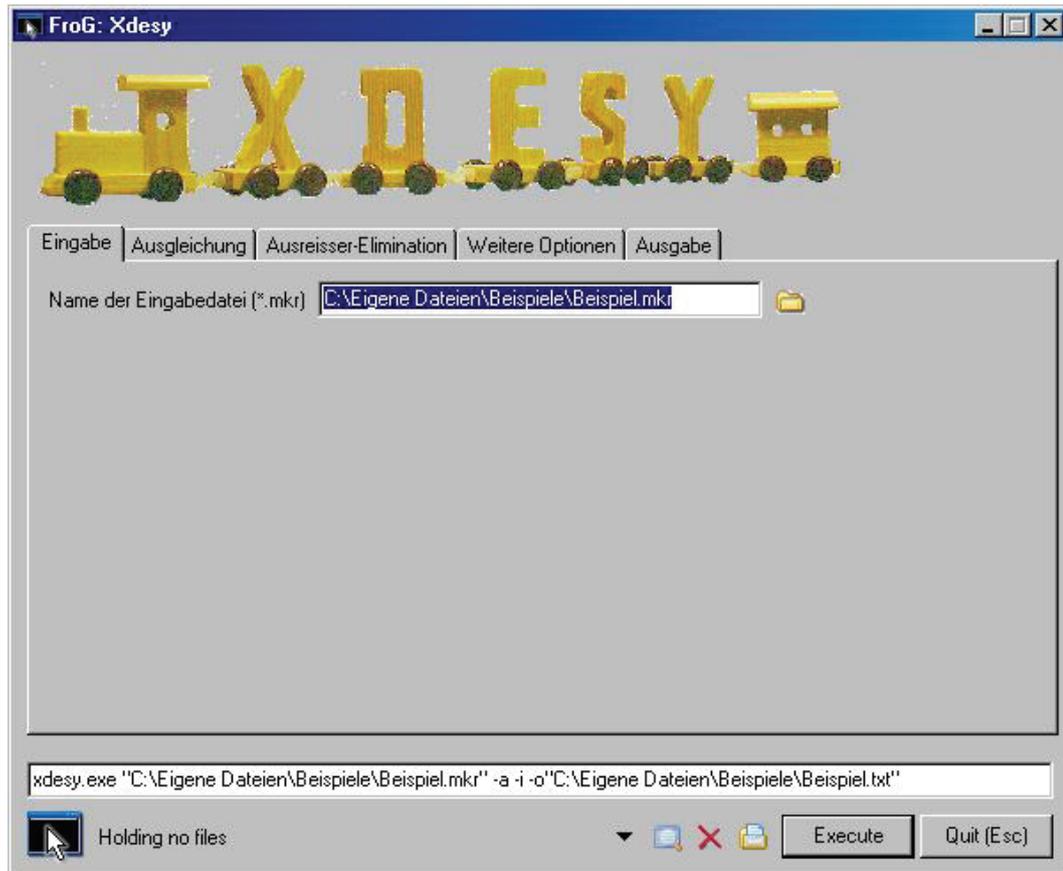


Abbildung 1: Xdesy: grafische Benutzeroberfläche

bedatei auswählbar; der Name der Datei muss allerdings noch von Hand eingegeben werden.

Der zweite Reiter „Ausgleichung“ bestimmt, ob und wie Näherungswerte für die Unbekannten bestimmt werden sollen. Es gibt drei Optionen: „ohne“, „normal“ und „Vorrangig über Polygonzüge“. Eine automatische Bestimmung der Näherungswerte ist immer dann nötig, wenn in Netzen nur die Anschlusspunkte bekannt sind und für die Neupunkte keine Näherungskordinaten vorhanden sind. Für die Ausgleichung sind drei Optionen wählbar: „ohne“, „Ausgleichung (unter Zwang)“ und „Freie Ausgleichung“. Mit der Option „ohne“ liest Xdesy die Eingangsdaten nur ein, gleicht sie aber nicht aus und gibt als Ergebnis eine Datei zurück, in der die eingelesenen Beobachtungen sortiert wurden. Die zweite Einstellung „Ausgleichung (unter Zwang)“ ist die herkömmliche Ausgleichung nach der L2-Norm. Die „Freie

Ausgleichung“ ermöglicht eine zwangsfreie Lagerung des Netzes, wobei zur Lösung der Datumsproblematik (siehe 2.5) zusätzliche Bedingungen automatisch vom Programm eingeführt werden. Für den Fall, dass große Verbesserungen auftreten, kann das Programm die Ausgleichung auch iterativ durchführen, wobei die Anzahl der Iterationen durch Benutzer festgelegt wird. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn eine ausreichende Linearisierung des funktionalen Modells nicht gewährleistet ist. Dem Programm fehlt die Möglichkeit, eine Genauigkeitsgrenze festzulegen, bei deren Erreichen das Programm automatisch die Iteration abbricht.

Im dritten Reiter „Ausreißer-Elimination“ lässt sich einstellen, ob und wie nach Ausreißern im Datenmaterial gesucht werden soll. Auch hierfür stehen drei mögliche Einstellungen zur Wahl: „ohne“, „Data-Snooping“ und „L1-Norm“. Eine Ausreißersuche ist sinnvoll, wenn davon ausgegangen werden muss, dass in den Rohdaten grobe Fehler vorhanden sind. Wenn beim ersten Durchlauf einer Ausgleichung große Verbesserungen entstehen, ist davon auszugehen, dass ein oder mehrere grobe Fehler im Datenmaterial vorliegen (siehe 2.7).

Über den vierten Reiter „Weitere Optionen“ können die Varianzkomponentenschätzung und der Debug-Modus aktiviert werden. Mit der Varianzkomponentenschätzung können einzelne Gruppen von Beobachtungen wie z. B. Horizontalstrecken, Richtungen und Zenitwinkel auf ihren Einfluss in der Ausgleichung überprüft werden (siehe 2.8). Der Debug-Modus erlaubt eine detaillierte Fehlersuche, indem alle bei der Ausgleichung aufgestellten Matrizen als ASCII-Datei im Matlab-Format `.M` gespeichert werden. Diese werden im Hauptverzeichnis von Xdesy abgelegt. Zusätzlich werden bei der Ausgabe im DOS-Fenster weitere Informationen zum Berechnungsfortschritt angezeigt.

Der letzte Reiter „Ausgabe“ enthält die Optionen für die Ausgabe der Ausgleichungsergebnisse sowie für Visualisierungen. Dazu steht unter „Protokoll“ ein Eingabefeld zur Verfügung, in das der Name der Protokolldatei und der Speicherort eingegeben werden können. Xdesy bietet auch die Möglichkeit, eine zweidimensionale Netzskizze auszugeben. Als Ausgabeformat stehen dafür drei Formate zur Verfügung: HP-GL, PostScript und SVG. Das Hilfsprogramm „Plot“ in der Version 1.1 zur Darstellung von HP-GL-Dateien unter Windows wird auf der Homepage des Herstellers kostenlos zur Verfügung gestellt[Ker08].

Neben den über die grafische Benutzeroberfläche einzustellenden Aufrufparametern können durch Eingabe in die Kommandozeile am unteren Rand des Fensters noch

weitere Aufrufparameter eingegeben werden, die zur präziseren Steuerung des Programms notwendig sind. Die Option `-e` ist sehr sinnvoll, da mit ihr der Grenzwert eingestellt werden kann, ab welchem Wert eine Zahl als Null angenommen werden soll. Dies kann entscheidend sein, wenn ein Rangdefekt in der Designmatrix vorliegt und die Normalgleichungsmatrix nicht invertierbar ist.

3.2. KAFKA

KAFKA (Komplexe Analyse Flächenhafter Kataster-Aufnahmen) ist eine kommerzielle Software, die für die Ausgleichung von Netzen in der Kataster- und Landesvermessung gedacht ist, wobei hier der Schwerpunkt auf der Lagevermessung liegt. Ähnlich wie Xdesy ist KAFKA ein Filterprogramm, das Daten aus einer Auftragsdatei einliest, sie verarbeitet und in einer anderen Datei ausgibt. Diese ursprüngliche Arbeitsweise des Programms ist aber nicht mehr so offensichtlich wie bei Xdesy, da KAFKA in neueren Versionen Datenbanken mit Messwerten und weiteren Informationen anlegt. Es ist dennoch möglich, alte KAFKA-Auftragsdaten- und Steuerdateien einzulesen und zu verarbeiten. Da KAFKA für die Verwendung in der hochpräzisen Vermessung gedacht ist, kann es keine echten dreidimensionalen Netze auswerten. Es ist immer eine Trennung in Lage- und Höhennetz vorzunehmen und beide Komponenten werden strikt getrennt voneinander verarbeitet.

3.2.1. Datenimport

Für eine Netzausgleichung bietet KAFKA diverse unterschiedliche Beobachtungen und Bedingungen, zu denen u. a. die Datenformate von Leica, Zeiss, Geodimeter, Topcon, Mueller und SEAD sowie verschiedene Datenbanken-Formate unterschiedlicher Landesvermessungsämter und Software-Hersteller gehören. Für den Datenimport muss eine Steuerdatei angelegt werden. Diese Steuerdatei enthält Informationen, ob und wie die eingelesenen Rohdaten zu verarbeiten sind und entspricht dem Steuerdatensatz, der auch für das KAFKA-Standard-datenformat verwendet wird. Mögliche Optionen sind verschiedene atmosphärische und geometrische Reduktionen, sowie die Eingabe der dazu erforderlichen Parameter wie Temperatur, Luftdruck und Dampfdruck. Zusätzlich kann eine Instrumentendatei angelegt und verwendet werden, in der die Kalibrierparameter der verwendeten Instrumente gespeichert werden. Diese Datei kann sowohl lokal für das einzelne Projekt als auch

global für alle Projekte angelegt werden. Dies spart das Kopieren von Projektvorlagen bei der Anlage von neuen Projekten. Für größere Projekte können gleichzeitig mehrere zu importierende Dateien ausgewählt werden, ein mehrfacher Aufruf des Messdaten-Dialogs ist somit nicht nötig.

Neben den Rohdaten aus Instrumenten können noch verschiedene andere Informationen aus vorher angelegten Auftragsdateien eingelesen oder von Hand eingegeben werden. Dies sind andere Messdaten wie Messband-Strecken, trigonometrische und Nivellementshöhenunterschiede sowie Zenitdistanzen und Schrägstrecken, aber auch geometrische Bedingungen wie Parallelen, Kreise, rechte Winkel, Geraden und Abstände. Zusätzlich können noch Koordinatendifferenzen sowie Netz- und Linienmaßstäbe angegeben werden.

3.2.2. Netzausgleichung

Die Netzausgleichung läuft in KAFKA in mehreren Schritten ab:

- Konfiguration der Ausgleichung
- Vorauswertung
- Lagenetzausgleichung
- Höhennetzausgleichung

Vor der ersten Ausgleichung müssen verschiedene Parameter eingegeben oder verändert werden. Im Menü „Bearbeiten/Einstellungen“ kann die Art der Ausgleichung eingestellt werden. KAFKA bietet die Möglichkeit, zusätzlich zu den Standardverfahren „Freie Netzausgleichung“ und „Ausgleichung unter Zwang“ auch die „dynamische Ausgleichung“ zu verwenden. Dazu erhalten die Anschlusspunkte Genauigkeiten und fließen als Beobachtungen in die Ausgleichung mit ein. Der Nachteil dieses Verfahrens ist, dass die Geometrie des Netzes verändert wird. Vorteilhaft ist, dass die Spannungen im übergeordneten Netz nicht komplett in die neuen Koordinaten einfließen, eine Tatsache, die gerade in der Katastervermessung von großer Bedeutung ist, da neuere Messungen i. A. genauer sind als die vorhandenen Anschlussmessungen. Innerhalb einer Art von Beobachtungen können unterschiedlichen Gruppen von Beobachtungen angelegt werden, für die jeweils gesonderte Standardabweichungen eingegeben werden können. Weitere wichtige Einstellungen sind die Genauigkeiten

der eingelesenen Messwerte und Bedingungen. Ein großer Mangel von KAFKA ist, dass vom Einlesen zum Messwert in der Datenbank keine Fehlerfortpflanzung gerechnet wird. So werden aus der Messdatei Schrägstrecken und Zenitwinkel ausgelesen, diese werden aber direkt in Horizontalstrecken umgerechnet, ohne die stochastischen Informationen mit Korrelationen weiter zu berücksichtigen. Des Weiteren ist es nicht möglich, aus einer Messdaten-Datei die Schrägstrecken und Zenitdistanzen direkt auszulesen, um sie in einem trigonometrischen Nivellementsnetz weiter auszugleichen.

In der Vorauswertung werden Näherungskordinaten bestimmt und geprüft, ob die auszugleichenden Daten bereits erkennbare grobe Fehler aufweisen. Dazu werden u. a. die Strecken aus den Näherungskordinaten mit den gemessenen verglichen. Für die Höhennetausgleichung ist eine Vorauswertung nicht unbedingt erforderlich, außer, wenn die Näherungskordinaten der Neupunkte für Streckenberechnungen benötigt werden.

Für die Lagenetausgleichung bietet KAFKA keine Optionen für eine freie Netzausgleichung. Es können weder Bedingungen gewählt werden, noch kann die *a priori*-Standardabweichung eingestellt werden. Sehr übersichtlich ist hingegen die Ergebnisdarstellung. Die Ergebnisse können nach Gruppen sortiert angezeigt werden. Der Hilfe-Button im Ansichtsfenster öffnet die Hilfedatei, die eine Erklärung für die ausgegebenen Werte liefert. Dies ist sehr komfortabel bei den großen Mengen an Daten, die zu den Ergebnissen geliefert werden. Bei der Ausgabe der Daten hat KAFKA drei unterschiedliche Stile zur Auswahl, die jeweils an die Anforderungen des Benutzers angepasst sind. So sind für die Arbeit im Kataster drei Nachkommastellen für Koordinaten und Strecken ausreichend. Für Ingenieurvermessungen steht ein Format zur Verfügung, das alle Werte mit mehr Nachkommastellen sowie alle berechneten statistischen Werte ausgibt. Die Stile können auch individuell angepasst werden.

KAFKA kann, wie oben bereits erwähnt, keine Raumnetze ausgleichen sondern sieht eine strikte Trennung von Lage und Höhe vor. Deshalb besteht auch keine Möglichkeit, ein beobachtetes dreidimensionales Netz in einem Rechengang auszugleichen. Grundsätzlich gleicht KAFKA in Höhennetzen nur Höhenunterschiede aus, Schrägstrecken und Zenitdistanzen werden direkt vor der Ausgleichung in Höhenunterschiede umgerechnet. Für einen Datensatz bestehend aus Schrägstrecke und Zenitwinkel werden jeweils für die beiden Beobachtungen einzelne Standardabweichungen angegeben, sodass eine Fehlerfortpflanzung berechnet werden kann. Ob hierbei die Korrelationen mitgeführt werden, ist nicht ersichtlich.

3.3. CAPLAN

Das Software-Paket CAPLAN der Cremer Programmentwicklung GmbH ist ein modular aufgebautes geodätisches Allzweckprogramm. Die Module bieten für nahezu jede geodätische Aufgabe eine passende Lösung. Das Programm besteht aus folgenden 13 Modulen:

- CAPLAN (Grundprogramm mit Projektspeicher und Planausgabe)
- INDIGO (Interpolation Digitaler Geländeoberflächen [DGM])
- MASSEN (Massen zwischen Begrenzungslinien)
- ACHSEN (Berechnung von Straßen- und Gleisachsen)
- LQPLAN (Konstruktion und Darstellung von Profilen)
- DIRAUS (Distanz- und Richtungsauswertung)
- GPUNKT (Geodätische Punktberechnung)
- NETZ1L (Ausgleichung von Lagenetzen)
- NIVAUS (Auswertung von Nivellements)
- NETZ1H (Ausgleichung von Höhennetzen)
- KOTRAN (Koordinatentransformation)
- NETZ1R (Ausgleichung von Raumnetzen)
- NETZ2X (Deformationsanalyse)

Für die Auswertung wurden die Module CAPLAN, DIRAUS, GPUNKT, NETZ1L und NETZ1R verwendet. Die Module DIRAUS, GPUNKT und NETZ1L werden auch als Paket Tachymetrie bezeichnet. Da allerdings eine Komplettversion der Software zur Verfügung stand, war nicht zu erkennen, ob auch Funktionen anderer Module verwendet wurden. Im Folgenden wird auf die Funktionen zur Netzausgleichung und dem Einlesen der Daten eingegangen, wobei der Schwerpunkt auf der Ausgleichung liegt. Die Software bietet noch weitere Funktionen, aber im Rahmen dieser Arbeit ist es nicht möglich, die Software vollständig zu beschreiben.

3.3.1. Datenimport

Für den Datenimport in CAPLAN stehen viele Dateiformate zur Verfügung. Grundsätzlich lassen sich alle gängigen Messdatenformate sowie verschiedene Datenbankformate einlesen wie z. B. „Access DB“, CADdy, CARD/1, CSV, DXF, Geodimeter, GEOgraf, Leica, Sokkia, Topcon, Trimble und Zeiss. Zusätzlich bietet CAPLAN noch die Möglichkeit, eigene Dateiformate zu definieren. In den vordefinierten Formaten sind nicht nur reine Messdaten gespeichert, sondern auch Linien- und Objektinformationen, die für die Planerstellung notwendig sind. Für diese Arbeit wurden die Daten im Format „Leica GSI-16“ importiert. Dies gilt sowohl für die Punkte als auch für die Messdaten.

Der Dialog zum Import von Punktdaten bietet viele Möglichkeiten, die zu importierenden Daten vorher zu prüfen und zu editieren. Es besteht die Option Additionskonstanten einzugeben, die beim Export der Daten auch wieder abgezogen werden, verschiedene Attribute wie z. B. Punktcodes können definiert werden und vor dem endgültigen Import können die zu importierenden Punkte auf ihre Richtigkeit geprüft werden. Mit diesen Optionen ist es möglich, das Datenmaterial noch vor der Übernahme in das Projekt zu bereinigen.

Für den Import von Messdaten sind deutlich mehr Optionen verfügbar. Das verwendete „GSI-16“-Format kann vom Benutzer bereits im Gerät für die Messung konfiguriert werden, sodass es nötig ist, bestimmte Anpassungen für das Einlesen vorzunehmen. Wie bei den Punktdaten kann die Datei noch vor dem Einlesen editiert werden, um Fehler zu beseitigen. Als nächstes muss angegeben werden, wie Standpunkte in der Datei vom Programm zu erkennen sind. Dies kann über Kommentarzeilen in der GSI-Datei geschehen. Ähnlich wird mit Zielpunkten, Punktattributen und exzentrischen Messungen verfahren. Für die gesamte Datei können zusätzliche Projektdaten aus der Datei ausgelesen werden, soweit diese vom Instrument gespeichert wurden. Als letzte Option können bereits aus der Messdatei Liniendaten erzeugt werden. Dies kann für die Darstellung von Polygonzügen in Plänen sinnvoll sein; standardmäßig ist diese Option ausgeschaltet.

3.3.2. Netzaufbau

Nachdem die Punkte und Messdaten eingelesen sind, kann das geodätische Netz aufgebaut werden. Dies geschieht in vier Schritten (siehe Abb. (2)):

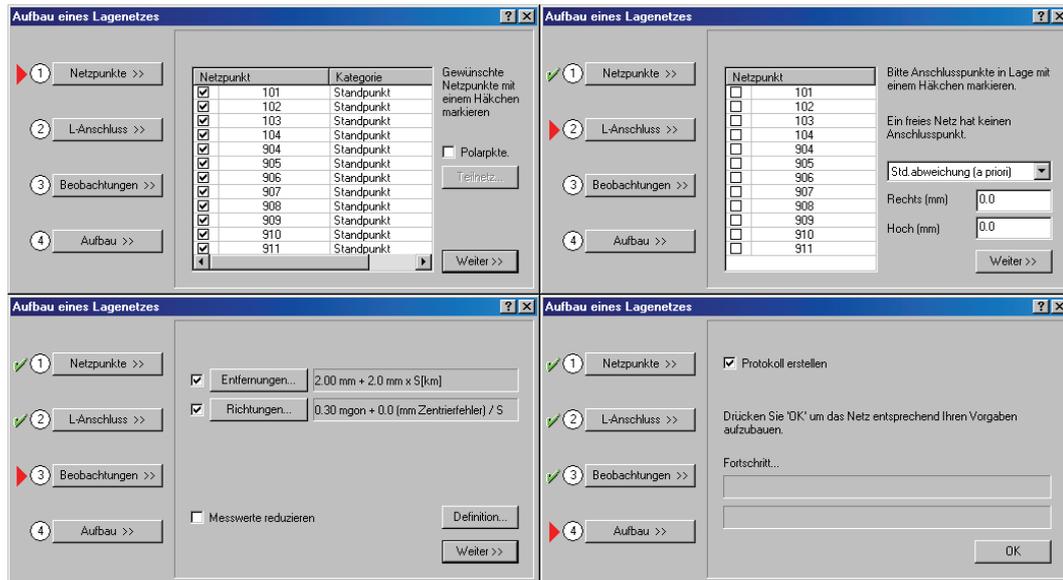


Abbildung 2: CAPLAN: Netzaufbau in vier Schritten

1. Auswahl der Netzpunkte.
2. Auswahl der Anschlusspunkte und deren Genauigkeiten.
3. Festlegung der Beobachtungsgenauigkeiten und des Koordinatensystems.
4. Aufbau des Netzes.

Im ersten Schritt werden die Netzpunkte aus der Liste der vorhandenen Punkte ausgewählt. Dafür gibt es die Option, alle Polarpunkte automatisch auswählen zu lassen. Sollte es passieren, dass Punkte oder Punktgruppen ausgewählt wurden, die nicht durch Beobachtungen miteinander verbunden sind, registriert das Programm dies selbständig und das gewünschte Teilnetz kann vom Benutzer ausgewählt werden.

Nach der Auswahl der Netzpunkte muss die Lagerung des Netzes angegeben werden. Dazu können aus der Liste der Netzpunkte die Festpunkte zur Lagerung des Netzes ausgewählt werden. Eine Besonderheit ist, dass hier auch für die Festpunkte Genauigkeitsmaße angegeben werden können. Dies hat zur Folge, dass selbst eine offensichtlich unter Zwang durchgeführte Netzausgleichung zu einer dynamischen Netzausgleichung wird. Der Standardwert ist hierbei auf 20 mm eingestellt. Dies ist ein üblicher Wert, wie er für Messungen in öffentlichen Festpunktfeldern sinnvoll

ist, da so die vorhandenen Netzspannungen nicht vollständig in das im Normalfall genauere neue Netz übertragen werden.

Im dritten Schritt sind die Genauigkeiten der Beobachtungen einzugeben. Des Weiteren muss in diesem Schritt festgelegt werden, in welchem Koordinatensystem die Berechnungen durchzuführen sind. Dabei ist es entscheidend, ob und wie die Messwerte vor dem Einlesen behandelt worden sind. Handelt es sich um Rohdaten, können diese automatisch bei der Anlage des Netzes von CAPLAN reduziert werden. Als Koordinatensystem sind alle gängigen Ellipsoide und Abbildungen einstellbar. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Punktkoordinaten vollständig sind bzw. die entsprechenden Meridianstreifen eingestellt werden. Soll keine Reduktion der Messwerte durchgeführt werden, ist der entsprechende Haken zu entfernen.

Der letzte Schritt startet den Aufbau des Netzes. Sollte es zu Fehlern kommen, wird eine entsprechende Fehlermeldung ausgegeben.

3.3.3. Netzausgleichung

Die Eingabemaske für die Netzausgleichung ist ähnlich aufgebaut wie die Eingabemaske zum Netzaufbau. Es sind folgende sechs Schritte durchzuführen:

1. Einstellungen für Signifikanztest und Grobfehlersuche vornehmen.
2. Angeben von Datumsdefekten.
3. Durchführen der Ausgleichung und der Inversion der Normalgleichungsmatrix.
4. Berechnen der Konfidenzellipsen und Grobfehlersuche.
5. Übernahme der ausgeglichenen Koordinaten.
6. Erstellen eines Netzplans.

Für die Ausgleichung sind im ersten Schritt verschiedene Parameter einzustellen. Der Ausgleichung kann ein Titel gegeben werden, der dann in den Protokollen in der Kopfzeile steht. Bereits der erste einzustellende Parameter, die Standardabweichung der Gewichtseinheit σ_0 , ist für die weitere Ausgleichung wichtig, da ihr Einfluss auf die Numerik doch erheblich ist (siehe Abschnitt 2.3). So kann eine zu klein oder zu groß gewählte Standardabweichung der Gewichtseinheit zu besonders kleinen oder

großen Werten in der Normalgleichung führen, die dann nicht oder nur schlecht zu invertieren ist. Eine entsprechende Fehlermeldung wird im dritten Schritt ausgegeben. Die beiden weiteren Parameter sind die Signifikanzniveaus für den Chi-Quadrat-Test (siehe Abschnitt 2.6) und die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Grobfehlersuche nach **Baarda** (siehe Abschnitt 2.7). Zusätzlich können hier noch zwei weitere Unbekannte in die Ausgleichung eingebracht werden, zum einen eine Additionskonstante für die Strecken zum anderen eine Maßstabskorrektur der Strecken. Beide Unbekannte helfen dabei, systematische Fehler im Datenmaterial zu entdecken. Als letztes können die von CAPLAN aufgestellten Matrizen ausgegeben werden, um sie in andere Programme wie Matlab oder Excel einzulesen. Dies dient einer späteren Fehlersuche, wenn es wider erwartend doch noch grobe Fehler oder numerische Probleme gibt.

Im zweiten werden die notwendigen Bedingungen für eine freie Netzausgleichung ausgewählt. Lagenetze können die Bedingungen Rechts- und Hochwert-Verschiebung (Translationen), Drehung um die Hochachse (Rotation) und Maßstabsfaktor (Dehnung) erhalten, Höhenetze und Raumnetze zusätzlich noch eine Verschiebung in der Höhenachse (Translation) sowie Drehungen um die Hoch- und Rechtsachse (Rotationen). Sollte ein freies Netz ohne Anschlusspunkte eingegeben worden sein, kann an dieser Stelle noch die Option auf Teilspurminimierung gewählt werden. Ein Dialogfenster zur Auswahl der Datumspunkte öffnet sich beim Fortsetzen.

Die Ausgleichung erfolgt im dritten Schritt, für deren Inversion der Normalgleichungsmatrix „platzsparend“ oder „mit Pivotisierung“ ausgewählt werden muss. Die Wahl hat Einfluss auf die numerische Behandlung der Normalgleichungsmatrix. Die Standardeinstellung ist „platzsparend“ und in den meisten Fällen auch ausreichend. Beim Auftreten numerischer Probleme ist eine Pivotisierung zu empfehlen, die aber mit einem erhöhten Speicherplatzbedarf und längere Rechenzeit verbunden ist. Bei der heutigen Rechentechnik sollten die Unterschiede allerdings nur bei großen Netzen spürbar sein. An dieser Stelle wird bei der Inversion der Normalgleichungsmatrix auf Schwierigkeiten im Zusammenhang mit einer schlecht gewählten *a priori*-Standardabweichung der Gewichtseinheit hingewiesen. Nach der Ausgleichung wird der Redundanzanteil, sowie die durchschnittliche und die maximale Standardabweichung der Punkte ausgegeben. Ein Test der Standardabweichungen *a priori* und *a posteriori* liefert zusätzlich eine Aussage über die Qualität der für die Beobachtungen angenommenen Genauigkeiten.

Im Anschluss an die Ausgleichung werden im vierten Schritt wahlweise die HELMERT'schen Fehlerellipsen oder die Konfidenzellipsen berechnet, wobei für die Kon-

fidenzellipsen das Signifikanzniveau angegeben werden kann. Auf der Basis dieser Berechnungen wird die Grobfehlersuche durchgeführt und eventuelle grobe Fehler können mit einer „Aufweichung“ der Standardabweichung so verändert werden, dass ihr Einfluss auf die restlichen Messwerte minimiert wird. Es kann auch die Veränderung unterdrückt werden und die Ausgleichung mit den möglichen groben Fehlern fortgesetzt werden. Am Ende der Ausgleichung können die Ergebnisse der Ausgleichung betrachtet werden.

Die ausgeglichenen Koordinaten können im fünften Schritt in das Projekt übernommen werden.

Im letzten Schritt kann ein Netzplan mit den Konfidenzellipsen ausgegeben werden. Die Inhalte des Plans sind auswählbar genauso wie der Maßstab.

4. Vergleich der Ausgleichungsergebnisse

Nachdem im letzten Kapitel die drei verwendeten Programme beschrieben wurden, werden im Folgenden die Ergebnisse der Programme ausgewertet und verglichen. Dazu wurden drei Testdatensätze aufbereitet und in die Programme eingelesen und ausgeglichen. Alle drei Datensätze enthalten ein geodätisches Netz aus zwölf Punkten.

4.1. Konfiguration der Ausgleichung

Für die Ausgleichung wurden drei Ansätze gewählt. Jeweils ein Lagenetz in Teilspurminimierung und eines in Gesamtpurminimierung sowie ein dreidimensionales Netz in Teilspurminimierung. Jedes Netz besteht aus zwölf Punkten (siehe Abb. 3), deren Näherungskordinaten für alle drei Ausgleichungen gleich waren. Für die Teilspurminimierungen wurden die acht Punkte 904 bis 911 als Datumspunkte und die vier Punkte 101 bis 104 als Neupunkte ausgewertet. Die Lagenetze bestehen aus jeweils 50 Horizontalstrecken und 50 Richtungen, das dreidimensionale Netz aus 49 Schrägstrecken, 50 Zenitwinkeln und 50 Richtungen. An den Strecken wurden bereits die Neigungs- und die NN-Reduktionen durchgeführt. Die Zenitwinkel sind um die Erdkrümmung und mit einem Refraktionskoeffizienten von 0,13 reduziert. Zusätzlich wurde an den Zenitdistanzen die Erdkrümmungsreduktion angebracht. Für das stochastische Modell wurden die Standardabweichungen für die Streckenmessungen mit $2\text{ mm} + 2\text{ ppm}$ und Richtungsmessungen mit $0,3\text{ mgon}$ angenommen. Diese Werte entsprechen einem durchschnittlichen Ingenieurtachymeter. Für die Auswertung wurden folgende Daten aus den Ausgleichungsergebnissen verwendet:

- ausgeglichene Koordinaten
- Standardabweichungen der ausgeglichenen Koordinaten
- Verbesserungen
- Standardabweichungen der Verbesserungen

Die Standardabweichungen der ausgeglichenen Koordinaten werden nur von Xdesy und KAFKA direkt ausgegeben. CAPLAN gibt die Standardabweichungen nur als

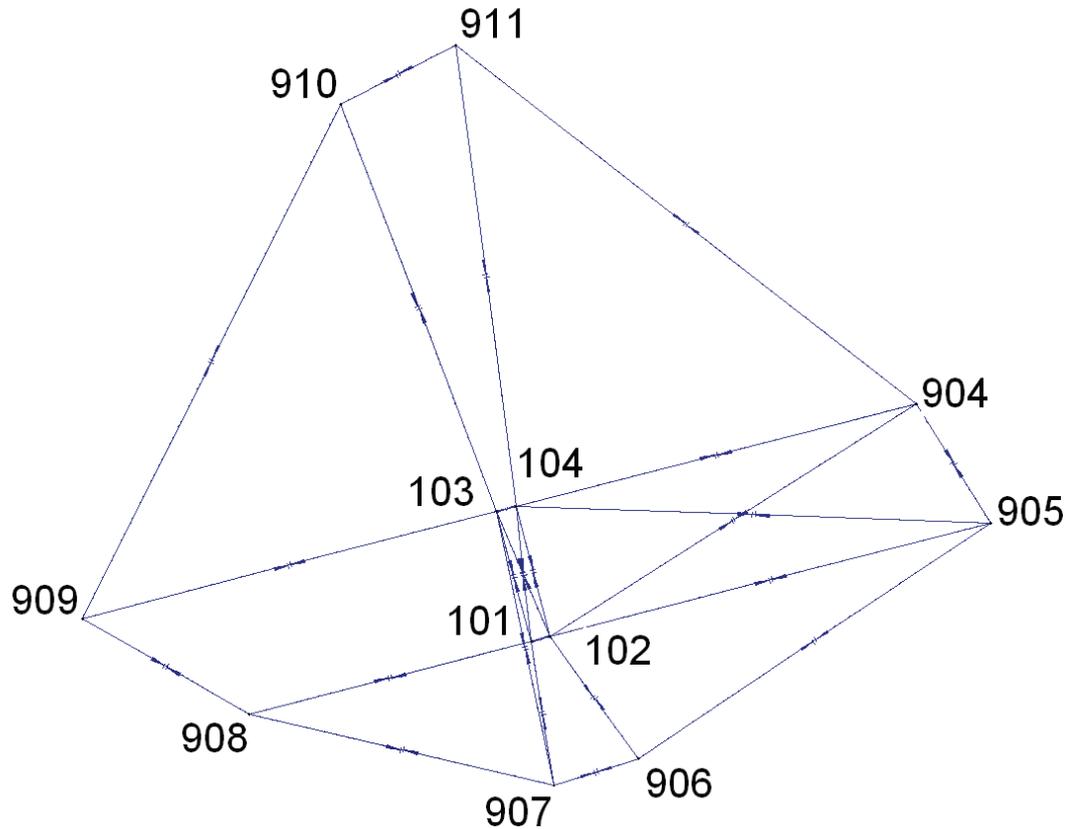


Abbildung 3: Netzplan (erstellt mit CAPLAN)

mittleren Punktlagefehler aus, der sich wie folgt berechnet:

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2} \quad (52)$$

Zum Vergleich wurden auch die mittleren Punktlagefehler von Xdesy und KAFKA berechnet.

4.2. Auswertung der 2D-Teilsurminimierung

Die Teilsurminimierung lieferte bei allen drei Programmen ähnliche Ergebnisse. Beim Vergleich der Differenzen zwischen den Koordinaten sind keine auffällig großen Abweichungen zu erkennen. Die größte Abweichung sowohl im Rechtswert als auch im Hochwert ist zwischen Xdesy und CAPLAN im Punkt 909 mit 0,5 mm (Tabelle

1) bzw. 0,7 mm (Tabelle 2).

Punktnummer	Xdesy [m]	KAFKA [m]	CAPLAN [m]	X-K [mm]	X-C [mm]	K-C [mm]
101	6856,0738	6856,0739	6856,0738	-0,1	0,0	0,1
102	6881,9496	6881,9495	6881,9496	0,1	0,0	-0,1
103	6811,0376	6811,0378	6811,0376	-0,2	0,0	0,2
104	6836,9018	6836,9017	6836,9018	0,1	0,0	-0,1
904	7366,0630	7366,0629	7366,0633	0,1	-0,3	-0,4
905	7465,4460	7465,4458	7465,4458	0,2	0,2	0,0
906	6998,0758	6998,0756	6998,0757	0,2	0,1	-0,1
907	6887,0241	6887,0243	6887,0241	-0,2	0,0	0,2
908	6483,9102	6483,9102	6483,9100	0,0	0,2	0,2
909	6262,1732	6262,1730	6262,1727	0,2	0,5	0,3
910	6604,0561	6604,0565	6604,0565	-0,4	-0,4	0,0
911	6756,8726	6756,8727	6756,8729	-0,1	-0,3	-0,2

Tabelle 1: 2D-Teilspurminimierung Rechtswerte und Differenzen

Punktnummer	Xdesy [m]	KAFKA [m]	CAPLAN [m]	X-K [mm]	X-C [mm]	K-C [mm]
101	65128,6563	65128,6564	65128,6564	-0,1	-0,1	0,0
102	65135,3761	65135,3761	65135,3762	0,0	-0,1	-0,1
103	65302,1089	65302,1091	65302,1089	-0,2	0,0	0,2
104	65308,8265	65308,8264	65308,8266	0,1	-0,1	-0,2
904	65445,4090	65445,4089	65445,4090	0,1	0,0	-0,1
905	65286,9532	65286,9535	65286,9534	-0,3	-0,2	0,1
906	64972,5000	64972,5001	64972,5003	-0,1	-0,3	-0,2
907	64936,7182	64936,7184	64936,7186	-0,2	-0,4	-0,2
908	65032,0312	65032,0309	65032,0309	0,3	0,3	0,0
909	65159,5714	65159,5710	65159,5707	0,4	0,7	0,3
910	65845,6966	65845,6968	65845,6967	-0,2	-0,1	0,1
911	65924,5594	65924,5595	65924,5594	-0,1	0,0	0,1

Tabelle 2: 2D-Teilspurminimierung Hochwerte und Differenzen

Die mittleren Punktfehler zeigen, dass die innen im Netz liegenden Neupunkte, deren Näherungskordinaten nicht für die Lagerung des Netzes verwendet wurden, genauer sind als die Datumspunkte am Rand des Netzes. Dieser Effekt tritt bei Netzausgleichungen normalerweise auf und zeigt, dass sich Fehler im Netz nach außen verstärken.

Ein abschließender Vergleich der Verbesserungen und ihrer Standardabweichungen zeigt einen auffälligen Unterschied zwischen den Ergebnissen. Während die Verbesserungen bei allen drei Programmen noch nahezu identisch sind, sind die Standardabweichungen deutlich unterschiedlich (siehe Anhang C). Xdesy liefert die kleinsten Standardabweichungen. Die Standardabweichungen von KAFKA sind im Mittel um das 1,5-fache und die von CAPLAN zum Teil um das dreifache größer als die Standardabweichungen von Xdesy. Zusätzlich haben die Standardabweichungen der Richtungen bei KAFKA einen deutlichen antiproportionalen Zusammenhang mit den Zielweiten. Die Richtungen mit den kürzesten Zielweiten haben die mit Abstand größte Standardabweichung. Dies zeigt, dass die stochastischen Modelle der drei Programme deutliche Unterschiede aufweisen, die Einflüsse auf die ausgeglichenen Koordinaten aber gering sind.

Eine Auffälligkeit ist in den ausgeglichenen Richtungen aus KAFKA vorhanden. Die Orientierungsunbekannte auf dem Standpunkt 911 ist etwa 50 gon größer als bei Xdesy und CAPLAN. Dies ist vermutlich auf eine Unregelmäßigkeit in den Daten zurückzuführen, in denen auf dem Standpunkt 911 als erste Anziehung nicht der Punkt mit der kleinsten Punktnummer steht. Auf das Ergebnis der Ausgleichung hat dies keinen Einfluss, es zeigt aber, wie sich die Sortierung der Unbekannten und Beobachtungen im Ausgleichungsergebnis zeigen kann.

Die Suche nach Ausreißern am Ende der Ausgleichung blieb in allen drei Fällen erfolglos, es sind keine potentiellen Ausreißer zu erkennen.

4.3. Auswertung der 2D-Gesamtspurminimierung

Im Vergleich zur Teilspurminimierung weisen die ausgeglichenen Koordinaten schon deutliche Unterschiede von KAFKA zu den anderen beiden Programmen auf. Während CAPLAN und Xdesy im Rechts- und Hochwert nur maximal 0,3 mm auseinander liegen, weicht KAFKA bis zu 2,1 mm im Rechtswert (Tabelle 4) und 1,6 mm im Hochwert (Tabelle 5) ab.

Auch bei der Gesamtspurminimierung weisen die inneren Punkte eine höhere Genauigkeit auf als die äußeren Punkte (Tabelle 6). Deutliche Unterschiede sind in den Ergebnissen nicht zu erkennen.

Die Verbesserungen und Standardabweichungen weisen die gleichen Auffälligkeiten

auf, die bereits bei der Teilspurminimierung erwähnt wurden. Ausreißer wurden nicht entdeckt.

4.4. Auswertung der 3D-Teilspurminimierung

In den Ergebnissen der räumlichen Teilspurminimierung sind die Effekte zu erkennen, die auf die Besonderheiten der unterschiedlichen Auswerteprogramme zurückzuführen sind. Aus den Differenzen erkennt man, dass die ausgeglichenen Koordinaten aus Xdesy stark von denen aus CAPLAN und KAFKA abweichen. Die größten Abweichungen sind in den Punkten 909 (Tabelle 7) und 911 (Tabelle 8) mit jeweils über einem Zentimeter. Hieraus lässt sich gut erkennen, dass es ein großer Unterschied ist, ob ein Netz als ganzes ausgewertet wird, oder ob man Lage von Höhe trennt und einzeln auswertet. Unerwarteterweise ist die Ähnlichkeit der Ergebnisse von KAFKA und CAPLAN in der Höhe nicht zu erkennen, da Xdesy und CAPLAN die geringsten Differenzen aufweisen (Tabelle 9).

An den mittleren Punktfehlern von Xdesy ist sichtbar, dass die Fehlereinflüsse in dieser Auswertung zugenommen haben. In den zweidimensionalen Ausgleichungen waren die Punktfehler etwa gleich groß. In diesem Fall sind die Punktfehler in den Xdesy-Daten die größten vor den Punktfehlern von CAPLAN. Dies zeigt, dass die nicht vollständig unabhängige Höhenauswertung von CAPLAN auch Auswirkungen auf die Lagegenauigkeit hat und dass die vollständige Auswertung der Daten in einem dreidimensionalen Netz dazu führt, dass die eventuell vorhandenen Fehler in den Höhen auch Einfluss auf die Standardabweichungen in der Lage nehmen. Umgekehrt kommt es durch eine Trennung von Lage und Höhe zu einem Ansammeln von ungenaueren Informationen im Höhenetz. Im vorliegenden Fall sind die Schrägstrecken und Zenitwinkel so ungenau, dass die Grobfehlersuche bei KAFKA zwei grobe Fehler findet, obwohl Xdesy und CAPLAN mit den gleichen Standardabweichungen für die Beobachtungen keine groben Fehler finden.

Punktnummer	Xdesy [mm]	KAFKA [mm]	CAPLAN [mm]
101	0,8	0,8	0,8
102	0,8	0,8	0,8
103	0,8	0,8	0,8
104	0,8	0,8	0,8
904	0,8	0,9	1,0
905	1,1	1,0	1,1
906	0,8	0,9	0,9
907	0,9	0,9	0,9
908	1,0	1,0	1,0
909	1,1	1,1	1,2
910	1,0	1,1	1,1
911	1,1	1,1	1,2

Tabelle 3: 2D-Teilspurminimierung mittl. Punktfehler

Punktnummer	Xdesy [m]	KAFKA [m]	CAPLAN [m]	X-K [mm]	X-C [mm]	K-C [mm]
101	6856,0736	6856,0741	6856,0736	-0,5	0,0	0,5
102	6881,9491	6881,9497	6881,9490	-0,6	0,1	0,7
103	6811,0377	6811,0386	6811,0377	-0,9	0,0	0,9
104	6836,9014	6836,9023	6836,9014	-0,9	0,0	0,9
904	7366,0621	7366,0632	7366,0620	-1,1	0,1	1,2
905	7465,4458	7465,4465	7465,4456	-0,7	0,2	0,9
906	6998,0766	6998,0768	6998,0765	-0,2	0,1	0,3
907	6887,0251	6887,0250	6887,0250	0,1	0,1	0,0
908	6483,9103	6483,9107	6483,9104	-0,4	-0,1	0,3
909	6262,1742	6262,1750	6262,1745	-0,8	-0,3	0,5
910	6604,0582	6604,0597	6604,0581	-1,5	0,1	1,6
911	6756,8710	6756,8731	6756,8711	-2,1	-0,1	2,0

Tabelle 4: 2D-Gesamtspurminimierung Rechtswerte und Differenzen

Punktnummer	Xdesy [m]	KAFKA [m]	CAPLAN [m]	X-K [mm]	X-C [mm]	K-C [mm]
101	65128,6557	65128,6553	65128,6555	0,4	0,2	-0,2
102	65135,3755	65135,3747	65135,3754	0,8	0,1	-0,7
103	65302,1075	65302,1068	65302,1074	0,7	0,1	-0,6
104	65308,8251	65308,8247	65308,8249	0,4	0,2	-0,2
904	65445,4083	65445,4070	65445,4085	1,3	-0,2	-1,5
905	65286,9539	65286,9525	65286,9541	1,4	-0,2	-1,6
906	64972,4985	64972,4978	64972,4983	0,7	0,2	-0,5
907	64936,7169	64936,7161	64936,7168	0,8	0,1	-0,7
908	65032,0293	65032,0295	65032,0295	-0,2	-0,2	0,0
909	65159,5723	65159,5728	65159,5726	-0,5	-0,3	0,2
910	65845,6977	65845,6974	65845,6976	0,3	0,1	-0,2
911	65924,5602	65924,5599	65924,5604	0,3	-0,2	-0,5

Tabelle 5: 2D-Gesamtspurminimierung Hochwerte und Differenzen

Punktnummer	Xdesy [mm]	KAFKA [mm]	CAPLAN [mm]
101	0,6	0,7	0,6
102	0,6	0,7	0,6
103	0,7	0,7	0,7
104	0,7	0,7	0,7
904	1,0	1,0	1,1
905	1,1	1,1	1,2
906	0,9	0,9	0,9
907	0,9	0,9	0,9
908	1,1	1,1	1,2
909	1,3	1,3	1,4
910	1,1	1,4	1,3
911	1,2	1,3	1,3

Tabelle 6: 2D-Gesamtspurminimierung mittl. Punktfehler

Punktnummer	Xdesy [m]	KAFKA [m]	CAPLAN [m]	X-K [mm]	X-C [mm]	K-C [mm]
101	6856,0746	6856,0740	6856,0740	0,6	0,6	0,0
102	6881,9509	6881,9490	6881,9493	1,9	1,6	-0,4
103	6811,0373	6811,0373	6811,0373	0,0	0,0	0,0
104	6836,9023	6836,9011	6836,9014	1,2	0,9	-0,3
904	7366,0702	7366,0623	7366,0629	7,9	7,3	-0,6
905	7465,4538	7465,4457	7465,4459	8,1	7,9	-0,2
906	6998,0795	6998,0752	6998,0757	4,3	3,8	-0,5
907	6887,0259	6887,0250	6887,0250	0,9	0,9	0,0
908	6483,9043	6483,9112	6483,9114	-6,9	-7,1	-0,2
909	6262,1628	6262,1741	6262,1741	-11,3	-11,3	0,0
910	6604,0516	6604,0556	6604,0558	-4,0	-4,2	-0,2
911	6756,8729	6756,8719	6756,8724	1,0	0,5	-0,5

Tabelle 7: 3D-Teilspurminimierung Rechtswerte und Differenzen

Punktnummer	Xdesy [m]	KAFKA [m]	CAPLAN [m]	X-K [mm]	X-C [mm]	K-C [mm]
101	65128,6537	65128,6566	65128,6558	-2,9	-2,1	0,8
102	65135,3737	65135,3761	65135,3755	-2,4	-1,8	0,6
103	65302,1092	65302,1100	65302,1092	-0,8	0,0	0,8
104	65308,8270	65308,8272	65308,8268	-0,2	0,2	0,4
904	65445,4095	65445,4082	65445,4076	1,3	1,9	0,6
905	65286,9513	65286,9517	65286,9511	-0,4	0,2	0,6
906	64972,4948	64972,4987	64972,4983	-3,9	-3,5	0,4
907	64936,7124	64936,7173	64936,7169	-4,9	-4,5	0,4
908	65032,0225	65032,0278	65032,0270	-5,3	-4,5	0,8
909	65159,5657	65159,5695	65159,5684	-3,8	-2,7	1,1
910	65845,7111	65845,7037	65845,7030	7,4	8,1	0,7
911	65924,5716	65924,5621	65924,5614	9,5	10,2	0,7

Tabelle 8: 3D-Teilspurminimierung Hochwerte und Differenzen

Punktnummer	Xdesy [m]	KAFKA [m]	CAPLAN [m]	X-K [mm]	X-C [mm]	K-C [mm]
101	66,4990	66,5088	66,4988	-9,8	0,2	10,0
102	66,5100	66,4974	66,5097	12,7	0,3	-12,3
103	66,6550	66,6542	66,6548	0,8	0,2	-0,6
104	66,7032	66,7019	66,7030	1,3	0,2	-1,1
904	54,3832	54,3827	54,3819	0,5	1,3	0,8
905	55,6139	55,6136	55,6126	0,3	1,3	1,0
906	67,8346	67,8352	67,8344	-0,6	0,2	0,8
907	67,7498	67,7494	67,7497	0,4	0,1	-0,3
908	48,7402	48,7440	48,7423	-3,8	-2,1	1,7
909	46,4448	46,4473	46,4470	-2,5	-2,2	0,3
910	56,0068	56,0058	56,0076	1,0	-0,8	-1,8
911	55,3896	55,3851	55,3903	4,5	-0,7	-5,2

Tabelle 9: 3D-Teilspurminimierung Höhe und Differenzen

Punktnummer	Xdesy [mm]	KAFKA [mm]	CAPLAN [mm]
101	1,5	0,9	1,1
102	1,5	0,9	1,1
103	1,5	0,9	1,1
104	1,5	0,9	1,1
904	1,7	1,0	1,8
905	1,8	1,1	2,0
906	1,6	1,0	1,5
907	1,5	1,0	1,4
908	2,2	1,1	2,0
909	2,1	1,2	2,3
910	2,1	1,1	2,1
911	2,1	1,2	2,2

Tabelle 10: 3D-Teilspurminimierung mittl. Punktfehler

5. Zusammenfassung

Die Analyse der Auswertesoftware sowie die mit ihr ausgeglichenen Daten haben entscheidende Unterschiede in der Funktionsweise und der Handhabung der untersuchten Programme aufgedeckt. Der Hauptunterschied in den Programmen ist die Trennung von Lage und Höhe. CAPLAN und KAFKA trennen die beiden Komponenten frühzeitig beim Einlesen der Daten voneinander. In Gegensatz dazu verwendet Xdesy die eingelesenen Daten so wie sie in das Programm eingelesen werden. Eine weitere Verarbeitung der Daten ist, außer zu Ausgleichszwecken, nicht möglich. Dafür erfüllt Xdesy alle gestellten Aufgaben und ist des Weiteren noch kostenlos verfügbar.

Die Bedienung von KAFKA ist einfacher als die von Xdesy, aber Kenntnisse der DOS-Version von KAFKA sind auch für die Windows-Version von Vorteil. Die große Stärke von KAFKA liegt in der Auswertung von Daten mit Bedingungen, wie sie im Liegenschaftskataster häufig vorkommen. In der hoheitlichen Vermessung ist die oben bereits erwähnte Trennung von Lage und Höhe eine gängige Praxis und für diesen Zweck ist KAFKA optimiert und kann auch überzeugen.

Das vermessungstechnische Allzweckprogramm CAPLAN beherrscht auch die Ausgleichsrechnung. Die einfache Handhabung macht das Arbeiten mit CAPLAN angenehm und die Fehlersuche gestaltet sich einfach und effizient. Weiterhin positiv ist die Fehlerfortpflanzung beim Importieren der Messdaten und das Speichern mit stochastischen Informationen. Nachteilig wirkt sich aus, dass Schrägstrecken und Zenitdistanzen zwar verarbeitet werden, aber beim Einlesen der Daten in Horizontalstrecken und Höhenunterschiede umgerechnet werden.

Abschließend lässt sich sagen, dass die verwendeten Ausgleichsprogramme eine für die Ingenieur- und Katastervermessung ausreichende Genauigkeit sicherstellen und eine hinreichende Nutzerfreundlichkeit bieten.

A. Verzeichnisse

Literatur

- [eaJ05] JÄGER ET AL.: *Klassische und robuste Ausgleichungsverfahren*. Wichmann, 1. Auflage, 2005.
- [Fop09] FOPPE, KARL: *Repetitorium zur Fehlerlehre und Statistik und Ausgleichungsrechnung*. Hochschulinternes Dokument, März 2009.
- [Ker08] KERN, FREDIE: *Xdesy - Programm zur Ausgleichung geodätischer Netze*. www.xdesy.de, 2008. Freeware, Version 1.9.
- [Nie08] NIEMEIER, WOLFGANG: *Ausgleichungsrechnung*. de Gruyter, 2. Auflage, 2008.
- [Tor07] TORGE, WOLFGANG: *Geschichte der Geodäsie in Deutschland*. de Gruyter, 1. Auflage, 2007.

Abbildungsverzeichnis

1.	Xdesy: grafische Benutzeroberfläche	22
2.	CAPLAN: Netzaufbau in vier Schritten	29
3.	Netzplan (erstellt mit CAPLAN)	34

Tabellenverzeichnis

1.	2D-Teilspurminimierung Rechtswerte und Differenzen	35
2.	2D-Teilspurminimierung Hochwerte und Differenzen	35
3.	2D-Teilspurminimierung mittl. Punktfehler	38
4.	2D-Gesamtspurminimierung Rechtswerte und Differenzen	39
5.	2D-Gesamtspurminimierung Hochwerte und Differenzen	39
6.	2D-Gesamtspurminimierung mittl. Punktfehler	40
7.	3D-Teilspurminimierung Rechtswerte und Differenzen	41
8.	3D-Teilspurminimierung Hochwerte und Differenzen	41
9.	3D-Teilspurminimierung Höhe und Differenzen	42
10.	3D-Teilspurminimierung mittl. Punktfehler	42

B Rohdaten

103	909	99.9969
103	910	193.0111
104	101	399.9993
104	102	390.5714
104	103	90.5704
104	904	290.6673
104	905	308.9623
104	911	198.5199
904	102	0.0009
904	104	20.1817
904	905	300.6010
904	911	78.6924
905	102	399.9996
905	104	18.3943
905	904	80.5182
905	906	378.4765
906	102	0.0003
906	905	101.7277
906	907	319.5873
907	101	0.0004
907	103	397.1253
907	906	90.3347
907	908	324.9587
908	101	0.0002
908	907	30.9526
908	909	249.4015
909	103	0.0002
909	908	49.4054
909	910	345.6049
910	103	0.0000
910	909	52.5909
910	911	292.8319
911	904	399.9998
911	104	49.3417
911	910	127.2411

Hor. Strecken (m)

101	102	26.7329
101	103	179.2044
101	104	181.1894
101	907	194.4202
101	908	384.5034
102	101	26.7337
102	103	181.1868
102	104	179.2026
102	904	574.8779
102	905	602.8625
102	906	200.0345
103	101	179.2030
103	102	181.1887
103	104	26.7183

B Rohdaten

103	907	373.2079
103	909	567.0717
103	910	581.6611
104	101	181.1887
104	102	179.2050
104	103	26.7234
104	904	546.5053
104	905	628.9253
104	911	620.9108
904	102	574.8779
904	104	546.5008
904	905	187.0422
904	911	775.0472
905	102	602.8648
905	104	628.9279
905	904	187.0431
905	906	563.3088
906	102	200.0367
906	905	563.3061
906	907	116.6723
907	101	194.4175
907	103	373.2096
907	906	116.6723
907	908	414.2269
908	101	384.5032
908	907	414.2287
908	909	255.8006
909	103	567.0692
909	908	255.7990
909	910	766.5852
910	103	581.6613
910	909	766.5808
910	911	171.9665
911	104	620.9150
911	904	775.0460
911	910	171.9641

B.2. Datensatz 2D-Netz mit Gesamtspurminimierung

Datensätze Uelzen Simulation 2 (Gesamtspurminimierung)

Koordinaten (m)	Y (Rechts)	X (Hoch)
101	6856.0730	65128.6510
102	6881.9530	65135.3720
103	6811.0350	65302.1100
104	6836.9030	65308.8290
904	7366.0700	65445.4140
905	7465.4570	65286.9520
906	6998.0830	64972.4920
907	6887.0240	64936.7080
908	6483.9030	65032.0260
909	6262.1620	65159.5730
910	6604.0500	65845.7040
911	6756.8720	65924.5700

KORREKTIONEN UND REDUKTIONEN (die schon durchgefuehrt sind):

RICHTUNGEN:

KEINE

ZENITWINKEL:

REFRAKTIONS KORREKTION MIT K = .13

ERDKRUEMMUNGSREDUKTION

STRECKEN:

NEIGUNGSREDUKTION

NN-REDUKTION

Richtungen (gon)

101	102	0.0003
101	103	300.0036
101	104	309.4271
101	907	105.9975
101	908	200.0044
102	101	399.9995
102	103	90.5749
102	104	99.9989
102	904	179.9126
102	905	199.9947
102	906	276.7443
103	101	399.9996
103	102	390.5720
103	104	299.9945
103	907	3.1193
103	909	99.9971
103	910	193.0107
104	101	399.9987

B Rohdaten

104	102	390.5714
104	103	90.5711
104	904	290.6675
104	905	308.9622
104	911	198.5197
904	102	0.0002
904	104	20.1816
904	905	300.6003
904	911	78.6921
905	102	0.0000
905	104	18.3947
905	904	80.5179
905	906	378.4765
906	102	0.0002
906	905	101.7277
906	907	319.5877
907	101	-0.0004
907	103	397.1248
907	906	90.3346
907	908	324.9590
908	101	-0.0002
908	907	30.9527
908	909	249.4025
909	103	0.0003
909	908	49.4063
909	910	345.6047
910	103	0.0008
910	909	52.5906
910	911	292.8315
911	904	0.0000
911	104	49.3428
911	910	127.2408

Hor. Strecken (m)

101	102	26.7363
101	103	179.2029
101	104	181.1892
101	907	194.4153
101	908	384.5020
102	101	26.7310
102	103	181.1846
102	104	179.2053
102	904	574.8775
102	905	602.8658
102	906	200.0335
103	101	179.1989
103	102	181.1839
103	104	26.7241
103	907	373.2078
103	909	567.0708

B Rohdaten

103	910	581.6626
104	101	181.1839
104	102	179.2036
104	103	26.7205
104	904	546.5008
104	905	628.9249
104	911	620.9145
904	102	574.8785
904	104	546.5054
904	905	187.0422
904	911	775.0474
905	102	602.8609
905	104	628.9264
905	904	187.0435
905	906	563.3102
906	102	200.0362
906	905	563.3061
906	907	116.6758
907	101	194.4216
907	103	373.2093
907	906	116.6741
907	908	414.2319
908	101	384.5017
908	907	414.2270
908	909	255.8010
909	103	567.0693
909	908	255.8005
909	910	766.5862
910	103	581.6631
910	909	766.5857
910	911	171.9653
911	104	620.9100
911	904	775.0513
911	910	171.9607

B.3. Datensatz 3D-Netz mit Teilspurminimierung

Datensätze Uelzen Simulation 3 (3D Netzausgleichung)

Koordinaten (m)				
	Y (Rechts)	X (Hoch)	H (Hoehe)	
	101	6856.0730	65128.6510	66.4990
	102	6881.9530	65135.3720	66.5100
	103	6811.0350	65302.1100	66.6560
	104	6836.9030	65308.8290	66.7040
	904	7366.0700	65445.4140	54.3840
	905	7465.4570	65286.9520	55.6140
	906	6998.0830	64972.4920	67.8350
	907	6887.0240	64936.7080	67.7510
	908	6483.9030	65032.0260	48.7420
	909	6262.1620	65159.5730	46.4460
	910	6604.0500	65845.7040	56.0040
	911	6756.8720	65924.5700	55.3870

KORREKTIONEN UND REDUKTIONEN (die schon durchgefuehrt sind):

RICHTUNGEN:
 KEINE
 ZENITWINKEL:
 REFRAKTIONS KORREKTION MIT $K = .13$
 ERDKRUEMMUNGSREDUKTION
 STRECKEN:
 NEIGUNGSREDUKTION
 NN-REDUKTION

Richtungen (gon)

101	102	0.0004
101	103	300.0033
101	104	309.4271
101	907	105.9979
101	908	200.0038
102	101	399.9998
102	103	90.5753
102	104	99.9984
102	904	179.9129
102	905	199.9953
102	906	276.7441
103	101	0.0001
103	102	390.5719
103	104	299.9956
103	907	3.1190
103	909	99.9966
103	910	193.0113

B Rohdaten

104	101	399.9990
104	102	390.5713
104	103	90.5705
104	904	290.6675
104	905	308.9625
104	911	198.5199
904	102	0.0009
904	104	20.1817
904	905	300.6009
904	911	78.6925
905	102	-0.0004
905	104	18.3944
905	904	80.5182
905	906	378.4764
906	102	0.0003
906	905	101.7277
906	907	319.5873
907	101	0.0004
907	103	397.1253
907	906	90.3349
907	908	324.9585
908	101	399.9998
908	907	30.9525
908	909	249.4020
909	103	0.0001
909	908	49.4059
909	910	345.6046
910	103	-0.0002
910	909	52.5900
910	911	292.8330
911	904	399.9994
911	104	49.3412
911	910	127.2419

Schr.Strecken (m)

101	102	26.7319
101	103	179.2054
101	104	181.1904
101	907	194.4262
101	908	384.9134
102	101	26.7327
102	103	181.1878
102	104	179.2036
102	904	575.0049
102	905	602.9605
102	906	200.0395
103	101	179.2040
103	102	181.1897
103	104	26.7183
103	907	373.2119

B Rohdaten

103	909	567.4307
103	910	581.7641
104	101	181.1897
104	102	179.2060
104	103	26.7234
104	904	546.6433
104	905	629.0233
104	911	621.0158
904	102	575.0049
904	104	546.6388
904	905	187.0481
904	911	775.0502
905	102	602.9628
905	104	629.0259
905	904	187.0481
905	906	563.4422
906	102	200.0417
906	905	563.4408
906	907	116.6713
907	101	194.4235
907	103	373.2136
907	906	116.6713
907	908	414.6619
908	907	414.6637
908	909	255.8116
909	103	567.4282
909	908	255.8100
909	910	766.6512
910	103	581.7643
910	909	766.6468
910	911	171.9655
911	104	621.0200
911	904	775.0490
911	910	171.9631

Zenitwinkel (gon)

101	102	99.9737
101	103	99.9442
101	104	99.9283
101	907	99.5897
101	908	102.9378
102	101	100.0259
102	103	99.9487
102	104	99.9320
102	904	101.3423
102	905	101.1497
102	906	99.5787
103	101	100.0553
103	102	100.0513

B Rohdaten

103	104	99.8853
103	907	99.8135
103	909	102.2682
103	910	101.1653
104	101	100.0708
104	102	100.0690
104	103	100.1153
104	904	101.4355
104	905	101.1216
104	911	101.1599
904	102	98.6569
904	104	98.5645
904	905	99.5808
904	911	99.9176
905	102	98.8492
905	104	98.8775
905	904	100.4183
905	906	98.6187
906	102	100.4218
906	905	101.3814
906	907	100.0471
907	101	100.4091
907	103	100.1862
907	906	99.9548
907	908	102.9192
908	101	97.0613
908	907	97.0808
908	909	100.5723
909	103	97.7325
909	908	99.4298
909	910	99.2064
910	103	98.8357
910	909	100.7937
910	911	100.2278
911	104	98.8400
911	904	100.0833
911	910	99.7708

C. Ausgleichungsergebnisse

C.1. Xdesy

C.1.1. 2D-Teilspurminimierung

```

; Xdesy 1.9.05 (03.12.2008)      BC5.6.1 (c)1996-2008 F.Kern
;
;
; Projekt          ="Bachelorarbeit"
; Bearbeiter       ="Arne Boysen"
; Quelle           ="SIM1.inp"
; EinheitWinkel=gon (gon, deg, altgrad)
; EinheitStrecke=m (m)
; Erdradius=6383000.0000
; RotationsMatrixTyp=OmegaPhiKappa (OmegaPhiKappa, AzimuthTiltSwing, AxisAngle)
; KonfidenzBereichAzimut=1000.0000
; ZielweitenTyp=km (Standardabweichung, km, m, Gewicht, GewichtQuadrat)
; ReduktionAufReststrecke=yes
; .Plot
; Selection =
; SelectionWithBorder = false
; TextSize = 12
; TextColor = 6
; StrokeWidth = 0.100000
; ScaleResiduum = 1.000000
; ScaleOutlier = 1.000000
; Symbols = true
; .end
; .VRML
; Scale = 1.000000 1.000000 1.000000
; .end

; Beobachtungen -Übersicht-
; 50 H          (HorizDirection)
; 50 S          (HorizDistance)

; 100 Beobachtungen
; - 36 Unbekannte
; + 3 Datumsverfügungen
; = 67 Freiheitsgrade

; 0/ 10 Iterationen fuer L2Norm-Vorausgleichung (0.000000e+00<1.000000e-06)
; 0   Iterationen fuer L1Norm
; 0/ 10 Iterationen fuer L2Norm-Endausgleichung (0.000000e+00<1.000000e-06)
;
;          [m]          [m]   [mm] [mm] [%] [mm]          [mm] [mm]
;Punktnummer      Hoch/X      Rechts/Y      sx      sy k EPmax Nr.      dX      dY
;101      65128.6563      6856.0738      0.6      0.5 -5      0.6      2      5.3      0.8
;102      65135.3761      6881.9496      0.6      0.5 -25     -1.0     54      4.1     -3.4
;103      65302.1089      6811.0376      0.6      0.6 -7       1.1     27     -1.1     2.6

```

C Ausgleichsergebnisse

104	65308.8265	6836.9018	0.6	0.5	4	-2.8	94	-2.5	-1.2
904 *	65445.4090	7366.0630	0.6	0.6	-14	-1.6	47	-5.0	-7.0
905 *	65286.9532	7465.4460	0.8	0.7	-28	1.4	63	1.2	-11.0
906 *	64972.5000	6998.0758	0.6	0.6	-21	1.4	63	8.0	-7.2
907 *	64936.7182	6887.0241	0.7	0.6	8	-2.6	71	10.2	0.1
908 *	65032.0312	6483.9102	0.7	0.7	5	-2.6	71	5.2	7.2
909 *	65159.5714	6262.1732	0.8	0.8	-13	2.7	89	-1.6	11.2
910 *	65845.6966	6604.0561	0.7	0.7	-3	2.7	89	-7.4	6.1
911 *	65924.5594	6756.8726	0.7	0.8	19	-2.8	94	-10.6	0.6
;									
		[gon]/[m]				[mgon]/[mm]			
;Beobachtungen		Wert	v	s	Red	nv	Nabla	L	
;Standpunkt	101	83.82431	0.00000	0.2			83.82431		
	102	H	0.00020	0.1	0.2	37.6	0.7	1.3	
	103	H	300.00310	0.2	0.2	55.5	0.7	0.9	
	104	H	309.42700	-0.2	0.2	54.0	1.1	0.9	
	907	H	105.99780	-0.1	0.2	43.0	0.5	1.2	
	908	H	200.00410	0.0	0.2	54.3	0.2	0.9	
	102	S	26.7329	1.2	0.5	91.7	0.7	1.9	
	103	S	179.2044	-0.4	0.5	90.8	0.2	2.0	
	104	S	181.1894	-2.0	0.5	90.6	1.1	2.1	
	907	S	194.4202	-2.8	0.7	85.8	1.6	2.6	
	908	S	384.5034	-0.9	0.8	79.3	0.5	3.3	
;Standpunkt	102	283.82476	0.00000	0.1			283.82476		
	101	H	0.00000	-0.1	0.2	37.3	0.7	1.3	
	103	H	90.57530	-0.3	0.2	56.1	1.3	0.9	
	104	H	99.99840	0.2	0.2	59.9	0.8	0.8	
	904	H	179.91290	0.0	0.2	68.9	0.2	0.7	
	905	H	199.99520	-0.1	0.2	68.1	0.2	0.7	
	906	H	276.74410	0.2	0.2	45.6	1.1	1.1	
	101	S	26.7337	0.4	0.5	91.7	0.2	1.9	
	103	S	181.1868	-0.9	0.5	90.6	0.5	2.1	
	104	S	179.2026	2.2	0.5	90.9	1.2	2.0	
	904	S	574.8779	1.3	0.7	85.5	0.7	2.6	
	905	S	602.8625	0.4	0.7	86.3	0.2	2.6	
	906	S	200.0345	0.3	0.7	83.6	0.2	2.8	
;Standpunkt	103	183.82762	0.00000	0.1			183.82762		
	101	H	0.00010	-0.1	0.2	62.8	0.6	0.8	
	102	H	390.57180	0.4	0.2	58.6	1.5	0.8	
	104	H	299.99540	-0.3	0.2	39.5	1.6	1.2	
	907	H	3.11910	0.2	0.2	70.3	0.8	0.7	
	909	H	99.99690	0.1	0.2	61.1	0.3	0.8	
	910	H	193.01110	-0.2	0.2	59.0	0.8	0.8	
	101	S	179.2030	1.0	0.5	90.8	0.5	2.0	
	102	S	181.1887	-2.8	0.5	90.6	1.5	2.1	
	104	S	26.7183	3.9	0.5	91.3	2.2	2.0	
	907	S	373.2079	0.2	0.7	83.1	0.1	2.9	
	909	S	567.0717	-1.0	0.9	74.4	0.6	3.8	
	910	S	581.6611	-0.6	0.8	78.6	0.4	3.4	
;Standpunkt	104	193.25199	0.00000	0.1			193.25199		
	101	H	399.99930	-0.2	0.2	56.9	0.9	0.9	
	102	H	390.57140	-0.0	0.2	60.7	0.2	0.8	
	103	H	90.57040	0.3	0.2	39.1	1.8	1.3	

C Ausgleichsergebnisse

904	H	290.66730	-0.2	0.2	70.0	0.7	0.7
905	H	308.96230	0.2	0.2	69.3	1.0	0.7
911	H	198.51990	-0.2	0.2	60.6	0.7	0.8
101	S	181.1887	-1.3	0.5	90.6	0.7	2.1
102	S	179.2050	-0.2	0.5	90.9	0.1	2.0
103	S	26.7234	-1.2	0.5	91.3	0.6	2.0
904	S	546.5053	-1.5	0.7	84.5	0.9	2.7
905	S	628.9253	-0.6	0.7	84.4	0.3	2.8
911	S	620.9108	1.2	0.8	78.0	0.7	3.4
;Standpunkt	904	263.73701	0.00000	0.2		263.73701	
102	H	0.00090	-0.2	0.2	68.6	0.8	0.7
104	H	20.18170	0.4	0.2	68.2	1.6	0.7
905	H	300.60100	-0.1	0.2	40.5	0.3	1.2
911	H	78.69240	-0.1	0.2	62.1	0.6	0.8
102	S	574.8779	1.3	0.7	85.5	0.7	2.6
104	S	546.5008	3.0	0.7	84.5	1.7	2.7
905	S	187.0422	1.1	1.0	66.6	0.7	4.5
911	S	775.0472	-0.1	1.0	65.9	0.0	4.6
;Standpunkt	905	283.82006	0.00000	0.2		283.82006	
102	H	399.99960	0.3	0.2	70.4	1.0	0.7
104	H	18.39430	0.2	0.2	70.8	0.7	0.6
904	H	80.51820	-0.3	0.2	47.6	1.5	1.1
906	H	378.47650	-0.1	0.2	66.6	0.6	0.7
102	S	602.8648	-1.9	0.7	86.3	1.1	2.6
104	S	628.9279	-3.2	0.7	84.4	1.8	2.8
904	S	187.0431	0.2	1.0	66.6	0.2	4.5
906	S	563.3088	-0.9	0.8	78.8	0.5	3.3
;Standpunkt	906	360.56883	0.00000	0.2		360.56883	
102	H	0.00030	-0.0	0.2	45.1	0.2	1.1
905	H	101.72770	-0.1	0.2	41.2	0.6	1.2
907	H	319.58730	0.1	0.2	32.7	0.9	1.4
102	S	200.0367	-1.9	0.7	83.6	1.1	2.8
905	S	563.3061	1.8	0.8	78.8	1.0	3.3
907	S	116.6723	1.6	0.9	76.0	1.0	3.6
;Standpunkt	907	389.82175	0.00000	0.2		389.82175	
101	H	0.00040	-0.1	0.2	56.9	0.6	0.9
103	H	397.12530	-0.1	0.2	66.4	0.5	0.7
906	H	90.33470	-0.2	0.2	33.9	1.0	1.4
908	H	324.95870	0.4	0.2	52.2	2.0	1.0
101	S	194.4175	-0.1	0.7	85.8	0.0	2.6
103	S	373.2096	-1.5	0.7	83.1	0.9	2.9
906	S	116.6723	1.6	0.9	76.0	1.0	3.6
908	S	414.2269	1.8	0.9	75.1	1.1	3.7
;Standpunkt	908	83.82832	0.00000	0.2		83.82832	
101	H	0.00020	-0.1	0.2	52.9	0.4	1.0
907	H	30.95260	-0.0	0.2	51.7	0.2	1.0
909	H	249.40150	0.1	0.2	28.2	0.7	1.6
101	S	384.5032	-0.7	0.8	79.3	0.4	3.3
907	S	414.2287	-0.0	0.9	75.1	0.0	3.7
909	S	255.8006	-0.3	1.1	65.0	0.2	4.7
;Standpunkt	909	83.82438	0.00000	0.2		83.82438	
103	H	0.00020	0.0	0.2	60.2	0.1	0.8

C Ausgleichsergebnisse

```

908      H      49.40540    0.2    0.2 46.3    0.8    1.1
910      H     345.60490   -0.2    0.2 55.0    0.8    0.9
103      S     567.0692    1.5    0.9 74.4    0.9    3.8
908      S     255.7990    1.3    1.1 65.0    0.9    4.7
910      S     766.5852   -0.8    1.1 64.5    0.5    4.8
;Standpunkt      910  176.83844  0.00000  0.2          176.83844
103      H      0.00000    0.1    0.2 55.6    0.5    0.9
909      H     52.59090   -0.2    0.2 53.0    1.1    0.9
911      H    292.83190    0.1    0.2 33.7    0.8    1.4
103      S     581.6613   -0.8    0.8 78.6    0.5    3.4
909      S     766.5808    3.6    1.1 64.5    2.4    4.8
911      S     171.9665   -0.7    1.1 58.7    0.5    5.4
;Standpunkt      911  142.42963  0.00000  0.2          142.42963
104      H     49.34170    0.4    0.2 58.2    1.8    0.9
904      H    399.99980   -0.2    0.2 55.5    0.7    0.9
910      H    127.24110   -0.2    0.2 37.8    1.3    1.3
104      S     620.9150   -3.0    0.8 78.0    1.8    3.4
904      S     775.0460    1.1    1.0 65.9    0.7    4.6
910      S     171.9641    1.7    1.1 58.7    1.2    5.4
;
; 1. Varianzkomponentenschätzung
;
;           [mgon]/[mm]/...
;Klasse Anz. Gewicht      s(a prior.)  s(a post.) s(a post.)  T-F  F-Quantil (5.0%)
;s0     100     10708.6      1.0000      0.9338      1.15  1.35 = 67
;H       50    13270237.1      0.3         0.3 0.1373      1.19  1.43 = 27.00
;S       50     305269.3      1.9         1.8 1.1738      1.12  1.43 = 40.00
;
;           [gon]/[m]           [mgon]/[mm]
;Funktionen u.(Ausreißer) Wert      d           s           T           T-Quantil (5.0%)

```

C.1.2. 2D-Gesamtspurminimierung

```

; Xdesy 1.9.05 (03.12.2008)      BC5.6.1 (c)1996-2008 F.Kern
;
;
; Projekt          ="Bachelorarbeit"
; Bearbeiter       ="Arne Boysen"
; Quelle           ="SIM2.inp"
; EinheitWinkel=gon (gon, deg, altgrad)
; EinheitStrecke=m (m)
; Erdradius=6383000.0000
; RotationsMatrixTyp=OmegaPhiKappa (OmegaPhiKappa, AzimuthTiltSwing, AxisAngle)
; KonfidenzBereichAzimut=1000.0000
; ZielweitenTyp=km (Standardabweichung, km, m, Gewicht, GewichtQuadrat)
; ReduktionAufReststrecke=yes
; .Plot
; Selection =
; SelectionWithBorder = false
; TextSize = 12
; TextColor = 6
; StrokeWidth = 0.100000
; ScaleResiduum = 1.000000
; ScaleOutlier = 1.000000
; Symbols = true
; .end
; .VRML
; Scale = 1.000000 1.000000 1.000000
; .end

; Beobachtungen -Übersicht-
; 50 H          (HorizDirection)
; 50 S          (HorizDistance)

; 100 Beobachtungen
; - 36 Unbekannte
; + 3 Datumsverfügungen
; = 67 Freiheitsgrade

; 0/ 10 Iterationen fuer L2Norm-Vorausgleichung (0.000000e+00<1.000000e-06)
; 0 Iterationen fuer L1Norm
; 0/ 10 Iterationen fuer L2Norm-Endausgleichung (0.000000e+00<1.000000e-06)
;
;          [m]          [m]   [mm] [mm] [%] [mm]          [mm] [mm]
;Punktnummer      Hoch/X      Rechts/Y      sx      sy      k EPmax Nr.      dX      dY
101 * 65128.6557      6856.0736      0.5      0.4      0 -1.2 76      4.7      0.6
102 * 65135.3755      6881.9491      0.5      0.4-27 -1.2 14      3.5     -3.9
103 * 65302.1075      6811.0377      0.5      0.5 -7      2.4 88     -2.5      2.7
104 * 65308.8251      6836.9014      0.5      0.5 8      2.0 94     -3.9     -1.6
904 * 65445.4083      7366.0621      0.7      0.7-19 -2.2 95     -5.7     -7.9
905 * 65286.9539      7465.4458      0.9      0.7-24  2.1 63      1.9    -11.2
906 * 64972.4985      6998.0766      0.6      0.7-17  2.1 63      6.5     -6.4
907 * 64936.7169      6887.0251      0.7      0.6 7      1.1 25      8.9      1.1
908 * 65032.0293      6483.9103      0.7      0.8 -4     -1.2 76      3.3      7.3

```

C Ausgleichungsergebnisse

909 *	65159.5723	6262.1742	0.9	0.9-18	-2.3	89	-0.7	12.2	
910 *	65845.6977	6604.0582	0.8	0.8	3	2.4	88	-6.3	8.2
911 *	65924.5602	6756.8710	0.8	0.9	18	-2.2	95	-9.8	-1.0
;	[gon]/[m]	[mgon]/[mm]							
;Beobachtungen	Wert	v	s	Red	nv	Nabla L			
;Standpunkt	101	83.82399	0.00000	0.2		83.82399			
	102	H	0.00030	0.0	0.2	37.1	0.3	1.3	
	103	H	300.00360	0.0	0.2	54.7	0.0	0.9	
	104	H	309.42710	-0.1	0.2	53.1	0.5	1.0	
	907	H	105.99750	0.2	0.2	41.7	1.0	1.2	
	908	H	200.00440	-0.2	0.2	52.7	0.7	1.0	
	102	S	26.7363	-2.5	0.5	93.0	1.2	2.0	
	103	S	179.2029	0.3	0.6	91.1	0.1	2.3	
	104	S	181.1892	-2.6	0.6	90.9	1.3	2.3	
	907	S	194.4153	3.0	0.7	86.6	1.5	2.9	
	908	S	384.5020	0.5	0.9	80.2	0.3	3.6	
;Standpunkt	102	283.82485	0.00000	0.1		283.82485			
	101	H	399.99950	-0.0	0.2	36.8	0.0	1.3	
	103	H	90.57490	0.1	0.2	55.0	0.6	0.9	
	104	H	99.99890	-0.4	0.2	58.6	1.7	0.9	
	904	H	179.91260	0.3	0.2	67.3	1.0	0.7	
	905	H	199.99470	0.2	0.2	66.6	1.0	0.7	
	906	H	276.74430	-0.2	0.2	43.8	1.1	1.2	
	101	S	26.7310	2.8	0.5	93.0	1.3	2.0	
	103	S	181.1846	0.4	0.6	90.9	0.2	2.3	
	104	S	179.2053	-1.4	0.6	91.2	0.7	2.3	
	904	S	574.8775	1.4	0.7	86.6	0.7	2.9	
	905	S	602.8658	-2.3	0.7	87.0	1.2	2.8	
	906	S	200.0335	2.8	0.8	84.7	1.4	3.1	
;Standpunkt	103	183.82790	0.00000	0.1		183.82790			
	101	H	399.99960	0.1	0.2	62.0	0.4	0.8	
	102	H	390.57200	-0.0	0.2	57.2	0.1	0.9	
	104	H	299.99450	0.3	0.2	39.1	1.4	1.3	
	907	H	3.11930	-0.4	0.2	69.4	1.7	0.7	
	909	H	99.99710	-0.2	0.2	58.9	0.8	0.9	
	910	H	193.01070	0.3	0.2	57.1	1.1	0.9	
	101	S	179.1989	4.3	0.6	91.1	2.1	2.3	
	102	S	181.1839	1.1	0.6	90.9	0.5	2.3	
	104	S	26.7241	-2.3	0.5	92.7	1.1	2.1	
	907	S	373.2078	0.4	0.8	83.9	0.2	3.2	
	909	S	567.0708	-1.6	1.0	75.7	0.8	4.2	
	910	S	581.6626	-0.5	0.9	79.8	0.3	3.7	
;Standpunkt	104	193.25190	0.00000	0.1		193.25190			
	101	H	399.99870	0.4	0.2	55.6	1.8	0.9	
	102	H	390.57140	0.1	0.2	59.4	0.2	0.8	
	103	H	90.57110	-0.3	0.2	38.7	1.8	1.3	
	904	H	290.66750	-0.4	0.2	68.6	1.6	0.7	
	905	H	308.96220	0.2	0.2	67.8	0.9	0.7	
	911	H	198.51970	0.0	0.2	58.4	0.2	0.9	
	101	S	181.1839	2.7	0.6	90.9	1.3	2.3	
	102	S	179.2036	0.3	0.6	91.2	0.1	2.3	
	103	S	26.7205	1.3	0.5	92.7	0.6	2.1	

C Ausgleichsergebnisse

	904	S	546.5008	2.6	0.8	85.6	1.3	3.0
	905	S	628.9249	-0.2	0.8	85.3	0.1	3.0
	911	S	620.9145	-0.1	0.9	79.2	0.1	3.8
;Standpunkt	904		263.73735	0.00000	0.2		263.73735	
	102	H	0.00020	0.2	0.2	67.8	0.6	0.7
	104	H	20.18160	0.1	0.2	67.5	0.2	0.7
	905	H	300.60030	-0.1	0.2	38.8	0.5	1.3
	911	H	78.69210	-0.1	0.2	60.6	0.5	0.8
	102	S	574.8785	0.4	0.7	86.6	0.2	2.9
	104	S	546.5054	-2.0	0.8	85.6	1.0	3.0
	905	S	187.0422	0.3	1.1	68.7	0.2	5.0
	911	S	775.0474	1.2	1.2	67.7	0.7	5.1
;Standpunkt	905		283.81968	0.00000	0.2		283.81968	
	102	H	0.00000	0.1	0.2	69.8	0.4	0.7
	104	H	18.39470	-0.1	0.2	70.2	0.2	0.7
	904	H	80.51790	-0.0	0.2	45.9	0.1	1.1
	906	H	378.47650	-0.0	0.2	65.6	0.1	0.7
	102	S	602.8609	2.6	0.7	87.0	1.3	2.8
	104	S	628.9264	-1.7	0.8	85.3	0.8	3.0
	904	S	187.0435	-1.0	1.1	68.7	0.5	5.0
	906	S	563.3102	-2.0	0.9	80.5	1.0	3.6
;Standpunkt	906		360.56861	0.00000	0.2		360.56861	
	102	H	0.00020	0.1	0.2	43.6	0.6	1.2
	905	H	101.72770	-0.2	0.2	39.9	0.8	1.3
	907	H	319.58770	0.0	0.2	31.6	0.2	1.5
	102	S	200.0362	0.1	0.8	84.7	0.1	3.1
	905	S	563.3061	2.1	0.9	80.5	1.1	3.6
	907	S	116.6758	-2.1	0.9	78.4	1.1	3.9
;Standpunkt	907		389.82190	0.00000	0.2		389.82190	
	101	H	399.99960	0.2	0.2	56.1	0.8	0.9
	103	H	397.12480	0.1	0.2	66.1	0.3	0.7
	906	H	90.33460	-0.2	0.2	32.9	0.9	1.5
	908	H	324.95900	-0.1	0.2	50.7	0.5	1.0
	101	S	194.4216	-3.3	0.7	86.6	1.6	2.9
	103	S	373.2093	-1.1	0.8	83.9	0.5	3.2
	906	S	116.6741	-0.4	0.9	78.4	0.2	3.9
	908	S	414.2319	-2.6	1.0	76.2	1.4	4.1
;Standpunkt	908		83.82822	0.00000	0.2		83.82822	
	101	H	399.99980	0.2	0.2	52.0	1.0	1.0
	907	H	30.95270	-0.1	0.2	50.6	0.6	1.0
	909	H	249.40250	-0.1	0.2	27.4	0.5	1.7
	101	S	384.5017	0.8	0.9	80.2	0.4	3.6
	907	S	414.2270	2.3	1.0	76.2	1.2	4.1
	909	S	255.8010	-0.0	1.2	66.2	0.0	5.2
;Standpunkt	909		83.82445	0.00000	0.2		83.82445	
	103	H	0.00030	0.1	0.2	59.6	0.3	0.8
	908	H	49.40630	-0.1	0.2	45.2	0.5	1.1
	910	H	345.60470	0.0	0.2	53.7	0.1	0.9
	103	S	567.0693	-0.1	1.0	75.7	0.0	4.2
	908	S	255.8005	0.5	1.2	66.2	0.3	5.2
	910	S	766.5862	-1.1	1.2	66.3	0.6	5.2
;Standpunkt	910		176.83837	0.00000	0.2		176.83837	

C Ausgleichungsergebnisse

```

103      H      0.00080   -0.3    0.2  54.7   1.4   0.9
909      H     52.59060    0.2    0.2  51.8   1.0   1.0
911      H    292.83150    0.1    0.2  32.6   0.6   1.5
103      S     581.6631   -1.0    0.9  79.8   0.5   3.7
909      S     766.5857   -0.6    1.2  66.3   0.3   5.2
911      S     171.9653   -2.9    1.3  60.1   1.8   6.0
;Standpunkt      911  142.42911  0.00000  0.2      142.42911
104      H      49.34280   -0.3    0.2  57.6   1.2   0.9
904      H      0.00000    0.2    0.2  54.7   1.0   0.9
910      H     127.24080    0.1    0.2  36.7   0.3   1.3
104      S     620.9100    4.4    0.9  79.2   2.3   3.8
904      S     775.0513   -2.7    1.2  67.7   1.5   5.1
910      S     171.9607    1.7    1.3  60.1   1.0   6.0
;
; 1. Varianzkomponentenschätzung
;
;           [mgon]/[mm]/...
;Klasse Anz. Gewicht      s(a prior.)  s(a post.) s(a post.)  T-F  F-Quantil (5.0%)
;s0     100     10584.0      1.0000          0.9448    1.12  1.35 = 67
;H       50    14673036.2      0.3           0.3 0.1305    1.32  1.43 = 26.43
;S       50     218779.1       2.2           2.1 1.4242    1.02  1.43 = 40.57
;
;           [gon]/[m]           [mgon]/[mm]
;Funktionen u. (Ausreißer) Wert      d           s           T           T-Quantil (5.0%)

```

C.1.3. 3D-Teilspurminimierung

```

; Xdesy 1.9.05 (03.12.2008)      BC5.6.1 (c)1996-2008 F.Kern
;
;
; Projekt          ="Bachelorarbeit"
; Bearbeiter       ="Arne Boysen"
; Quelle           ="SIM3.inp"
; EinheitWinkel=gon (gon, deg, altgrad)
; EinheitStrecke=m (m)
; Erdradius=6383000.0000
; RotationsMatrixTyp=OmegaPhiKappa (OmegaPhiKappa, AzimuthTiltSwing, AxisAngle)
; KonfidenzBereichAzimut=1000.0000
; ZielweitenTyp=km (Standardabweichung, km, m, Gewicht, GewichtQuadrat)
; ReduktionAufReststrecke=yes
; .Plot
; Selection =
; SelectionWithBorder = false
; TextSize = 12
; TextColor = 6
; StrokeWidth = 0.100000
; ScaleResiduum = 1.000000
; ScaleOutlier = 1.000000
; Symbols = true
; .end
; .VRML
; Scale = 1.000000 1.000000 1.000000
; .end

; Beobachtungen -Übersicht-
; 50 H          (HorizDirection)
; 50 V          (VerticalAngle)
; 49 D          (Distance)

; 149 Beobachtungen
; - 48 Unbekannte
; + 7 Datumsverfügungen
; = 108 Freiheitsgrade

; 0/ 10 Iterationen fuer L2Norm-Vorausgleichung (0.000000e+00<1.000000e-06)
; 0   Iterationen fuer L1Norm
; 0/ 10 Iterationen fuer L2Norm-Endausgleichung (0.000000e+00<1.000000e-06)
;
;          [m]          [m]    [mm]  [mm] [%]  [mm]          [mm]  [mm]
;Punktnummer    Hoch/X    Rechts/Y    sx    sy  k EPmax Nr.    dX    dY
; 101    65128.6537    6856.0746    1.2   0.9 10   0.8  4    2.7   1.6
; 102    65135.3737    6881.9509    1.2   0.9-14   2.7  69    1.7  -2.1
; 103    65302.1092    6811.0373    1.1   1.0-26   2.2  38   -0.8   2.3
; 104    65308.8270    6836.9023    1.2   0.9 -6   -3.1 140   -2.0  -0.7
; 904 *   65445.4095    7366.0702    1.2   1.2-23   2.7  69   -4.5   0.2
; 905 *   65286.9513    7465.4538    1.3   1.2-14   1.8  84   -0.7  -3.2
; 906 *   64972.4948    6998.0795    0.9   1.3 -3    1.8  84    2.8  -3.5
; 907 *   64936.7124    6887.0259    1.0   1.1 17   -2.5 105    4.4   1.9

```

C Ausgleichsergebnisse

	908 *	65032.0225	6483.9043	1.0	2.0-48	-2.5	105	-3.5	1.3
	909 *	65159.5657	6262.1628	1.4	1.5-29	2.8	132	-7.3	0.8
	910 *	65845.7111	6604.0516	1.4	1.5	31	2.8	132	7.1
	911 *	65924.5716	6756.8729	1.3	1.6	19	-3.1	140	1.6
		[m]	[m]	[mm]	[mm]			[mm]	[mm]
	;Punktnummer	Hoehe	Undulation	sH	sN	EPmax	Nr.	dH	dN
		101	66.4990	0.0000	0.9	.	-1	0.0	
		102	66.5100	0.0000	0.9	.	-1	-0.0	
		103	66.6550	0.0000	1.0	.	-1	-1.0	
		104	66.7032	0.0000	1.0	.	-1	-0.8	
		904 *	54.3832	0.0000	0.8	.	-1	-0.8	
		905 *	55.6139	0.0000	0.7	.	-1	-0.1	
		906 *	67.8346	0.0000	1.0	.	-1	-0.4	
		907 *	67.7498	0.0000	1.0	.	-1	-1.2	
		908 *	48.7402	0.0000	1.2	.	-1	-1.8	
		909 *	46.4448	0.0000	1.2	.	-1	-1.2	
		910 *	56.0068	0.0000	1.6	.	-1	2.8	
		911 *	55.3896	0.0000	1.6	.	-1	2.6	
		[gon]/[m]	[mgon]/[mm]						
	;Beobachtungen	Wert	v	s	Red	nv	Nabla L		
	;Standpunkt	101	83.82403	0.00000	0.2		83.82403		
		102	H	0.00040	0.1	0.2	33.3	0.3	1.5
		103	H	300.00330	0.1	0.2	48.8	0.6	1.1
		104	H	309.42710	-0.0	0.2	47.2	0.2	1.1
		907	H	105.99790	-0.1	0.2	34.7	0.4	1.4
		908	H	200.00380	-0.1	0.2	36.7	0.4	1.4
		102	D	26.7319	2.8	0.7	99.1	0.4	2.5
		103	D	179.2054	1.8	1.4	96.0	0.2	5.2
		104	D	181.1904	0.2	1.4	95.9	0.0	5.3
		907	D	194.4262	-1.4	1.4	96.1	0.2	5.2
		908	D	384.9134	6.9	2.4	88.9	1.0	9.0
		102	V	99.97370	0.2	0.4	51.5	0.6	2.0
		103	V	99.94420	0.4	0.2	88.0	0.7	0.8
		104	V	99.92830	-0.0	0.2	88.2	0.1	0.8
		907	V	99.58970	0.7	0.3	76.5	1.4	1.1
		908	V	102.93780	0.4	0.2	84.5	0.7	0.9
	;Standpunkt	102	283.82474	0.00000	0.2		283.82474		
		101	H	399.99980	-0.1	0.2	33.1	0.3	1.5
		103	H	90.57530	-0.4	0.2	48.3	2.0	1.1
		104	H	99.99840	0.2	0.2	51.5	0.9	1.0
		904	H	179.91290	0.2	0.2	50.5	0.7	1.0
		905	H	199.99530	-0.0	0.2	51.9	0.0	1.0
		906	H	276.74410	0.1	0.2	32.5	0.7	1.5
		101	D	26.7327	2.0	0.7	99.1	0.3	2.5
		103	D	181.1878	1.3	1.4	95.9	0.2	5.3
		104	D	179.2036	4.3	1.4	96.1	0.6	5.2
		904	D	575.0049	8.8	1.5	95.3	1.2	5.6
		905	D	602.9605	7.3	1.6	94.8	1.0	6.0
		906	D	200.0395	3.3	1.5	95.7	0.5	5.4
		101	V	100.02590	0.2	0.4	51.5	0.4	2.0
		103	V	99.94870	0.3	0.2	88.2	0.6	0.7
		104	V	99.93200	-0.7	0.2	87.9	1.2	0.8

C Ausgleichsergebnisse

	904	V	101.34230	0.4	0.2	93.0	0.7	0.6
	905	V	101.14970	0.8	0.1	94.1	1.3	0.5
	906	V	99.57870	-0.3	0.3	75.9	0.5	1.2
;Standpunkt	103		183.82752	0.00000	0.2		183.82752	
	101	H	0.00010	-0.2	0.2	57.4	0.8	0.9
	102	H	390.57190	0.2	0.2	49.1	0.9	1.1
	104	H	299.99560	-0.3	0.2	35.3	1.5	1.4
	907	H	3.11900	0.3	0.2	62.9	1.1	0.8
	909	H	99.99660	0.1	0.2	37.4	0.6	1.3
	910	H	193.01130	-0.1	0.2	36.6	0.8	1.4
	101	D	179.2040	3.2	1.4	96.0	0.4	5.2
	102	D	181.1897	-0.6	1.4	95.9	0.1	5.3
	104	D	26.7183	4.9	0.7	99.1	0.7	2.5
	907	D	373.2119	4.3	1.5	95.6	0.6	5.5
	909	D	567.4307	11.2	1.9	93.2	1.6	6.9
	910	D	581.7641	8.6	1.8	93.2	1.2	6.9
	101	V	100.05530	0.1	0.2	88.0	0.2	0.8
	102	V	100.05130	-0.3	0.2	88.2	0.6	0.7
	104	V	99.88530	-0.2	0.4	51.2	0.5	2.0
	907	V	99.81350	-0.3	0.2	91.9	0.4	0.6
	909	V	102.26820	-0.3	0.2	91.3	0.6	0.6
	910	V	101.16530	-0.0	0.2	84.0	0.1	0.9
;Standpunkt	104		193.25209	0.00000	0.2		193.25209	
	101	H	399.99900	0.0	0.2	48.2	0.1	1.1
	102	H	390.57130	-0.0	0.2	50.8	0.2	1.0
	103	H	90.57050	0.3	0.2	35.0	1.5	1.4
	904	H	290.66750	-0.3	0.2	52.5	1.3	1.0
	905	H	308.96250	0.2	0.2	53.2	0.7	1.0
	911	H	198.51990	-0.1	0.2	36.7	0.6	1.4
	101	D	181.1897	0.9	1.4	95.9	0.1	5.3
	102	D	179.2060	1.9	1.4	96.1	0.3	5.2
	103	D	26.7234	-0.2	0.7	99.1	0.0	2.5
	904	D	546.6433	5.8	1.5	95.3	0.8	5.7
	905	D	629.0233	6.5	1.6	94.7	0.9	6.0
	911	D	621.0158	10.9	1.8	93.6	1.5	6.7
	101	V	100.07080	0.9	0.2	88.2	1.7	0.8
	102	V	100.06900	-0.3	0.2	87.9	0.6	0.8
	103	V	100.11530	-0.4	0.4	51.2	0.9	2.0
	904	V	101.43550	-0.6	0.2	92.3	1.1	0.6
	905	V	101.12160	0.8	0.1	94.5	1.3	0.5
	911	V	101.15990	-0.1	0.2	85.5	0.1	0.8
;Standpunkt	904		263.73725	0.00000	0.2		263.73725	
	102	H	0.00090	-0.4	0.2	54.5	1.6	0.9
	104	H	20.18170	0.3	0.2	57.6	1.5	0.9
	905	H	300.60090	0.1	0.2	30.1	0.5	1.6
	911	H	78.69250	-0.1	0.2	42.6	0.4	1.2
	102	D	575.0049	8.8	1.5	95.3	1.2	5.6
	104	D	546.6388	10.3	1.5	95.3	1.4	5.7
	905	D	187.0481	1.6	2.0	91.7	0.2	7.7
	911	D	775.0502	10.3	2.1	91.1	1.5	8.0
	102	V	98.65690	0.4	0.2	93.0	0.7	0.6
	104	V	98.56450	0.6	0.2	92.3	1.1	0.6

C Ausgleichungsergebnisse

	905	V	99.58080	0.3	0.4	56.2	0.7	1.8
	911	V	99.91760	-0.3	0.2	92.0	0.5	0.6
;Standpunkt	905		283.82020	0.00000	0.2		283.82020	
	102	H	399.99960	0.2	0.2	60.8	1.0	0.8
	104	H	18.39440	0.2	0.2	61.2	0.7	0.8
	904	H	80.51820	-0.2	0.2	33.8	0.9	1.4
	906	H	378.47640	-0.2	0.2	51.9	1.0	1.0
	102	D	602.9628	5.0	1.6	94.8	0.7	6.0
	104	D	629.0259	3.9	1.6	94.7	0.5	6.0
	904	D	187.0481	1.6	2.0	91.7	0.2	7.7
	906	D	563.4422	3.4	1.8	93.5	0.5	6.7
	102	V	98.84920	0.3	0.1	94.1	0.6	0.5
	104	V	98.87750	0.1	0.1	94.5	0.2	0.5
	904	V	100.41830	0.6	0.4	56.2	1.3	1.8
	906	V	98.61870	0.4	0.2	91.3	0.7	0.6
;Standpunkt	906		360.56875	0.00000	0.2		360.56875	
	102	H	0.00030	-0.1	0.2	33.9	0.5	1.4
	905	H	101.72770	-0.1	0.2	31.0	0.5	1.5
	907	H	319.58730	0.2	0.2	24.6	1.1	1.8
	102	D	200.0417	1.1	1.5	95.7	0.2	5.4
	905	D	563.4408	4.8	1.8	93.5	0.7	6.7
	907	D	116.6713	4.8	1.4	96.1	0.7	5.1
	102	V	100.42180	-0.2	0.3	75.9	0.5	1.2
	905	V	101.38140	-0.5	0.2	91.3	0.9	0.6
	907	V	100.04710	-0.8	0.4	59.1	1.8	1.7
;Standpunkt	907		389.82149	0.00000	0.2		389.82149	
	101	H	0.00040	-0.0	0.2	51.3	0.1	1.0
	103	H	397.12530	-0.0	0.2	63.1	0.0	0.8
	906	H	90.33490	-0.2	0.2	26.0	1.2	1.7
	908	H	324.95850	0.2	0.2	36.2	1.2	1.4
	101	D	194.4235	1.3	1.4	96.1	0.2	5.2
	103	D	373.2136	2.6	1.5	95.6	0.4	5.5
	906	D	116.6713	4.8	1.4	96.1	0.7	5.1
	908	D	414.6619	9.6	2.5	87.2	1.4	9.8
	101	V	100.40910	0.5	0.3	76.5	0.9	1.1
	103	V	100.18620	0.6	0.2	91.9	1.0	0.6
	906	V	99.95480	-1.1	0.4	59.1	2.3	1.7
	908	V	102.91920	0.2	0.2	85.3	0.4	0.9
;Standpunkt	908		83.82790	0.00000	0.2		83.82790	
	101	H	399.99980	0.1	0.2	38.9	0.3	1.3
	907	H	30.95250	-0.2	0.2	36.4	1.1	1.4
	909	H	249.40200	0.1	0.3	22.7	0.9	1.9
	907	D	414.6637	7.8	2.5	87.2	1.1	9.8
	909	D	255.8116	4.4	2.9	83.1	0.7	11.5
	101	V	97.06130	0.5	0.2	84.5	1.0	0.9
	907	V	97.08080	-0.2	0.2	85.3	0.4	0.9
	909	V	100.57230	-1.0	0.4	60.7	2.3	1.7
;Standpunkt	909		83.82415	0.00000	0.2		83.82415	
	103	H	0.00010	-0.0	0.2	49.5	0.1	1.0
	908	H	49.40590	-0.0	0.2	31.3	0.1	1.5
	910	H	345.60460	0.0	0.2	37.6	0.2	1.3
	103	D	567.4282	13.7	1.9	93.2	1.9	6.9

C Ausgleichsergebnisse

```

908      D      255.8100      6.0      2.9 83.1      0.9      11.5
910      D      766.6512     13.6      2.2 90.6      1.9      8.2
103      V      97.73250     -0.4      0.2 91.3      0.7      0.6
908      V      99.42980     -1.1      0.4 60.7      2.3      1.7
910      V      99.20640     -0.4      0.2 85.9      0.8      0.8
;Standpunkt      910      176.83892     0.00000     0.2      176.83892
103      H      399.99980     -0.0      0.2 41.5      0.2      1.2
909      H      52.59000     -0.1      0.2 36.3      0.7      1.4
911      H      292.83300      0.2      0.3 24.0      1.1      1.8
103      D      581.7643      8.4      1.8 93.2      1.2      6.9
909      D      766.6468     18.0      2.2 90.6      2.6      8.2
911      D      171.9655      4.7      2.8 84.5      0.7     10.9
103      V      98.83570     -1.0      0.2 84.0      1.8      0.9
909      V      100.79370      0.3      0.2 85.9      0.6      0.8
911      V      100.22780      0.7      0.4 53.2      1.6      1.9
;Standpunkt      911      142.43038     0.00000     0.2      142.43038
104      H      49.34120      0.3      0.2 48.2      1.4      1.1
904      H      399.99940     -0.1      0.2 42.0      0.5      1.2
910      H      127.24190     -0.2      0.2 26.2      1.3      1.7
104      D      621.0200      6.7      1.8 93.6      0.9      6.7
904      D      775.0490     11.5      2.1 91.1      1.6      8.0
910      D      171.9631      7.1      2.8 84.5      1.0     10.9
104      V      98.84000      0.2      0.2 85.5      0.3      0.8
904      V      100.08330     -0.6      0.2 92.0      1.1      0.6
910      V      99.77080      0.7      0.4 53.2      1.6      1.9
;
; 1. Varianzkomponentenschätzung
;
; [mgon]/[mm]/...
;Klasse Anz. Gewicht      s(a prior.) s(a post.) s(a post.) T-F F-Quantil (5.0%)
;s0      149      10428.7      1.0000      0.9589      1.09      1.23 = 108
;H       50      14055467.9      0.3      0.3 0.1540      1.26      1.43 = 21.17
;V       50      2825229.4      0.6      0.6 0.2441      1.00      1.43 = 40.05
;D       49      19746.1      7.4      7.1 5.0320      1.08      1.43 = 45.83
;
; [gon]/[m] [mgon]/[mm]
;Funktionen u.(Ausreißer) Wert      d      s      T      T-Quantil (5.0%)

```

C.2. KAFKA

C.2.1. 2D-Teilspurminimierung

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 8:54 SEITE: 1
FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
Bachelorarbeit Arne Boysen
=====

AUSWERTUNG HYBRIDER LAGEVERMESSUNGEN (L2-Norm Ausgleich)
=====

K A F K A : KOMPLEXE ANALYSE FLAECHEHAFTER KATASTER-AUFNAHMEN
COPYRIGHT: PROF. DR.-ING. WILHELM BENNING

AUSGLEICHUNG VON:

- TRIGONOMETRISCHEN BEOBACHTUNGEN
- POLAR - AUFNAHMEN
- ELEKTROOPTISCHEN DISTANZEN
- KOORDINATEN BEWEGLICHER ANSCHLUSSPUNKTE
- LINIENMESSUNGEN UND ORTHOGONALAUFNAHMEN

LEGENDE :

SRED : REDUZIERTER STRECKE (NN-HOEHE , ABBILDUNGSEBENE)
V : VERBESSERUNG AUS DER AUSGLEICHUNG
- A.K. : - AUS KOORDINATEN
SA : STANDARDABWEICHUNG DER BEOBACHTUNG
- V.A. : - VOR DER AUSGLEICHUNG
- N.A. : - NACH DER AUSGLEICHUNG
EV(%) : KONTROLLIERBARKEIT DER BEOBACHTUNG
EP(M) : EINFLUSS DER BEOBACHTUNG AUF DIE RELATIVE PUNKTLAGE
NV : NORMIERTE VERBESSERUNG
GF : GESCHAETZTER GROBER FEHLER
VDS : ABSOLUTE DIFFERENZ DURCHLAUFENDER ABSZISSENMASSE
D : ZULAESSIGE FEHLERGRENZE
RIWI : RICHTUNGSWINKEL NACH DER AUSGLEICHUNG
QUERF : QUERFEHLER AUS DER RICHTUNGSVERBESSERUNG
DEG : ALTGRAD (DEGREE) , EINHEIT FUER WINKEL
-N.K.- : NICHT KONTROLLIERBARE BEOBACHTUNG
SP : STANDARDABWEICHUNG DES PUNKTES NACH HELMERT
LSP : LOKALE STANDARDABWEICHUNG DES PUNKTES

IGEV : GRENZE DER KONTROLLIERBARKEIT: 5 %
K : KRITISCHER WERT K (GRENZWERT FUER NV): 3.30

C Ausgleichsergebnisse

SA(ZEF): STANDARDABWEICHUNG DER ZIELEINSTELLUNG 0.00100 M
 ITER : ANZAHL DER MAXIMAL ZU RECHNENDEN ITERATIONEN: 1
 DXMIN : AUSGABE VON KOORDINATENAENDERUNGEN GROESSER ALS: 0.50 M
 ILT4 : ZUSAETZLICHE KOORDINATENAUSGABE: KEINE
 NEUPUNKTE DES VERFAHRENS: 12 UNBEKANNTE: 40

FREIE NETZAUSGLEICHUNG (0 BEWEGLICHE ANSCHLUSSPUNKTE)

BEDINGUNGSBEOBACHTUNGEN BEZIEHEN SICH AUF DIE EINGEGEBENEN KOORDINATEN
 DER BEWEGLICHEN ANSCHLUSSPUNKTE

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 8:54 SEITE: 2
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

POLARE STRECKEN:

NR	VON	NACH	SRED	V	SA	SA	EV	EP	NV	GF
			V.D.A.	A.K.V.A.	N.A.					
			(M)	(MM)	(MM)	(MM)	(%)	(MM)		(M)
1	101	102	26.733	1	2	1	86	0	0.5	
2		103	179.204	0	2	1	87	0	0.2	
3		104	181.189	-2	2	1	87	0	1.0	
4		907	194.420	-3	2	1	83	1	1.3	
5		908	384.503	-1	3	1	80	0	0.3	
6	102	101	26.734	0	2	1	86	0	0.1	
7		103	181.187	-1	2	1	87	0	0.4	
8		104	179.203	2	2	1	87	0	0.9	
9		904	574.878	1	3	1	87	0	0.4	
10		905	602.862	0	3	1	88	0	0.1	
11		906	200.035	0	2	1	81	0	0.1	
12	103	101	179.203	1	2	1	87	0	0.5	
13		102	181.189	-3	2	1	87	0	1.3	
14		104	26.718	4	2	1	86	1	1.9	
15		907	373.208	0	3	1	85	0	0.1	
16		909	567.072	-1	3	1	80	0	0.2	
17		910	581.661	-1	3	1	80	0	0.2	
18	104	101	181.189	-2	2	1	87	0	0.7	
19		102	179.205	0	2	1	87	0	0.2	
20		103	26.723	-1	2	1	86	0	0.7	
21		904	546.505	-2	3	1	87	0	0.5	
22		905	628.925	-1	3	1	87	0	0.2	
23		911	620.911	1	3	1	81	0	0.5	
24	904	102	574.878	1	3	1	87	0	0.4	
25		104	546.501	3	3	1	87	0	1.0	
26		905	187.042	1	2	1	66	0	0.4	
27		911	775.047	0	4	2	75	0	0.0	

C Ausgleichungsergebnisse

28	905	102	602.865	-2	3	1	88	0	0.7
29		104	628.928	-3	3	1	87	0	1.1
30		904	187.043	0	2	1	66	0	0.1
31		906	563.309	-1	3	1	82	0	0.3
32	906	102	200.037	-2	2	1	81	0	0.9
33		905	563.306	2	3	1	82	0	0.7
34		907	116.672	1	2	1	70	1	0.7
35	907	101	194.417	0	2	1	83	0	0.0
36		103	373.210	-1	3	1	85	0	0.6
37		906	116.672	1	2	1	70	1	0.7
38		908	414.227	2	3	1	77	1	0.7
39	908	101	384.503	-1	3	1	80	0	0.2
40		907	414.229	0	3	1	77	0	0.0
41		909	255.801	0	3	2	64	0	0.1
42	909	103	567.069	2	3	1	80	0	0.7
43		908	255.799	1	3	2	64	1	0.7
44		910	766.585	0	4	2	74	0	0.0
45	910	103	581.661	-1	3	1	80	0	0.3
46		909	766.581	4	4	2	74	2	1.5

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 8:54 SEITE: 3
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

POLARE STRECKEN:

NR	VON	NACH	SRED	V	SA	SA	EV	EP	NV	GF
			V.D.A.	A.K.V.A.	N.A.					
			(M)	(MM)	(MM)	(MM)	(%)	(MM)		(M)

47		911	171.966	-1	2	2	57	1	0.6	
48	911	104	620.915	-3	3	1	81	1	1.0	
49		904	775.046	1	4	2	75	0	0.4	
50		910	171.964	1	2	2	57	1	0.8	

STATISTIK DER BEOBACHTUNGEN

=====

	ANZAHL	REDUNDANZ	MAX.VERB.	NR.	MITT.VERB.	MAX.NV	NR.	MITT.EV
			MAX. EP	NR.	MITT. EP			

POLARSTRECKEN	50	40.10	0.004 M	46	0.001 M	1.9	14	80 %
	50		0.002 M	46	0.000 M			

0 NICHT KONTROLLIERTE BEOBACHTUNGEN = 0.0 %
 49 BEOBACHTUNGEN MIT 0.00 < NV < 1.65 = 98.0 %
 1 BEOBACHTUNGEN MIT 1.65 < NV < 3.30 = 2.0 %
 0 GROBE DATENFEHLER NV > 3.30 = 0.0 %

C Ausgleichsergebnisse

KLEINSTER KONTROLLIERTHEITSWERT (EV) = 57 %
 KLEINSTER KONTROLLIERTHEITSWERT (EV > 5 %) = 57 %

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 8:54 SEITE: 4
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

ERGEBNISSE RICHTUNGSMESSUNG

ZIELPUNKT	RICHTUNG	RIWI	V	SA	SA	QUERF	S	EV	EP	NV	GF
	(GON)	(GON)	(MGON	MGON	MGON)	(MM)	(M)	(%)	(MM)		(MGON)
	V.A.	N.A.	V.A.	N.A.							

STANDPUNKT: 101 BEOB-NR.: 1 FF.

102	0.0000	83.8246	0.2	2.4	1.5	0	27	61	0	0.1
103	300.0029	383.8276	0.2	0.5	0.3	1	179	59	0	0.6
104	309.4268	393.2510	-0.3	0.5	0.3	1	181	56	0	0.7
907	105.9976	189.8220	0.0	0.4	0.3	0	194	46	0	0.2
908	200.0039	283.8284	0.0	0.3	0.3	0	385	43	0	0.2

STANDPUNKT: 102 BEOB-NR.: 6 FF.

101	0.0000	283.8246	-0.2	2.4	1.5	0	27	61	0	0.1
103	90.5753	374.3999	-0.2	0.5	0.3	1	181	60	0	0.6
104	99.9984	383.8234	0.2	0.5	0.3	0	179	64	0	0.4
904	179.9129	63.7377	0.0	0.3	0.2	0	575	59	0	0.1
905	199.9952	83.8199	-0.1	0.3	0.2	1	603	58	0	0.5
906	276.7441	160.5691	0.2	0.4	0.3	1	200	49	0	0.7

STANDPUNKT: 103 BEOB-NR.: 12 FF.

101	0.0000	183.8276	-0.2	0.5	0.3	1	179	69	0	0.5
102	390.5717	174.3999	0.4	0.5	0.3	1	181	64	0	1.1
104	299.9953	83.8233	0.2	2.4	1.5	0	27	61	0	0.1
907	3.1190	186.9469	0.1	0.3	0.2	1	373	62	0	0.5
909	99.9968	283.8245	0.0	0.3	0.2	0	567	50	0	0.1
910	193.0110	376.8386	-0.2	0.3	0.2	2	582	45	1	0.9

STANDPUNKT: 104 BEOB-NR.: 18 FF.

101	0.0000	193.2510	-0.2	0.5	0.3	1	181	61	0	0.7
102	390.5721	183.8234	0.0	0.5	0.3	0	179	65	0	0.1
103	90.5711	283.8233	0.9	2.4	1.5	0	27	61	0	0.5
904	290.6680	83.9191	-0.1	0.3	0.2	1	547	62	0	0.5
905	308.9630	102.2145	0.3	0.3	0.2	3	629	60	1	1.1
911	198.5206	391.7718	-0.1	0.3	0.2	1	621	46	0	0.3

STANDPUNKT: 904 BEOB-NR.: 24 FF.

C Ausgleichsergebnisse

102	0.0000	263.7377	-0.2	0.3	0.2	2	575	64	0	0.8
104	20.1808	283.9191	0.4	0.3	0.2	3	547	65	1	1.5
905	300.6001	164.3380	-0.1	0.5	0.3	0	187	46	0	0.2
911	78.6915	342.4293	-0.1	0.3	0.2	2	775	52	0	0.6

STANDPUNKT: 905 BEOB-NR.: 28 FF.

102	0.0000	283.8199	0.2	0.3	0.2	2	603	67	0	0.8
104	18.3947	302.2145	0.1	0.3	0.2	1	629	66	0	0.5
904	80.5186	364.3380	-0.3	0.5	0.3	1	187	53	1	1.0

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 8:54 SEITE: 5

FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen

Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

ERGEBNISSE RICHTUNGSMESSUNG

ZIELPUNKT	RICHTUNG	RIWI	V	SA	SA	QUERF	S	EV	EP	NV	GF
	(GON)	(GON)	(MGON	MGON	MGON)	(MM)	(M)	(%)	(MM)		(MGON)
	V.A.	N.A.		V.A.	N.A.						

906	378.4769	262.2964	-0.2	0.3	0.2	2	563	62	0	0.7
-----	----------	----------	------	-----	-----	---	-----	----	---	-----

STANDPUNKT: 906 BEOB-NR.: 32 FF.

102	0.0000	360.5691	0.0	0.4	0.3	0	200	48	0	0.1
905	101.7274	62.2964	-0.1	0.3	0.3	1	563	26	0	0.4
907	319.5870	280.1562	0.2	0.6	0.5	0	117	47	0	0.4

STANDPUNKT: 907 BEOB-NR.: 35 FF.

101	0.0000	389.8220	-0.2	0.4	0.3	1	194	63	0	0.5
103	397.1249	386.9469	-0.2	0.3	0.2	1	373	58	0	0.6
906	90.3343	80.1562	-0.3	0.6	0.4	0	117	48	0	0.6
908	324.9583	314.7808	0.3	0.3	0.3	2	414	44	1	1.5

STANDPUNKT: 908 BEOB-NR.: 39 FF.

101	0.0000	83.8284	-0.1	0.3	0.2	0	385	50	0	0.3
907	30.9524	114.7808	0.0	0.3	0.2	0	414	48	0	0.1
909	249.4013	333.2299	0.1	0.4	0.3	0	256	30	1	0.6

STANDPUNKT: 909 BEOB-NR.: 42 FF.

103	0.0000	83.8245	0.0	0.3	0.2	0	567	55	0	0.1
908	49.4052	133.2299	0.1	0.4	0.3	1	256	49	0	0.5
910	345.6047	29.4291	-0.1	0.3	0.2	1	767	46	0	0.5

STANDPUNKT: 910 BEOB-NR.: 45 FF.

103	0.0000	176.8386	0.2	0.3	0.2	1	582	50	0	0.7
-----	--------	----------	-----	-----	-----	---	-----	----	---	-----

C Ausgleichungsergebnisse

909	52.5909	229.4291	-0.2	0.3	0.2	3	767	44	1	1.0
911	292.8319	69.6705	0.1	0.5	0.4	0	172	41	0	0.5

STANDPUNKT: 911 BEOB-NR.: 48 FF.

104	0.0000	191.7718	0.4	0.3	0.2	4	621	52	1	1.6
904	350.6581	142.4293	-0.2	0.3	0.2	3	775	47	1	1.0
910	77.8994	269.6705	-0.3	0.5	0.4	1	172	46	1	1.0

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 8:54 SEITE: 6
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

STATISTIK DER BEOBACHTUNGEN

=====

	ANZAHL	REDUNDANZ	MAX.VERB.	NR.	MITT.VERB.	MAX.NV	NR.	MITT.EV
			MAX. EP		NR. MITT. EP			

RICHTUNGEN	50	26.90	0.9 MGON	20	0.2 MGON	1.6	48	54 %
	50		0.001 M	38	0.000 M			
QUERFEHLER			0.004 M	48	0.001 M			

0 NICHT KONTROLLIERTE BEOBACHTUNGEN	=	0.0 %
50 BEOBACHTUNGEN MIT 0.00 < NV < 1.65	=	100.0 %
0 BEOBACHTUNGEN MIT 1.65 < NV < 3.30	=	0.0 %
0 GROBE DATENFEHLER NV > 3.30	=	0.0 %
KLEINSTER KONTROLLIERTHEITSWERT (EV)	=	26 %
KLEINSTER KONTROLLIERTHEITSWERT (EV > 5 %)	=	26 %

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 8:54 SEITE: 7
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

AUFFELDERUNGSPUNKTE

=====

904	905	906	907
908	909	910	911

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 8:54 SEITE: 8
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

C Ausgleichungsergebnisse

STATISTISCHE ANGABEN

=====

FREIE NETZAUSGLEICHUNG (FREIHEITSGRAD 3)

PARAMETER- UND VARIANZKOMPONENTENSCHAETZUNG

ANZAHL DEFINIERTER PUNKTE IM PROJEKT:	12
ANZAHL NEUPUNKTE EINSCHL. LOTFUSSPUNKTE:	12
ANZAHL DER BEWEGLICHEN ANSCHLUSSPUNKTE:	0
ANZAHL DER MESSUNGSLINIEN:	0
ABSZISSEN, ORDINATEN, SPANNMASSE, STREBEN:	0
GEMESSENE RECHTE WINKEL (LOTE):	0
DURCHFLUCHTUNGEN FUR LINIEN-/LOTFUSSPUNKTE:	0
TACHYMETRISCHE STRECKEN:	50
RICHTUNGSSAETZE:	12
RICHTUNGEN INSGESAMT:	50
ANZAHL GESCHAETZTER GROBER DATENFEHLER:	0
REDUNDANZ:	67
REDUNDANZ (KONTROLLE):	67.0
ANZAHL GERECHNETER ITERATIONEN:	1
MAXIMALER KONVERGENZFORTSCHRITT:	0.011
SUMME PVV AUS FEHLERGLEICHUNGEN:	31.320

STANDARDABWEICHUNG DER TACHYMETERSTRECKEN A-PRIORI:

+-(0.002 M + 2.0 PPM) * 1.000
 GEWICHTSEINHEITSAKTOR A-POSTERIORI: 0.683

STANDARDABWEICHUNG DER RICHTUNGEN A-PRIORI:

+-(0.0003 GON + 0.001 M * RHO / S) * 1.000
 GEWICHTSEINHEITSAKTOR A-POSTERIORI: 0.684

STANDARDABWEICHUNG (SIGMA - 0) A-POSTERIORI: 0.684

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 8:54 SEITE: 9

FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen

Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

KOORDINATENVERZEICHNIS DER NEU-PUNKTE

PKZ	RECHTS (Y)	HOCH (X)	DY	DX	SP	LSP
	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)

101	6856.074	65128.656	-0.002	0.006	0.001	0.001
102	6881.949	65135.376	-0.006	0.005	0.001	0.001
103	6811.038	65302.109	-0.001	0.002	0.001	0.001
104	6836.902	65308.826	-0.004	0.001	0.001	0.001

C Ausgleichungsergebnisse

904	7366.063	65445.409	-0.007	-0.005	0.001	0.001
905	7465.446	65286.953	-0.011	0.001	0.001	0.001
906	6998.076	64972.500	-0.007	0.008	0.001	0.001
907	6887.024	64936.718	0.000	0.010	0.001	0.001
908	6483.910	65032.031	0.007	0.005	0.001	0.001
909	6262.173	65159.571	0.011	-0.002	0.001	0.001
910	6604.057	65845.697	0.007	-0.007	0.001	0.001
911	6756.873	65924.560	0.001	-0.010	0.001	0.001

STATISTIK DER PUNKTE

=====

PUNKT-NUMMER	MAX - SP	PUNKT-NUMMER	MAX - LSP	PUNKT-NUMMER	MAX - A
	(M)		(M)		(M)

909	0.001	911	0.001	909	0.001
911	0.001	910	0.001	911	0.001
910	0.001	909	0.001	905	0.001
905	0.001	104	0.001	910	0.001
908	0.001	905	0.001	908	0.001

MITTLERE STANDARDABWEICHUNG = 0.001 BERECHNET AUS 12 PUNKTEN
 MITTLERE LOKALE STANDARDABWEICHUNG = 0.001 BERECHNET AUS 12 PUNKTEN
 MITTLERE GROSSE HALBACHSE (A) = 0.001 BERECHNET AUS 12 PUNKTEN

ENDE DER BERECHNUNGEN , DATEI: Teilspur_Win
 GESAMTLAUFZEIT KAFKAG = 00:00:00 (16384000)

C.2.2. 2D-Gesamtspurminimierung

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 10:27 SEITE: 1
FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
Bachelorarbeit Arne Boysen
=====

AUSWERTUNG HYBRIDER LAGEVERMESSUNGEN (L2-Norm Ausgleichung)
=====

K A F K A : KOMPLEXE ANALYSE FLAECHENHAFTER KATASTER-AUFNAHMEN
COPYRIGHT: PROF. DR.-ING. WILHELM BENNING

AUSGLEICHUNG VON:

- TRIGONOMETRISCHEN BEOBACHTUNGEN
- POLAR - AUFNAHMEN
- ELEKTROOPTISCHEN DISTANZEN
- KOORDINATEN BEWGLICHER ANSCHLUSSPUNKTE
- LINIENMESSUNGEN UND ORTHOGONALAUFNAHMEN

LEGENDE :

SRED : REDUZIERTER STRECKE (NN-HOEHE , ABBILDUNGSEBENE)
V : VERBESSERUNG AUS DER AUSGLEICHUNG
- A.K. : - AUS KOORDINATEN
SA : STANDARDABWEICHUNG DER BEOBACHTUNG
- V.A. : - VOR DER AUSGLEICHUNG
- N.A. : - NACH DER AUSGLEICHUNG
EV(%) : KONTROLLIERBARKEIT DER BEOBACHTUNG
EP(M) : EINFLUSS DER BEOBACHTUNG AUF DIE RELATIVE PUNKTLAGE
NV : NORMIERTE VERBESSERUNG
GF : GESCHAETZTER GROBER FEHLER
VDS : ABSOLUTE DIFFERENZ DURCHLAUFENDER ABSZISSENMASSE
D : ZULAESSIGE FEHLERGRENZE
RIWI : RICHTUNGSWINKEL NACH DER AUSGLEICHUNG
QUERF : QUERFEHLER AUS DER RICHTUNGSVERBESSERUNG
DEG : ALTGRAD (DEGREE) , EINHEIT FUER WINKEL
-N.K.- : NICHT KONTROLLIERBARE BEOBACHTUNG
SP : STANDARDABWEICHUNG DES PUNKTES NACH HELMERT
LSP : LOKALE STANDARDABWEICHUNG DES PUNKTES

IGEV : GRENZE DER KONTROLLIERBARKEIT: 5 %
K : KRITISCHER WERT K (GRENZWERT FUER NV): 3.30
SA(ZEF): STANDARDABWEICHUNG DER ZIELEINSTELLUNG 0.00100 M
ITER : ANZAHL DER MAXIMAL ZU RECHNENDEN ITERATIONEN: 1
DXMIN : AUSGABE VON KOORDINATENAENDERUNGEN GROESSER ALS: 0.50 M

C Ausgleichsergebnisse

ILT4 : ZUSAETZLICHE KOORDINATENAUSGABE: KEINE
 NEUPUNKTE DES VERFAHRENS: 12 UNBEKANNTE: 40

FREIE NETZAUSGLEICHUNG (0 BEWEGLICHE ANSCHLUSSPUNKTE)

BEDINGUNGSBEOBACHTUNGEN BEZIEHEN SICH AUF DIE EINGEGEBENEN KOORDINATEN
 DER BEWEGLICHEN ANSCHLUSSPUNKTE

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 10:27 SEITE: 2
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

POLARE STRECKEN:

NR	VON	NACH	SRED	V	SA	SA	EV	EP	NV	GF
			V.D.A.	A.K.V.A.	N.A.					
			(M)	(MM)	(MM)	(MM)	(%)	(MM)		(M)
1	101	102	26.736	-2	2	1	86	0	1.3	
2		103	179.203	0	2	1	87	0	0.1	
3		104	181.189	-3	2	1	87	0	1.2	
4		907	194.415	3	2	1	83	1	1.5	
5		908	384.502	0	3	1	80	0	0.2	
6	102	101	26.731	3	2	1	86	0	1.5	
7		103	181.185	0	2	1	87	0	0.1	
8		104	179.205	-1	2	1	87	0	0.5	
9		904	574.878	1	3	1	87	0	0.5	
10		905	602.866	-2	3	1	88	0	0.8	
11		906	200.034	3	2	1	81	1	1.2	
12	103	101	179.199	4	2	1	87	1	1.7	
13		102	181.184	1	2	1	87	0	0.4	
14		104	26.724	-2	2	1	86	0	1.2	
15		907	373.208	0	3	1	85	0	0.1	
16		909	567.071	-2	3	1	80	0	0.7	
17		910	581.663	0	3	1	80	0	0.1	
18	104	101	181.184	3	2	1	87	0	1.2	
19		102	179.204	1	2	1	87	0	0.3	
20		103	26.721	1	2	1	86	0	0.7	
21		904	546.501	3	3	1	87	0	0.9	
22		905	628.925	0	3	1	87	0	0.1	
23		911	620.914	0	3	1	81	0	0.1	
24	904	102	574.879	0	3	1	87	0	0.2	
25		104	546.505	-2	3	1	87	0	0.7	
26		905	187.042	0	2	1	66	0	0.1	
27		911	775.047	1	4	2	75	0	0.3	
28	905	102	602.861	3	3	1	88	0	0.9	
29		104	628.926	-2	3	1	87	0	0.6	
30		904	187.043	-1	2	1	66	1	0.6	

C Ausgleichungsergebnisse

31		906	563.310	-2	3	1	82	0	0.7
32	906	102	200.036	0	2	1	81	0	0.1
33		905	563.306	2	3	1	82	0	0.8
34		907	116.676	-2	2	1	70	1	0.9
35	907	101	194.422	-3	2	1	83	1	1.4
36		103	373.209	-1	3	1	85	0	0.5
37		906	116.674	0	2	1	70	0	0.0
38		908	414.232	-3	3	1	77	1	1.1
39	908	101	384.502	1	3	1	80	0	0.3
40		907	414.227	2	3	1	77	1	0.9
41		909	255.801	0	3	2	64	0	0.1
42	909	103	567.069	0	3	1	80	0	0.1
43		908	255.800	0	3	2	64	0	0.1
44		910	766.586	-1	4	2	74	1	0.5
45	910	103	581.663	-1	3	1	80	0	0.3
46		909	766.586	-1	4	2	74	0	0.3

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 10:27 SEITE: 3
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

POLARE STRECKEN:

NR	VON	NACH	SRED	V	SA	SA	EV	EP	NV	GF
			V.D.A.	A.K.V.A.	N.A.					
			(M)	(MM)	(MM)	(MM)	(%)	(MM)		(M)

47		911	171.965	-2	2	2	57	2	1.4	
48	911	104	620.910	4	3	1	81	1	1.5	
49		904	775.051	-3	4	2	75	1	0.9	
50		910	171.961	2	2	2	57	2	1.2	

STATISTIK DER BEOBACHTUNGEN

=====

	ANZAHL	REDUNDANZ	MAX.VERB.	NR.	MITT.VERB.	MAX.NV	NR.	MITT.EV
			MAX. EP	NR.	MITT. EP			

POLARSTRECKEN	50	40.10	0.004 M	48	0.002 M	1.7	12	80 %
	50		0.002 M	47	0.000 M			

0 NICHT KONTROLLIERTE BEOBACHTUNGEN = 0.0 %
 49 BEOBACHTUNGEN MIT 0.00 < NV < 1.65 = 98.0 %
 1 BEOBACHTUNGEN MIT 1.65 < NV < 3.30 = 2.0 %
 0 GROBE DATENFEHLER NV > 3.30 = 0.0 %
 KLEINSTER KONTROLLIERTHEITSWERT (EV) = 57 %
 KLEINSTER KONTROLLIERTHEITSWERT (EV > 5 %) = 57 %

C Ausgleichsergebnisse

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 10:27 SEITE: 4
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

ERGEBNISSE RICHTUNGSMESSUNG

ZIELPUNKT	RICHTUNG	RIWI	V	SA	SA	QUERF	S	EV	EP	NV	GF
	(GON)	(GON)	(MGON	MGON	MGON)	(MM)	(M)	(%)	(MM)		(MGON)
	V.A.	N.A.	V.A.		N.A.						

STANDPUNKT: 101 BEOB-NR.: 1 FF.

102	0.0000	83.8252	0.8	2.4	1.5	0	27	61	0	0.5
103	300.0033	383.8277	0.0	0.5	0.3	0	179	59	0	0.1
104	309.4268	393.2511	-0.1	0.5	0.3	0	181	56	0	0.2
907	105.9972	189.8219	0.3	0.4	0.3	1	194	46	1	0.9
908	200.0041	283.8283	-0.2	0.3	0.3	1	385	43	0	0.7

STANDPUNKT: 102 BEOB-NR.: 6 FF.

101	0.0000	283.8252	0.7	2.4	1.5	0	27	61	0	0.4
103	90.5754	374.4000	0.1	0.5	0.3	0	181	60	0	0.2
104	99.9994	383.8235	-0.4	0.5	0.3	1	179	64	0	1.2
904	179.9131	63.7378	0.2	0.3	0.2	2	575	59	0	0.7
905	199.9952	83.8199	0.2	0.3	0.2	1	603	58	0	0.6
906	276.7448	160.5690	-0.3	0.4	0.3	1	200	49	1	1.0

STANDPUNKT: 103 BEOB-NR.: 12 FF.

101	0.0000	183.8277	0.2	0.5	0.3	0	179	69	0	0.4
102	390.5724	174.4000	0.0	0.5	0.3	0	181	64	0	0.0
104	299.9949	83.8217	-0.7	2.4	1.5	0	27	61	0	0.4
907	3.1197	186.9469	-0.3	0.3	0.2	2	373	62	1	1.2
909	99.9975	283.8250	-0.1	0.3	0.2	1	567	50	0	0.4
910	193.0111	376.8389	0.3	0.3	0.2	3	582	45	1	1.4

STANDPUNKT: 104 BEOB-NR.: 18 FF.

101	0.0000	193.2511	0.4	0.5	0.3	1	181	61	1	1.1
102	390.5727	183.8235	0.0	0.5	0.3	0	179	65	0	0.1
103	90.5724	283.8217	-1.4	2.4	1.5	1	27	61	0	0.8
904	290.6688	83.9191	-0.4	0.3	0.2	4	547	62	1	1.6
905	308.9635	102.2144	0.2	0.3	0.2	2	629	60	1	0.8
911	198.5210	391.7718	0.0	0.3	0.2	0	621	46	0	0.2

STANDPUNKT: 904 BEOB-NR.: 24 FF.

102	0.0000	263.7378	0.1	0.3	0.2	1	575	64	0	0.5
104	20.1814	283.9191	0.1	0.3	0.2	0	547	65	0	0.2
905	300.6001	164.3376	-0.1	0.5	0.3	0	187	46	0	0.4

C Ausgleichungsergebnisse

911 78.6919 342.4294 -0.1 0.3 0.2 1 775 52 0 0.5

STANDPUNKT: 905 BEOB-NR.: 28 FF.

102 0.0000 283.8199 0.1 0.3 0.2 1 603 67 0 0.3
 104 18.3947 302.2144 0.0 0.3 0.2 0 629 66 0 0.2
 904 80.5179 364.3376 0.0 0.5 0.3 0 187 53 0 0.1

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 10:27 SEITE: 5
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

ERGEBNISSE RICHTUNGSMESSUNG

ZIELPUNKT	RICHTUNG	RIWI	V	SA	SA	QUERF	S	EV	EP	NV	GF
	(GON)	(GON)	(MGON	MGON	MGON)	(MM)	(M)	(%)	(MM)		(MGON)
	V.A.	N.A.		V.A.	N.A.						

906 378.4765 262.2962 0.0 0.3 0.2 0 563 62 0 0.1

STANDPUNKT: 906 BEOB-NR.: 32 FF.

102 0.0000 360.5690 0.2 0.4 0.3 1 200 48 0 0.5
 905 101.7275 62.2962 -0.1 0.3 0.3 1 563 26 0 0.5
 907 319.5875 280.1563 0.0 0.6 0.5 0 117 47 0 0.0

STANDPUNKT: 907 BEOB-NR.: 35 FF.

101 0.0000 389.8219 0.2 0.4 0.3 1 194 63 0 0.6
 103 397.1252 386.9469 0.1 0.3 0.2 0 373 58 0 0.3
 906 90.3350 80.1563 -0.3 0.6 0.4 1 117 48 1 0.7
 908 324.9594 314.7809 -0.1 0.3 0.3 1 414 44 0 0.5

STANDPUNKT: 908 BEOB-NR.: 39 FF.

101 0.0000 83.8283 0.2 0.3 0.2 1 385 50 0 0.8
 907 30.9529 114.7809 -0.1 0.3 0.2 1 414 48 0 0.5
 909 249.4027 333.2308 -0.1 0.4 0.3 0 256 30 1 0.4

STANDPUNKT: 909 BEOB-NR.: 42 FF.

103 0.0000 83.8250 0.1 0.3 0.2 1 567 55 0 0.4
 908 49.4060 133.2308 -0.1 0.4 0.3 0 256 49 0 0.4
 910 345.6044 29.4293 0.0 0.3 0.2 0 767 46 0 0.1

STANDPUNKT: 910 BEOB-NR.: 45 FF.

103 0.0000 176.8389 -0.3 0.3 0.2 3 582 50 1 1.3
 909 52.5898 229.4293 0.2 0.3 0.2 3 767 44 1 1.0
 911 292.8307 69.6701 0.1 0.5 0.4 0 172 41 0 0.5

C Ausgleichungsergebnisse

STANDPUNKT: 911 BEOB-NR.: 48 FF.

104	0.0000	191.7718	-0.3	0.3	0.2	3	621	52	0	1.1
904	350.6572	142.4294	0.2	0.3	0.2	3	775	47	1	1.0
910	77.8980	269.6701	0.1	0.5	0.4	0	172	46	0	0.2

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 10:27 SEITE: 6
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

STATISTIK DER BEOBACHTUNGEN

=====

	ANZAHL	REDUNDANZ	MAX. VERB.	NR.	MITT. VERB.	MAX. NV	NR.	MITT. EV
			MAX. EP		NR.	MITT. EP		

RICHTUNGEN	50	26.90	-1.4 MGON	20	0.2 MGON	1.6	21	54 %
	50		0.001 M	17	0.000 M			
QUERFEHLER			0.004 M	21	0.001 M			

0 NICHT KONTROLLIERTE BEOBACHTUNGEN	= 0.0 %
50 BEOBACHTUNGEN MIT 0.00 < NV < 1.65	= 100.0 %
0 BEOBACHTUNGEN MIT 1.65 < NV < 3.30	= 0.0 %
0 GROBE DATENFEHLER NV > 3.30	= 0.0 %
KLEINSTER KONTROLLIERTHEITSWERT (EV)	= 26 %
KLEINSTER KONTROLLIERTHEITSWERT (EV > 5 %)	= 26 %

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 10:27 SEITE: 7
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

AUFFELDERUNGSPUNKTE

=====

101	102	103	104
904	905	906	907
908	909	911	

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 10:27 SEITE: 8
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

STATISTISCHE ANGABEN

=====

FREIE NETZAUSGLEICHUNG (FREIHEITSGRAD 3)

 PARAMETER- UND VARIANZKOMPONENTENSCHAETZUNG

ANZAHL DEFINIERTER PUNKTE IM PROJEKT:	12
ANZAHL NEUPUNKTE EINSCHL. LOTFUSSPUNKTE:	12
ANZAHL DER BEWEGLICHEN ANSCHLUSSPUNKTE:	0
ANZAHL DER MESSUNGSLINIEN:	0
ABSZISSEN, ORDINATEN, SPANNMASSE, STREBEN:	0
GEMESSENE RECHTE WINKEL (LOTE):	0
DURCHFLUCHTUNGEN FUR LINIEN-/LOTFUSSPUNKTE:	0
TACHYMETRISCHE STRECKEN:	50
RICHTUNGSSAETZE:	12
RICHTUNGEN INSGESAMT:	50
ANZAHL GESCHAETZTER GROBER DATENFEHLER:	0
REDUNDANZ:	67
REDUNDANZ (KONTROLLE):	67.0
ANZAHL GERECHNETER ITERATIONEN:	1
MAXIMALER KONVERGENZFORTSCHRITT:	0.013
SUMME PVV AUS FEHLERGLEICHUNGEN:	39.044

STANDARDABWEICHUNG DER TACHYMETESTRECKEN A-PRIORI:	
+- (0.002 M + 2.0 PPM) * 1.000	
GEWICHTSEINHEITSAKTOR A-POSTERIORI:	0.815

STANDARDABWEICHUNG DER RICHTUNGEN A-PRIORI:	
+- (0.0003 GON + 0.001 M * RHO / S) * 1.000	
GEWICHTSEINHEITSAKTOR A-POSTERIORI:	0.679

STANDARDABWEICHUNG (SIGMA - 0) A-POSTERIORI:	0.763
--	-------

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 10:27 SEITE: 9
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

KOORDINATENVERZEICHNIS DER NEU-PUNKTE

PKZ	RECHTS (Y)	HOCH (X)	DY	DX	SP	LSP
	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)	(M)

101	6856.074	65128.655	0.001	0.004	0.001	0.001
102	6881.950	65135.375	-0.003	0.003	0.001	0.001
103	6811.039	65302.107	0.004	-0.003	0.001	0.001
104	6836.902	65308.825	-0.001	-0.004	0.001	0.001
904	7366.063	65445.407	-0.007	-0.007	0.001	0.001

C Ausgleichungsergebnisse

905	7465.447	65286.953	-0.010	0.001	0.001	0.001
906	6998.077	64972.498	-0.006	0.006	0.001	0.001
907	6887.025	64936.716	0.001	0.008	0.001	0.001
908	6483.911	65032.030	0.008	0.004	0.001	0.001
909	6262.175	65159.573	0.013	0.000	0.001	0.001
910	6604.060	65845.697	0.005	-0.007	0.001	0.002
911	6756.873	65924.560	0.001	-0.010	0.001	0.002

STATISTIK DER PUNKTE

=====

PUNKT-NUMMER	MAX - SP	PUNKT-NUMMER	MAX - LSP	PUNKT-NUMMER	MAX - A
	(M)		(M)		(M)

910	0.001	911	0.002	910	0.001
911	0.001	910	0.002	909	0.001
909	0.001	907	0.001	911	0.001
905	0.001	904	0.001	905	0.001
908	0.001	101	0.001	908	0.001

MITTLERE STANDARDABWEICHUNG = 0.001 BERECHNET AUS 12 PUNKTEN
 MITTLERE LOKALE STANDARDABWEICHUNG = 0.001 BERECHNET AUS 12 PUNKTEN
 MITTLERE GROSSE HALBACHSE (A) = 0.001 BERECHNET AUS 12 PUNKTEN

ENDE DER BERECHNUNGEN , DATEI: Gesamtspur_Win
 GESAMTLAUFZEIT KAFKAG = 00:00:00 (16384000)

C.2.3. 3D-Teilspurminimierung

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 15:58 SEITE: 1
FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
Bachelorarbeit Arne Boysen
=====

AUSWERTUNG HYBRIDER LAGEVERMESSUNGEN (L2-Norm Ausgleichung)
=====

K A F K A : KOMPLEXE ANALYSE FLAECHENHAFTER KATASTER-AUFNAHMEN
COPYRIGHT: PROF. DR.-ING. WILHELM BENNING

AUSGLEICHUNG VON:

- TRIGONOMETRISCHEN BEOBACHTUNGEN
- POLAR - AUFNAHMEN
- ELEKTROOPTISCHEN DISTANZEN
- KOORDINATEN BEWEGLICHER ANSCHLUSSPUNKTE
- LINIENMESSUNGEN UND ORTHOGONALAUFNAHMEN

LEGENDE :

SRED : REDUZIERTER STRECKE (NN-HOEHE , ABBILDUNGSEBENE)
V : VERBESSERUNG AUS DER AUSGLEICHUNG
- A.K. : - AUS KOORDINATEN
SA : STANDARDABWEICHUNG DER BEOBACHTUNG
- V.A. : - VOR DER AUSGLEICHUNG
- N.A. : - NACH DER AUSGLEICHUNG
EV(%) : KONTROLLIERBARKEIT DER BEOBACHTUNG
EP(M) : EINFLUSS DER BEOBACHTUNG AUF DIE RELATIVE PUNKTLAGE
NV : NORMIERTE VERBESSERUNG
GF : GESCHAETZTER GROBER FEHLER
VDS : ABSOLUTE DIFFERENZ DURCHLAUFENDER ABSZISSENMASSE
D : ZULAESSIGE FEHLERGRENZE
RIWI : RICHTUNGSWINKEL NACH DER AUSGLEICHUNG
QUERF : QUERFEHLER AUS DER RICHTUNGSVERBESSERUNG
DEG : ALTGRAD (DEGREE) , EINHEIT FUER WINKEL
-N.K.- : NICHT KONTROLLIERBARE BEOBACHTUNG
SP : STANDARDABWEICHUNG DES PUNKTES NACH HELMERT
LSP : LOKALE STANDARDABWEICHUNG DES PUNKTES

IGEV : GRENZE DER KONTROLLIERBARKEIT: 5 %
K : KRITISCHER WERT K (GRENZWERT FUER NV): 3.30
SA(ZEF): STANDARDABWEICHUNG DER ZIELEINSTELLUNG 0.00100 M
ITER : ANZAHL DER MAXIMAL ZU RECHNENDEN ITERATIONEN: 1
DXMIN : AUSGABE VON KOORDINATENAENDERUNGEN GROESSER ALS: 0.50 M

C Ausgleichsergebnisse

ILT4 : ZUSAETZLICHE KOORDINATENAUSGABE: KEINE
 NEUPUNKTE DES VERFAHRENS: 12 UNBEKANNTE: 40

FREIE NETZAUSGLEICHUNG (0 BEWEGLICHE ANSCHLUSSPUNKTE)

BEDINGUNGSBEOBACHTUNGEN BEZIEHEN SICH AUF DIE EINGEGEBENEN KOORDINATEN
 DER BEWEGLICHEN ANSCHLUSSPUNKTE

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 15:58 SEITE: 2
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

POLARE STRECKEN:

NR	VON	NACH	SRED	V	SA	SA	EV	EP	NV	GF
			V.D.A.	A.K.	V.A.	N.A.				
			(M)	(MM)	(MM)	(MM)	(%)	(MM)		(M)
1	101	102	26.732	1	2	1	86	0	0.7	
2		103	179.205	0	2	1	87	0	0.2	
3		104	181.190	-2	2	1	87	0	1.1	
4		907	194.422	-3	2	1	83	1	1.6	
5		908	384.505	-2	3	1	75	1	0.8	
6	102	101	26.733	1	2	1	86	0	0.3	
7		103	181.188	-1	2	1	87	0	0.4	
8		104	179.203	2	2	1	87	0	0.9	
9		904	574.878	1	3	1	87	0	0.2	
10		905	602.863	0	3	1	88	0	0.1	
11		906	200.035	1	2	1	81	0	0.4	
12	103	101	179.204	1	2	1	87	0	0.5	
13		102	181.190	-3	2	1	87	0	1.3	
14		104	26.718	4	2	1	86	1	1.9	
15		907	373.210	0	3	1	85	0	0.0	
16		909	567.072	-2	3	1	79	1	0.8	
17		910	581.668	-1	3	1	80	0	0.5	
18	104	101	181.190	-2	2	1	87	0	0.8	
19		102	179.206	0	2	1	87	0	0.2	
20		103	26.723	-2	2	1	86	0	0.8	
21		904	546.505	-2	3	1	87	0	0.7	
22		905	628.927	-2	3	1	87	0	0.5	
23		911	620.914	0	3	1	81	0	0.1	
24	904	102	574.876	3	3	1	87	0	1.0	
25		104	546.499	5	3	1	87	1	1.6	
26		905	187.044	0	2	1	66	0	0.1	
27		911	775.049	0	4	2	75	0	0.0	
28	905	102	602.863	0	3	1	88	0	0.2	
29		104	628.927	-2	3	1	87	0	0.6	
30		904	187.044	0	2	1	66	0	0.0	

C Ausgleichungsergebnisse

31		906	563.309	-1	3	1	82	0	0.2
32	906	102	200.037	-1	2	1	81	0	0.7
33		905	563.309	-1	3	1	82	0	0.4
34		907	116.671	1	2	1	70	1	0.7
35	907	101	194.420	-1	2	1	83	0	0.4
36		103	373.212	-2	3	1	85	0	0.7
37		906	116.671	1	2	1	70	1	0.7
38		908	414.227	1	3	1	74	0	0.3
40	908	907	414.227	1	3	1	74	0	0.5
41		909	255.801	0	3	2	64	0	0.1
42	909	103	567.067	4	3	1	79	1	1.3
43		908	255.800	1	3	2	64	1	0.7
44		910	766.591	1	4	2	74	0	0.5
45	910	103	581.666	0	3	1	80	0	0.0
46		909	766.588	4	4	2	74	1	1.2
47		911	171.964	-1	2	2	57	1	0.5

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 15:58 SEITE: 3
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

POLARE STRECKEN:

NR	VON	NACH	SRED	V	SA	SA	EV	EP	NV	GF
			V.D.A.	A.K.V.A.	N.A.					
			(M)	(MM)	(MM)	(MM)	(%)	(MM)		(M)
48	911	104	620.916	-2	3	1	81	0	0.7	
49		904	775.048	1	4	2	75	0	0.3	
50		910	171.962	2	2	2	57	1	0.9	

STATISTIK DER BEOBACHTUNGEN

=====

	ANZAHL	REDUNDANZ	MAX.VERB.	NR.	MITT.VERB.	MAX.NV	NR.	MITT.EV
			MAX. EP	NR.	MITT. EP			
POLARSTRECKEN	49	39.14	0.005 M	25	0.001 M	1.9	14	80 %
	49		0.001 M	46	0.000 M			

0 NICHT KONTROLLIERTE BEOBACHTUNGEN = 0.0 %
 48 BEOBACHTUNGEN MIT 0.00 < NV < 1.65 = 98.0 %
 1 BEOBACHTUNGEN MIT 1.65 < NV < 3.30 = 2.0 %
 0 GROBE DATENFEHLER NV > 3.30 = 0.0 %
 KLEINSTER KONTROLLIERTHEITSWERT (EV) = 57 %
 KLEINSTER KONTROLLIERTHEITSWERT (EV > 5 %) = 57 %

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 15:58 SEITE: 4

C Ausgleichungsergebnisse

FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

ERGEBNISSE RICHTUNGSMESSUNG

ZIELPUNKT	RICHTUNG	RIWI	V	SA	SA	QUERF	S	EV	EP	NV	GF
	(GON)	(GON)	(MGON	MGON	MGON)	(MM)	(M)	(%)	(MM)		(MGON)
	V.A.	N.A.		V.A.	N.A.						

STANDPUNKT: 101 BEOB-NR.: 1 FF.

102	0.0000	83.8248	0.4	2.4	1.5	0	27	61	0	0.2
103	300.0029	383.8275	0.2	0.5	0.3	0	179	59	0	0.5
104	309.4267	393.2508	-0.3	0.5	0.3	1	181	56	0	0.9
907	105.9975	189.8219	0.0	0.4	0.3	0	194	46	0	0.0
908	200.0034	283.8278	0.1	0.3	0.3	0	385	43	0	0.3

STANDPUNKT: 102 BEOB-NR.: 6 FF.

101	0.0000	283.8248	0.1	2.4	1.5	0	27	61	0	0.1
103	90.5755	374.4000	-0.2	0.5	0.3	0	181	60	0	0.5
104	99.9986	383.8234	0.1	0.5	0.3	0	179	64	0	0.3
904	179.9131	63.7378	0.0	0.3	0.2	0	575	59	0	0.0
905	199.9955	83.8201	-0.1	0.3	0.2	1	603	58	0	0.5
906	276.7443	160.5693	0.3	0.4	0.3	1	200	49	1	1.0

STANDPUNKT: 103 BEOB-NR.: 12 FF.

101	0.0000	183.8275	-0.3	0.5	0.3	1	179	69	0	0.8
102	390.5718	174.4000	0.5	0.5	0.3	1	181	64	1	1.3
104	299.9955	83.8234	0.2	2.4	1.5	0	27	61	0	0.1
907	3.1189	186.9468	0.1	0.3	0.2	1	373	62	0	0.5
909	99.9965	283.8242	0.0	0.3	0.2	0	567	50	0	0.1
910	193.0112	376.8388	-0.2	0.3	0.2	2	582	45	1	0.8

STANDPUNKT: 104 BEOB-NR.: 18 FF.

101	0.0000	193.2508	-0.2	0.5	0.3	1	181	61	0	0.5
102	390.5723	183.8234	0.1	0.5	0.3	0	179	65	0	0.4
103	90.5715	283.8234	1.0	2.4	1.5	0	27	61	0	0.5
904	290.6685	83.9193	-0.2	0.3	0.2	2	547	62	0	0.8
905	308.9635	102.2148	0.3	0.3	0.2	3	629	60	1	1.2
911	198.5209	391.7718	-0.1	0.3	0.2	1	621	46	0	0.5

STANDPUNKT: 904 BEOB-NR.: 24 FF.

102	0.0000	263.7378	-0.3	0.3	0.2	2	575	64	0	1.0
104	20.1808	283.9193	0.4	0.3	0.2	4	547	65	1	1.7
905	300.6000	164.3380	-0.1	0.5	0.3	0	187	46	0	0.2
911	78.6916	342.4295	-0.1	0.3	0.2	2	775	52	0	0.6

C Ausgleichungsergebnisse

STANDPUNKT: 905 BEOB-NR.: 28 FF.

102	0.0000	283.8201	0.2	0.3	0.2	2	603	67	0	0.9
104	18.3948	302.2148	0.1	0.3	0.2	1	629	66	0	0.5
904	80.5186	364.3380	-0.4	0.5	0.3	1	187	53	1	1.3

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 15:58 SEITE: 5
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

ERGEBNISSE RICHTUNGSMESSUNG

ZIELPUNKT	RICHTUNG	RIWI	V	SA	SA	QUERF	S	EV	EP	NV	GF
	(GON)	(GON)	(MGON	MGON	MGON)(MM)	(M)	(%)	(MM)			(MGON)
	V.A.	N.A.			V.A.	N.A.					

906	378.4768	262.2965	-0.2	0.3	0.2	2	563	62	0	0.7
-----	----------	----------	------	-----	-----	---	-----	----	---	-----

STANDPUNKT: 906 BEOB-NR.: 32 FF.

102	0.0000	360.5693	0.1	0.4	0.3	0	200	48	0	0.5
905	101.7274	62.2965	-0.1	0.3	0.3	1	563	26	1	0.6
907	319.5870	280.1562	0.1	0.6	0.5	0	117	47	0	0.2

STANDPUNKT: 907 BEOB-NR.: 35 FF.

101	0.0000	389.8219	-0.2	0.4	0.3	1	194	62	0	0.6
103	397.1249	386.9468	-0.2	0.3	0.2	1	373	58	0	0.6
906	90.3345	80.1562	-0.3	0.6	0.4	1	117	48	1	0.8
908	324.9581	314.7805	0.4	0.3	0.3	2	414	43	1	1.7

STANDPUNKT: 908 BEOB-NR.: 39 FF.

101	0.0000	83.8278	-0.1	0.3	0.2	0	385	50	0	0.2
907	30.9527	114.7805	-0.1	0.3	0.2	0	414	47	0	0.2
909	249.4022	333.2302	0.1	0.4	0.3	1	256	30	1	0.7

STANDPUNKT: 909 BEOB-NR.: 42 FF.

103	0.0000	83.8242	0.0	0.3	0.2	0	567	55	0	0.1
908	49.4058	133.2302	0.2	0.4	0.3	1	256	49	1	0.7
910	345.6045	29.4287	-0.1	0.3	0.2	1	767	46	0	0.4

STANDPUNKT: 910 BEOB-NR.: 45 FF.

103	0.0000	176.8388	0.1	0.3	0.2	1	582	50	0	0.7
909	52.5902	229.4287	-0.2	0.3	0.2	2	767	44	1	0.8
911	292.8332	69.6719	0.1	0.5	0.4	0	172	41	0	0.3

STANDPUNKT: 911 BEOB-NR.: 48 FF.

C Ausgleichungsergebnisse

 PARAMETER- UND VARIANZKOMPONENTENSCHAETZUNG

ANZAHL DEFINIERTER PUNKTE IM PROJEKT:	12
ANZAHL NEUPUNKTE EINSCHL. LOTFUSSPUNKTE:	12
ANZAHL DER BEWEGLICHEN ANSCHLUSSPUNKTE:	0
ANZAHL DER MESSUNGSLINIEN:	0
ABSZISSEN, ORDINATEN, SPANNMASSE, STREBEN:	0
GEMESSENE RECHTE WINKEL (LOTE):	0
DURCHFLUCHTUNGEN FUR LINIEN-/LOTFUSSPUNKTE:	0
TACHYMETRISCHE STRECKEN:	49
RICHTUNGSSAETZE:	12
RICHTUNGEN INSGESAMT:	50
ANZAHL GESCHAETZTER GROBER DATENFEHLER:	0
REDUNDANZ:	66
REDUNDANZ (KONTROLLE):	66.0
ANZAHL GERECHNETER ITERATIONEN:	2
MAXIMALER KONVERGENZFORTSCHRITT:	0.012
SUMME PVV AUS FEHLERGLEICHUNGEN:	35.695

STANDARDABWEICHUNG DER TACHYMETRISTRECKEN A-PRIORI:
 +-(0.002 M + 2.0 PPM) * 1.000
 GEWICHTSEINHEITSAKTOR A-POSTERIORI: 0.735

STANDARDABWEICHUNG DER RICHTUNGEN A-PRIORI:
 +-(0.0003 GON + 0.001 M * RHO / S) * 1.000
 GEWICHTSEINHEITSAKTOR A-POSTERIORI: 0.736

STANDARDABWEICHUNG (SIGMA - 0) A-POSTERIORI: 0.735

KAFKA-G VERSION 5.103 DATUM: 1. 9.2009 UHRZEIT: 15:58 SEITE: 9
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

KOORDINATENVERZEICHNIS DER NEU-PUNKTE

PKZ	RECHTS (Y) (M)	HOCH (X) (M)	DY (M)	DX (M)	SP (M)	LSP (M)
101	6856.074	65128.657	-0.001	0.005	0.001	0.001
102	6881.949	65135.376	-0.003	0.004	0.001	0.001
103	6811.037	65302.110	0.000	0.002	0.001	0.001
104	6836.901	65308.827	-0.001	0.001	0.001	0.001
904	7366.062	65445.408	-0.008	-0.006	0.001	0.001
905	7465.446	65286.952	-0.011	0.000	0.001	0.001
906	6998.075	64972.499	-0.008	0.007	0.001	0.001

C Ausgleichungsergebnisse

907	6887.025	64936.717	0.001	0.009	0.001	0.001
908	6483.911	65032.028	0.008	0.002	0.001	0.001
909	6262.174	65159.569	0.012	-0.004	0.001	0.001
910	6604.056	65845.704	0.006	0.000	0.001	0.001
911	6756.872	65924.562	0.000	-0.008	0.001	0.001

STATISTIK DER PUNKTE

=====

PUNKT-NUMMER	MAX - SP (M)	PUNKT-NUMMER	MAX - LSP (M)	PUNKT-NUMMER	MAX - A (M)

909	0.001	909	0.001	909	0.001
911	0.001	904	0.001	911	0.001
910	0.001	104	0.001	905	0.001
905	0.001	910	0.001	908	0.001
908	0.001	911	0.001	910	0.001

MITTLERE STANDARDABWEICHUNG = 0.001 BERECHNET AUS 12 PUNKTEN
 MITTLERE LOKALE STANDARDABWEICHUNG = 0.001 BERECHNET AUS 12 PUNKTEN
 MITTLERE GROSSE HALBACHSE (A) = 0.001 BERECHNET AUS 12 PUNKTEN

ENDE DER BERECHNUNGEN , DATEI: 3D-Netz_Win
 GESAMTLAUFZEIT KAFKAG = 00:00:00 (16384000)

KAFKA-H 5.103 DATUM: 03.09.2009 UHRZEIT: 23:16 SEITE: 1
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

PROGRAMM ZUR HOEHENAUSGLEICHUNG UND -ANALYSE, (C) INFOGRAPH-GMBH , AACHEN

BEDEUTUNG DER ABKUERZUNGEN:

DZ : INSTRUMENTEN- MINUS ZIELTAFELHOEHE (I-T)
 DH : GEMESS. HOEHENDIFFERENZ: GEOMETRISCH/TRIGONOMETRISCH
 NR : LAUFENDE NUMMER DER EINGABE
 MA : MESSARTKENNUNG
 1 GEOMETRISCHE HOEHENDIFFERENZEN
 2 TRIGONOMETRISCHE HOEHENDIFFERENZEN
 3 ZENITDISTANZEN UND SCHRAEGSTRECKEN
 VERB : VERBESSERUNG AUS DER AUSGLEICHUNG

C Ausgleichungsergebnisse

EP : EINFLUSS DER BEOBACHTUNG AUF DIE HOEHE
 EV : KONTROLLIERBARKEIT DER BEOBACHTUNG
 NV : NORMIERTE VERBESSERUNG FUER DIE FEHLERSUCHE
 GF : BETRAG DES GESCHAETZTEN GROBEN FEHLERS
 SIGMA : STANDARDABWEICHUNG
 SP : STANDARDABWEICHUNG DER HOEHE NACH HELMERT
 LSP : LOKALE STANDARDABWEICHUNG DER HOEHE

GRENZWERT DER KONTROLLIERBARKEIT 5 %
 KRITISCHER WERT K (GRENZWERT FUER NV) 3.30

ZUSAETZLICHE KOORDINATENAUSGABE KEINE
 EIN UND AUSGABE DER ZENITDISTANZEN IN GON

KAFKA-H 5.103 DATUM: 03.09.2009 UHRZEIT: 23:16 SEITE: 2
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

MESSUNGSDATEN:

=====

NR	MA	PUNKTNUMMER	PUNKTNUMMER	DELTA-H	STRECKE	STANDARDABWEICHUNG:		
				/ZENITDIST		H/Z	/S	DZ

FOLGENDE PARAMETER WERDEN AB BEOBACHTUNG					1	BERUECKSICHTIGT		
GEOM.	DELTA-H	TRIGONOM.	DELTA-H	ZENITDISTANZEN	STRECKEN	I,T		
	1.00000		1.00000	1.00000	1.00000	3.33333		
1	3	101	102	99.9737	26.732	0.0003	0.002	0.000
2	3		103	99.9442	179.205	0.0003	0.002	0.000
3	3		104	99.9283	181.190	0.0003	0.002	0.000
4	3		907	99.5897	194.426	0.0003	0.002	0.000
5	3		908	102.9378	384.913	0.0003	0.002	0.000
6	3	102	101	100.0259	26.733	0.0003	0.002	0.000
7	3		103	99.9487	181.188	0.0003	0.002	0.000
8	3		104	99.9320	179.204	0.0003	0.002	0.000
9	3		904	101.3423	575.005	0.0003	0.002	0.000
10	3		905	101.1497	602.961	0.0003	0.002	0.000
11	3		906	99.5787	200.040	0.0003	0.002	0.000
12	3	103	101	100.0553	179.204	0.0003	0.002	0.000
13	3		102	100.0513	181.190	0.0003	0.002	0.000
14	3		104	99.8853	26.718	0.0003	0.002	0.000
15	3		907	99.8135	373.212	0.0003	0.002	0.000
16	3		909	102.2682	567.431	0.0003	0.002	0.000
17	3		910	101.1653	581.764	0.0003	0.002	0.000
18	3	104	101	100.0708	181.190	0.0003	0.002	0.000
19	3		102	100.0690	179.206	0.0003	0.002	0.000
20	3		103	100.1153	26.723	0.0003	0.002	0.000
21	3		904	101.4355	546.643	0.0003	0.002	0.000

C Ausgleichungsergebnisse

22	3		905	101.1216	629.023	0.0003	0.002	0.000
23	3		911	101.1599	621.016	0.0003	0.002	0.000
24	3	904	102	98.6569	575.005	0.0003	0.002	0.000
25	3		104	98.5645	546.639	0.0003	0.002	0.000
26	3		905	99.5808	187.048	0.0003	0.002	0.000
27	3		911	99.9176	775.050	0.0003	0.002	0.000
28	3	905	102	98.8492	602.963	0.0003	0.002	0.000
29	3		104	98.8775	629.026	0.0003	0.002	0.000
30	3		904	100.4183	187.048	0.0003	0.002	0.000
31	3		906	98.6187	563.442	0.0003	0.002	0.000
32	3	906	102	100.4218	200.042	0.0003	0.002	0.000
33	3		905	101.3814	563.441	0.0003	0.002	0.000
34	3		907	100.0471	116.671	0.0003	0.002	0.000
35	3	907	101	100.4091	194.423	0.0003	0.002	0.000
36	3		103	100.1862	373.214	0.0003	0.002	0.000
37	3		906	99.9548	116.671	0.0003	0.002	0.000
38	3		908	102.9192	414.662	0.0003	0.002	0.000
39	3	908	907	97.0808	414.664	0.0003	0.002	0.000
40	3		909	100.5723	255.812	0.0003	0.002	0.000
41	3	909	103	97.7325	567.428	0.0003	0.002	0.000
42	3		908	99.4298	255.810	0.0003	0.002	0.000
43	3		910	99.2064	766.651	0.0003	0.002	0.000

KAFKA-H 5.103 DATUM: 03.09.2009 UHRZEIT: 23:16 SEITE: 3
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

MESSUNGSDATEN:

=====

NR	MA	PUNKTNUMMER	PUNKTNUMMER	DELTA-H	STRECKE	STANDARDABWEICHUNG:		
				/ZENITDIST		H/Z	/S	DZ
44	3	910	103	98.8357	581.764	0.0003	0.002	0.000
45	3		909	100.7937	766.647	0.0003	0.002	0.000
46	3		911	100.2278	171.965	0.0003	0.002	0.000
47	3	911	104	98.8400	621.020	0.0003	0.002	0.000
48	3		904	100.0833	755.049	0.0003	0.002	0.000
49	3		910	99.7708	171.963	0.0003	0.002	0.000

KAFKA-H 5.103 DATUM: 03.09.2009 UHRZEIT: 23:16 SEITE: 4
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

ANSCHLUSS-PUNKTE:

=====

PS	PUNKT-NUMMER	HOEHE (M)
1	908	48.742

C Ausgleichungsergebnisse

1	909	46.446
1	910	56.004
1	911	55.387
1	904	54.384
1	905	55.614
1	906	67.835
1	907	67.751

KAFKA-H 5.103 DATUM: 03.09.2009 UHRZEIT: 23:16 SEITE: 5
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

ERGEBNISSE NACH DER AUSGLEICHUNG:

=====

NR	VON	NACH	DH (M)	VERB (MM/10)	SIGMA (MM)	EP (%)	EV	NV	GF (M)
=====									
1	101	102	0.0111	4	141	0	81	0.0	
2		103	0.1593	-24	142	1	82	0.2	
3		104	0.2063	-18	142	0	81	0.1	
4		907	1.2556	-36	142	1	79	0.3	
5		908	-17.7462	-72	143	3	68	0.6	
6	102	101	-0.0108	-6	141	0	81	0.0	
7		103	0.1482	-28	142	1	82	0.2	
8		104	0.1936	-5	142	0	85	0.0	
9		904	-12.1004	-257	144	6	81	2.0	
10		905	-10.8638	-315	144	7	82	2.4	
11		906	1.3265	-2	142	0	77	0.0	
12	103	101	-0.1535	-34	142	1	82	0.3	
13		102	-0.1438	-17	142	0	82	0.1	
14		104	0.0482	-5	141	0	82	0.0	
15		907	1.1028	-77	143	2	80	0.6	
16		909	-20.1907	-162	144	5	76	1.3	
17		910	-10.6252	-232	144	7	76	1.8	
18	104	101	-0.1993	-53	142	1	81	0.4	
19		102	-0.1920	-10	142	0	85	0.1	
20		103	-0.0484	7	141	0	82	0.1	
21		904	-12.3047	-145	144	3	82	1.1	
22		905	-11.0546	-337	144	8	81	2.6	
23		911	-11.2878	-290	144	9	77	2.3	
24	904	102	12.1527	-266	144	6	81	2.1	
25		104	12.3454	-261	144	6	82	2.0	
26		905	1.2340	-31	142	1	78	0.3	
27		911	1.0441	-417	146	14	75	3.3	0.056*
28	905	102	10.9238	-285	144	6	82	2.2	
29		104	11.1175	-292	144	7	81	2.2	
30		904	-1.2266	-43	142	1	78	0.3	

C Ausgleichungsergebnisse

31		906	12.2459	-243	144	8	75	1.9	
32	906	102	-1.3227	-37	142	1	77	0.3	
33		905	-12.2035	-181	144	6	75	1.5	
34		907	-0.0854	-4	142	0	72	0.0	
35	907	101	-1.2468	-52	142	1	79	0.4	
36		103	-1.0821	-131	143	3	80	1.0	
37		906	0.0838	20	142	1	72	0.2	
38		908	-18.9958	-95	143	4	72	0.8	
39	908	907	19.0193	-140	143	5	72	1.2	
40		909	-2.2952	-16	142	1	69	0.1	
41	909	103	20.2282	-213	144	7	76	1.7	
42		908	2.2956	11	142	0	69	0.1	
43		910	9.5968	-383	146	15	72	3.1	
44	910	103	10.6622	-138	144	4	76	1.1	
45		909	-9.5178	-407	146	16	72	3.3	

KAFKA-H 5.103 DATUM: 03.09.2009 UHRZEIT: 23:16 SEITE: 6
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

ERGEBNISSE NACH DER AUSGLEICHUNG:

=====

NR	VON	NACH	DH	VERB	SIGMA	EP	EV	NV	GF
			(M)	(MM/10)	(MM)	(%)			(M)
=====									
46		911	-0.6133	-73	142	3	70	0.6	
47	911	104	11.3414	-246	144	8	77	1.9	
48		904	-0.9491	-533	146	18	75	4.2	0.071*
49		910	0.6211	-5	142	0	70	0.0	

KAFKA-H 5.103 DATUM: 03.09.2009 UHRZEIT: 23:16 SEITE: 7
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

SUMME DER STATISTISCHEN ANGABEN:

=====

ANZAHL DER EINGELESENEN BEOBACHTUNGEN	49
GEOMETRISCHE HOEHENDIFFERENZEN	0
TRIGONOMETRISCHE HOEHENDIFFERENZEN	0
ZENITDISTANZEN UND SCHRAEGSTRECKEN	49
ANZAHL DER AUSGEWERTETEN BEOBACHTUNGEN	49
GEOMETRISCHE HOEHENDIFFERENZEN	0
TRIGONOMETRISCHE HOEHENDIFFERENZEN	0
ZENITDISTANZEN UND SCHRAEGSTRECKEN	49
GESAMTANZAHL DER PUNKTE	12
ANZAHL DER AUSGEWERTETEN PUNKTE	12

C Ausgleichungsergebnisse

AUSGLEICHUNG ALS FREIES NETZ

ANZAHL DER HOEHENUNBEKANNTEN	12
REDUNDANZ	38
REDUNDANZ (KONTROLLE)	38.0
REDUNDANZ (GEOM. HOEHENDIFFERENZEN)	0.0
REDUNDANZ (TRIG. HOEHENDIFFERENZEN)	0.0
REDUNDANZ (ZENITDISTANZ U. STRECKE)	38.0
SUMME PVV AUS FEHLERGLEICHUNGEN	0.0087
SIGMA-0 A-POSTERIORI	
ZENITDISTANZEN UND SCHRAEGSTRECKEN	1.5169
STANDARDABW. (SIGMA - 0) A-POSTERIORI:	1.5169

KAFKA-H 5.103 DATUM: 03.09.2009 UHRZEIT: 23:16 SEITE: 8
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

AUSGEGLICHENE HOEHEN

=====

PUNKTNUMMER	HOEHE	SP	LSP	PUNKTNUMMER	HOEHE	SP	LSP
	(M)	(MM/10)			(M)	(MM/10)	
101	66.4974	71	15	102	66.5088	64	53
103	66.6542	61	37	104	66.7019	63	61
904	54.3827	81	121	905	55.6136	81	102
906	67.8352	90	60	907	67.7494	78	35
908	48.7440	101	46	909	46.4473	94	127
910	56.0058	93	125	911	55.3851	92	154

KAFKA-H 5.103 DATUM: 03.09.2009 UHRZEIT: 23:16 SEITE: 9
 FH Neubrandenburg, Fachbereich Bau- und Vermessungswesen
 Bachelorarbeit Arne Boysen

=====

PUNKTE MIT DEN GROESSTEN STANDARDABWEICHUNGEN:

=====

PUNKTNUMMER	SP (MM)	SEITE	PUNKTNUMMER	LSP (MM)	SEITE
908	10.1	8	911	15.4	8
909	9.4	8	909	12.7	8
910	9.3	8	910	12.5	8
911	9.2	8	904	12.1	8
906	9.0	8	905	10.2	8

C Ausgleichungsergebnisse

AUSGABE DER LAUFZEITEN	(HH:MM:SS)
-----	-----
EINLESEN DER AUFTRAGSDATEN	00:00:00
BERECHNUNG DER NAEHERUNGSHOEHEN	00:00:00
AUFBAU DES PROFILS	00:00:00
LOESUNG DER NORMALGLEICHUNGSMATRIX	00:00:00
INVERSION DER NORMALGLEICHUNGSMATRIX	00:00:00
AUSGABE DER ERGEBNISSE	00:00:00
-----	-----
GESAMTLAUFZEIT	00:00:00

BERECHNUNG MIT 2 FEHLER(N) 0 WARNUNG(EN) BEENDET
(AUSDRUCK AUF 9 SEITEN)
NAME DER AUFTRAGSDATEI : Höhennetz_Win (8000000)

C.3. CAPLAN

C.3.1. 2D-Teilspurminimierung

* LAGENETZ-AUSGLEICHUNG *****

Titel des Lagenetzes: Lagenetz (Teilspur)

Modellüberprüfung (Sigma Null a posteriori / a priori): 0.78 -----

Der Chi-Quadrat-Test (5.00%) verletzt die unteren/oberen Grenzwerte von 0.83 / 1.17

Statistische Angaben: Beobachtete Horizontalstrecken : 50
 Beobachtete Hz-Richtungen : 50
 Beobachtete Kreiselazimute : 0
 Anschlusskoordinaten (fixiert) : 0
 Anschlusskoordinaten (Std.abw) : 0
 Defekte (zusätzl. Bedingungen) : 3
 - Unbekannte Koordinaten : 24
 - Unbekannte Add.konstanten : 0
 - Unbekannte Streckenmaßstäbe : 0
 - Orientierungsunbekannte : 12

 Redundanz (Überbestimmung) : 67

Teilspur-Minimierung: Im freien Netz wurden folgende 8 Datumpunkte ausgewählt:

Punktbezeichnung-----
 904
 905
 906
 907
 908
 909
 910
 911

Näherungskoordinaten und Zuschläge =====

Punktbezeichnung	Rechtswert (m)	Hochwert (m)	Höhe (nur Info)	D-Rechts (m)	D-Hoch (m)
101	6856.0730	65128.6510	0.0000	0.0008	0.0054
102	6881.9530	65135.3720	0.0000	-0.0034	0.0042
103	6811.0350	65302.1100	0.0000	0.0026	-0.0011
104	6836.9030	65308.8290	0.0000	-0.0012	-0.0024
904	7366.0700	65445.4140	0.0000	-0.0067	-0.0050
905	7465.4570	65286.9520	0.0000	-0.0112	0.0014
906	6998.0830	64972.4920	0.0000	-0.0073	0.0083
907	6887.0240	64936.7080	0.0000	0.0001	0.0106
908	6483.9030	65032.0260	0.0000	0.0070	0.0049

C Ausgleichsergebnisse

909	6262.1620	65159.5730	0.0000	0.0107	-0.0023
910	6604.0500	65845.7040	0.0000	0.0065	-0.0073
911	6756.8720	65924.5700	0.0000	0.0009	-0.0106

Ausgeglichene Koordinaten und Konfidenzellipsen =====

A,B = Große, kleine Halbachse der Konfidenzellipse (S = 95.00 %)

Phi = Richtungswinkel der großen Halbachse

Punktbezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Lagefehler	Phi	A	B
	(m)	(m)	(m)	(gon)	(m)	(m)
101	6856.0738	65128.6564	0.0008	193.78	0.0016	0.0012
102	6881.9496	65135.3762	0.0008	168.82	0.0016	0.0012
103	6811.0376	65302.1089	0.0008	170.00	0.0015	0.0013
104	6836.9018	65308.8266	0.0008	1.64	0.0015	0.0013
904	7366.0633	65445.4090	0.0010	129.60	0.0019	0.0015
905	7465.4458	65286.9534	0.0011	154.80	0.0021	0.0017
906	6998.0757	64972.5003	0.0009	144.35	0.0018	0.0014
907	6887.0241	64936.7186	0.0009	10.48	0.0017	0.0014
908	6483.9100	65032.0309	0.0010	94.88	0.0020	0.0016
909	6262.1727	65159.5707	0.0012	111.06	0.0023	0.0020
910	6604.0565	65845.6967	0.0011	180.21	0.0020	0.0020
911	6756.8729	65924.5594	0.0012	23.01	0.0022	0.0020

Die Stand.abw. in Lage beträgt durchschnittlich (außer Fixpunkten) 1.0 mm.

Die größte Standardabweichung wurde im Punkt 909 mit 1.2 mm gefunden.

BERECHNUNG DER AUSGEGLICHENEN BEOBACHTUNGEN *****

Sigma: Std.abweichung a-priori (+ = modifiziert)

Korr.: Korrektur durch Unbekannte (Maßstab usw.)

Verb.: Verbesserung

G : Beobachtungsgruppe (0=leer, 1-9)

RA : Redundanz-Anteil (Kontrolliertheit)

NV : Normierte Verbesserung

EP : Einfluss auf die relative Punktlage

VERBESSERUNG DER HORIZONTALSTRECKEN =====

Von Standpunkt

Nach Zielpunkt	beobachtet	Korr	Verb	ausgeglichen	G	Sigma	RA	EP	NV
	(m)	(mm)	(mm)	(m)		(mm)	%	(mm)	
101									
102	26.7329	0.0	1.3	26.7342		2.1	92	-0.1	0.6
103	179.2044	0.0	-0.5	179.2039		2.4	91	0.0	0.2
104	181.1894	0.0	-2.0	181.1874		2.4	91	0.2	0.9

C Ausgleichungsergebnisse

907	194.4202	0.0	-3.0	194.4172	2.4	87	0.5	1.4
908	384.5034	0.0	-0.6	384.5028	2.8	81	0.1	0.3

102								
101	26.7337	0.0	0.5	26.7342	2.1	92	0.0	0.2
103	181.1868	0.0	-0.9	181.1859	2.4	91	0.1	0.4
104	179.2026	0.0	2.1	179.2047	2.4	91	-0.2	0.9
904	574.8779	0.0	1.5	574.8794	3.1	89	-0.2	0.5
905	602.8625	0.0	0.2	602.8627	3.2	89	0.0	0.1
906	200.0345	0.0	0.0	200.0345	2.4	85	0.0	0.0

103								
101	179.2030	0.0	0.9	179.2039	2.4	91	-0.1	0.4
102	181.1887	0.0	-2.8	181.1859	2.4	91	0.3	1.3
104	26.7183	0.0	4.1	26.7224	2.1	92	-0.4	2.1
907	373.2079	0.0	-0.1	373.2078	2.7	87	0.0	0.0
909	567.0717	0.0	-0.4	567.0713	3.1	81	0.1	0.1
910	581.6611	0.0	-0.7	581.6604	3.2	83	0.1	0.2

104								
101	181.1887	0.0	-1.3	181.1874	2.4	91	0.1	0.6
102	179.2050	0.0	-0.3	179.2047	2.4	91	0.0	0.1
103	26.7234	0.0	-1.0	26.7224	2.1	92	0.1	0.5
904	546.5053	0.0	-1.4	546.5039	3.1	88	0.2	0.5
905	628.9253	0.0	-0.9	628.9244	3.3	89	0.1	0.3
911	620.9108	0.0	1.1	620.9119	3.2	83	-0.2	0.4

904								
102	574.8779	0.0	1.5	574.8794	3.1	89	-0.2	0.5
104	546.5008	0.0	3.1	546.5039	3.1	88	-0.4	1.1
905	187.0422	0.0	0.7	187.0429	2.4	69	-0.3	0.3
911	775.0472	0.0	-0.1	775.0471	3.6	77	0.0	0.0

905								
102	602.8648	0.0	-2.1	602.8627	3.2	89	0.3	0.7
104	628.9279	0.0	-3.5	628.9244	3.3	89	0.4	1.1
904	187.0431	0.0	-0.2	187.0429	2.4	69	0.1	0.1
906	563.3088	0.0	-1.1	563.3077	3.1	85	0.2	0.4

906								
102	200.0367	0.0	-2.2	200.0345	2.4	85	0.4	1.0
905	563.3061	0.0	1.6	563.3077	3.1	85	-0.3	0.6
907	116.6723	0.0	1.6	116.6739	2.2	79	-0.4	0.8

907								
101	194.4175	0.0	-0.3	194.4172	2.4	87	0.0	0.1
103	373.2096	0.0	-1.8	373.2078	2.7	87	0.3	0.7
906	116.6723	0.0	1.6	116.6739	2.2	79	-0.4	0.8
908	414.2269	0.0	1.8	414.2287	2.8	79	-0.5	0.7

908								
101	384.5032	0.0	-0.4	384.5028	2.8	81	0.1	0.2

C Ausgleichsergebnisse

907	414.2287	0.0	0.0	414.2287	2.8	79	0.0	0.0
909	255.8006	0.0	-0.2	255.8004	2.5	66	0.1	0.1

909								
103	567.0692	0.0	2.1	567.0713	3.1	81	-0.5	0.8
908	255.7990	0.0	1.4	255.8004	2.5	66	-0.7	0.7
910	766.5852	0.0	0.4	766.5856	3.5	76	-0.1	0.1

910								
103	581.6613	0.0	-0.9	581.6604	3.2	83	0.2	0.3
909	766.5808	0.0	4.8	766.5856	3.5	76	-1.5	1.6
911	171.9665	0.0	-0.9	171.9656	2.3	60	0.6	0.5

911								
104	620.9150	0.0	-3.1	620.9119	3.2	83	0.6	1.1
904	775.0460	0.0	1.1	775.0471	3.6	77	-0.3	0.4
910	171.9641	0.0	1.5	171.9656	2.3	60	-1.0	0.8

VERBESSERUNG DER HORIZONTALRICHTUNGEN =====

Von Standpunkt	Orientierung								
Nach Zielpunkt	beobachtet	Verb	ausgeglichen	Entf	Qabw	G-Sigma	RA	EP	NV
	(gon)	(mgon)	(gon)	(m)	(mm)	(mgon)	%	(mm)	
101			83.82430						
102	0.00020	0.13	83.82463	27	0	0.30	37	-0.1	0.7
103	300.00310	0.17	383.82758	179	0	0.30	54	-0.4	0.8
104	309.42700	-0.19	393.25112	181	-1	0.30	53	0.5	0.9
907	105.99780	-0.10	189.82200	194	0	0.30	40	0.5	0.6
908	200.00410	-0.01	283.82839	385	0	0.30	49	0.1	0.1

102			283.82476						
101	0.00000	-0.13	283.82463	27	0	0.30	36	0.1	0.7
103	90.57530	-0.30	374.39976	181	-1	0.30	54	0.7	1.4
104	99.99840	0.22	383.82338	179	1	0.30	57	-0.5	1.0
904	179.91290	0.08	63.73774	575	1	0.30	64	-0.4	0.3
905	199.99520	-0.07	83.81989	603	-1	0.30	64	0.4	0.3
906	276.74410	0.21	160.56907	200	1	0.30	41	-0.9	1.1

103			183.82762						
101	0.00010	-0.14	183.82758	179	0	0.30	62	0.3	0.6
102	390.57180	0.34	174.39976	181	1	0.30	57	-0.7	1.5
104	299.99540	-0.29	83.82272	27	0	0.30	39	0.2	1.6
907	3.11910	0.20	186.94692	373	1	0.30	68	-0.5	0.8
909	99.99690	0.02	283.82454	567	0	0.30	53	-0.1	0.1
910	193.01110	-0.12	376.83860	582	-1	0.30	51	1.0	0.6

104			193.25200						
101	399.99930	-0.19	193.25112	181	-1	0.30	55	0.4	0.8
102	390.57140	-0.02	183.82338	179	0	0.30	58	0.0	0.1
103	90.57040	0.32	283.82272	27	0	0.30	38	-0.2	1.7

C Ausgleichsergebnisse

904	290.66730	-0.18	83.91912	547	-2	0.30	65	0.9	0.8
905	308.96230	0.22	102.21452	629	2	0.30	65	-1.2	0.9
911	198.51990	-0.14	391.77176	621	-1	0.30	52	1.3	0.7

904			263.73705						
102	0.00090	-0.21	263.73774	575	-2	0.30	66	1.0	0.9
104	20.18170	0.37	283.91912	547	3	0.30	66	-1.7	1.5
905	300.60100	0.02	164.33806	187	0	0.30	36	-0.1	0.1
911	78.69240	-0.18	342.42927	775	-2	0.30	55	1.8	0.8

905			283.82008						
102	399.99960	0.22	283.81989	603	2	0.30	69	-0.9	0.9
104	18.39430	0.15	302.21452	629	1	0.30	69	-0.6	0.6
904	80.51820	-0.21	364.33806	187	-1	0.30	42	0.9	1.1
906	378.47650	-0.15	262.29643	563	-1	0.30	64	0.8	0.6

906			360.56882						
102	0.00030	-0.05	360.56907	200	0	0.30	41	0.2	0.2
905	101.72770	-0.09	62.29643	563	-1	0.30	38	1.3	0.5
907	319.58730	0.14	280.15626	117	0	0.30	31	-0.6	0.8

907			389.82172						
101	0.00040	-0.12	389.82200	194	0	0.30	55	0.3	0.5
103	397.12530	-0.10	386.94692	373	-1	0.30	66	0.3	0.4
906	90.33470	-0.16	80.15626	117	0	0.30	32	0.6	0.9
908	324.95870	0.37	314.78079	414	2	0.30	47	-2.7	1.8

908			83.82823						
101	0.00020	-0.04	83.82839	385	0	0.30	51	0.3	0.2
907	30.95260	-0.04	114.78079	414	0	0.30	49	0.3	0.2
909	249.40150	0.09	333.22982	256	0	0.30	26	-1.0	0.6

909			83.82433						
103	0.00020	0.00	83.82454	567	0	0.30	58	0.0	0.0
908	49.40540	0.09	133.22982	256	0	0.30	42	-0.5	0.5
910	345.60490	-0.09	29.42914	767	-1	0.30	49	1.2	0.5

910			176.83849						
103	0.00000	0.11	176.83860	582	1	0.30	52	-0.9	0.5
909	52.59090	-0.25	229.42914	767	-3	0.30	48	3.3	1.2
911	292.83190	0.14	69.67053	172	0	0.30	31	-0.8	0.8

911			142.42965						
104	49.34170	0.41	191.77176	621	4	0.30	56	-3.1	1.8
904	399.99980	-0.18	142.42927	775	-2	0.30	51	2.1	0.9
910	127.24110	-0.22	269.67053	172	-1	0.30	34	1.2	1.3

BAARDA-TEST =====

Maximale normierte Verbesserung: 2.06

C Ausgleichungsergebnisse

Schwellenwert für Baarda-Test : 3.29 (entspricht Irrtumsw. von 0.1000 %)
Beobachtungstyp : Horizontalstrecke
Von Punkt - Nach Punkt : 103 - 104
Möglicher grober Fehler : Es wurde kein grober Fehler gefunden.

STATISTIK IN DEN BEOBACHTUNGSGRUPPEN =====

(Die Standardabweichung der Gewichtseinheit a-priori wurde mit 0.001000 vorgegeben)

Beobachtungstyp	Gruppe	Anzahl	Red.anteil	[pvv]	Sigma0	Faktor
Horizontalstrecken	0	50	41.638	0.00002082	0.00070717	0.71
Horizontalrichtungen	0	50	25.362	0.00001959	0.00087878	0.88
Summe / Gesamt		100	67.000	0.00004041	0.00077661	0.78

C.3.2. 2D-Gesamtspurminimierung

* LAGENETZ-AUSGLEICHUNG *****

Titel des Lagenetzes: Lagenetz (Gesamtspur)

Modellüberprüfung (Sigma Null a posteriori / a priori): 0.84 -----

Die Grenzwerte u/o von 0.83 / 1.17 beim Chi-Quadrat-Test (5.00%) wurden eingehalten

```

Statistische Angaben: Beobachtete Horizontalstrecken : 50
                      Beobachtete Hz-Richtungen      : 50
                      Beobachtete Kreiselazimute     : 0
                      Anschlusskoordinaten (fixiert) : 0
                      Anschlusskoordinaten (Std.abw) : 0
                      Defekte (zusätzl. Bedingungen) : 3
- Unbekannte Koordinaten          : 24
- Unbekannte Add.konstanten       : 0
- Unbekannte Streckenmaßstäbe    : 0
- Orientierungsunbekannte        : 12
-----
Redundanz (Überbestimmung)       : 67
    
```

Näherungskoordinaten und Zuschläge =====

Punktbezeichnung	Rechtswert (m)	Hochwert (m)	Höhe (nur Info)	D-Rechts (m)	D-Hoch (m)
101	6856.0730	65128.6510	0.0000	0.0006	0.0045
102	6881.9530	65135.3720	0.0000	-0.0040	0.0034
103	6811.0350	65302.1100	0.0000	0.0027	-0.0026
104	6836.9030	65308.8290	0.0000	-0.0016	-0.0041
904	7366.0700	65445.4140	0.0000	-0.0080	-0.0055
905	7465.4570	65286.9520	0.0000	-0.0114	0.0021
906	6998.0830	64972.4920	0.0000	-0.0065	0.0063
907	6887.0240	64936.7080	0.0000	0.0010	0.0088
908	6483.9030	65032.0260	0.0000	0.0074	0.0035
909	6262.1620	65159.5730	0.0000	0.0125	-0.0004
910	6604.0500	65845.7040	0.0000	0.0081	-0.0064
911	6756.8720	65924.5700	0.0000	-0.0009	-0.0096

Ausgegliche Koordinaten und Konfidenzellipsen =====

A,B = Große, kleine Halbachse der Konfidenzellipse (S = 95.00 %)

Phi = Richtungswinkel der großen Halbachse

Punktbezeichnung	Rechtswert (m)	Hochwert (m)	Lagefehler (m)	Phi (gon)	A (m)	B (m)
101	6856.0736	65128.6555	0.0006	199.04	0.0013	0.0010
102	6881.9490	65135.3754	0.0006	165.35	0.0013	0.0010
103	6811.0377	65302.1074	0.0007	159.89	0.0013	0.0011

C Ausgleichsergebnisse

104	6836.9014	65308.8249	0.0007	14.41	0.0013	0.0011
904	7366.0620	65445.4085	0.0011	138.45	0.0021	0.0018
905	7465.4456	65286.9541	0.0012	170.88	0.0024	0.0019
906	6998.0765	64972.4983	0.0009	142.35	0.0018	0.0015
907	6887.0250	64936.7168	0.0009	7.90	0.0017	0.0015
908	6483.9104	65032.0295	0.0012	103.34	0.0023	0.0018
909	6262.1745	65159.5726	0.0014	129.90	0.0026	0.0024
910	6604.0581	65845.6976	0.0013	197.20	0.0023	0.0022
911	6756.8711	65924.5604	0.0013	22.23	0.0024	0.0023

Die Stand.abw. in Lage beträgt durchschnittlich (außer Fixpunkten) 1.0 mm.
 Die größte Standardabweichung wurde im Punkt 909 mit 1.4 mm gefunden.

BERECHNUNG DER AUSGEGLEICHENEN BEOBACHTUNGEN *****

Sigma: Std.abweichung a-priori (+ = modifiziert)
 Korr.: Korrektur durch Unbekannte (Maßstab usw.)
 Verb.: Verbesserung
 G : Beobachtungsgruppe (0=leer, 1-9)
 RA : Redundanz-Anteil (Kontrolliertheit)
 NV : Normierte Verbesserung
 EP : Einfluss auf die relative Punktlage

VERBESSERUNG DER HORIZONTALSTRECKEN =====

Von Standpunkt

Nach Zielpunkt	-----beobachtet	--Korr--	Verb--	ausgeglichen	---G-Sigma---	RA---	EP---	NV-
	(m)	(mm)	(mm)	(m)	(mm)	%	(mm)	
101								
102	26.7363	0.0	-2.5	26.7338	2.1	92	0.2	1.3
103	179.2029	0.0	0.3	179.2032	2.4	91	0.0	0.1
104	181.1892	0.0	-2.6	181.1866	2.4	91	0.3	1.2
907	194.4153	0.0	3.0	194.4183	2.4	87	-0.5	1.3
908	384.5020	0.0	0.3	384.5023	2.8	81	-0.1	0.1

102								
101	26.7310	0.0	2.8	26.7338	2.1	92	-0.2	1.4
103	181.1846	0.0	0.3	181.1849	2.4	91	0.0	0.1
104	179.2053	0.0	-1.4	179.2039	2.4	91	0.1	0.6
904	574.8775	0.0	1.6	574.8791	3.1	89	-0.2	0.5
905	602.8658	0.0	-2.3	602.8635	3.2	89	0.3	0.8
906	200.0335	0.0	2.8	200.0363	2.4	85	-0.5	1.3

103								
101	179.1989	0.0	4.3	179.2032	2.4	91	-0.4	1.9
102	181.1839	0.0	1.0	181.1849	2.4	91	-0.1	0.5
104	26.7241	0.0	-2.3	26.7218	2.1	92	0.2	1.2

C Ausgleichungsergebnisse

907	373.2078	0.0	0.4	373.2082	2.7	87	-0.1	0.1
909	567.0708	0.0	-2.0	567.0688	3.1	81	0.5	0.7
910	581.6626	0.0	-0.4	581.6622	3.2	83	0.1	0.2

104								
101	181.1839	0.0	2.7	181.1866	2.4	91	-0.3	1.2
102	179.2036	0.0	0.3	179.2039	2.4	91	0.0	0.1
103	26.7205	0.0	1.3	26.7218	2.1	92	-0.1	0.7
904	546.5008	0.0	2.7	546.5035	3.1	88	-0.4	0.9
905	628.9249	0.0	-0.3	628.9246	3.3	89	0.0	0.1
911	620.9145	0.0	0.1	620.9146	3.2	83	0.0	0.0

904								
102	574.8785	0.0	0.6	574.8791	3.1	89	-0.1	0.2
104	546.5054	0.0	-1.9	546.5035	3.1	88	0.3	0.7
905	187.0422	0.0	0.3	187.0425	2.4	69	-0.1	0.2
911	775.0474	0.0	1.0	775.0484	3.6	77	-0.3	0.3

905								
102	602.8609	0.0	2.6	602.8635	3.2	89	-0.3	0.9
104	628.9264	0.0	-1.8	628.9246	3.3	89	0.2	0.6
904	187.0435	0.0	-1.0	187.0425	2.4	69	0.4	0.5
906	563.3102	0.0	-1.8	563.3084	3.1	85	0.3	0.6

906								
102	200.0362	0.0	0.1	200.0363	2.4	85	0.0	0.1
905	563.3061	0.0	2.3	563.3084	3.1	85	-0.4	0.8
907	116.6758	0.0	-2.1	116.6737	2.2	79	0.6	1.1

907								
101	194.4216	0.0	-3.3	194.4183	2.4	87	0.5	1.5
103	373.2093	0.0	-1.1	373.2082	2.7	87	0.2	0.4
906	116.6741	0.0	-0.4	116.6737	2.2	79	0.1	0.2
908	414.2319	0.0	-2.6	414.2293	2.8	79	0.7	1.0

908								
101	384.5017	0.0	0.6	384.5023	2.8	81	-0.1	0.3
907	414.2270	0.0	2.3	414.2293	2.8	79	-0.6	0.9
909	255.8010	0.0	-0.1	255.8009	2.5	66	0.1	0.1

909								
103	567.0693	0.0	-0.5	567.0688	3.1	81	0.1	0.2
908	255.8005	0.0	0.4	255.8009	2.5	66	-0.2	0.2
910	766.5862	0.0	-1.6	766.5846	3.5	76	0.5	0.5

910								
103	581.6631	0.0	-0.9	581.6622	3.2	83	0.2	0.3
909	766.5857	0.0	-1.1	766.5846	3.5	76	0.4	0.4
911	171.9653	0.0	-2.7	171.9626	2.3	60	1.8	1.5

911								
104	620.9100	0.0	4.6	620.9146	3.2	83	-0.9	1.6

C Ausgleichsergebnisse

904	775.0513	0.0	-2.9	775.0484	3.6	77	0.9	0.9
910	171.9607	0.0	1.9	171.9626	2.3	60	-1.3	1.1

VERBESSERUNG DER HORIZONTALRICHTUNGEN =====

Von Standpunkt	Orientierung								
Nach Zielpunkt	beobachtet	Verb-	aus-	Entf-	Qabw-	G-	RA-	EP-	NV-
	(gon)	(mgon)	(gon)	(m)	(mm)	(mgon)	%	(mm)	
101			83.82400						
102	0.00030	0.04	83.82433	27	0	0.30	37	0.0	0.2
103	300.00360	-0.01	383.82759	179	0	0.30	54	0.0	0.0
104	309.42710	-0.11	393.25099	181	0	0.30	53	0.3	0.5
907	105.99750	0.20	189.82169	194	1	0.30	40	-0.9	1.0
908	200.00440	-0.12	283.82828	385	-1	0.30	49	0.7	0.6

102			283.82483						
101	399.99950	0.00	283.82433	27	0	0.30	36	0.0	0.0
103	90.57490	0.14	374.39987	181	0	0.30	54	-0.3	0.6
104	99.99890	-0.38	383.82336	179	-1	0.30	57	0.8	1.7
904	179.91260	0.23	63.73766	575	2	0.30	64	-1.2	1.0
905	199.99470	0.22	83.81975	603	2	0.30	64	-1.2	0.9
906	276.74430	-0.22	160.56892	200	-1	0.30	41	1.0	1.1

103			183.82791						
101	399.99960	0.08	183.82759	179	0	0.30	62	-0.1	0.4
102	390.57200	-0.03	174.39987	181	0	0.30	57	0.1	0.1
104	299.99450	0.27	83.82267	27	0	0.30	39	-0.2	1.4
907	3.11930	-0.42	186.94678	373	-2	0.30	68	1.1	1.7
909	99.99710	-0.14	283.82487	567	-1	0.30	53	1.1	0.6
910	193.01070	0.25	376.83886	582	2	0.30	51	-2.2	1.2

104			193.25189						
101	399.99870	0.40	193.25099	181	1	0.30	55	-0.9	1.8
102	390.57140	0.07	183.82336	179	0	0.30	58	-0.1	0.3
103	90.57110	-0.31	283.82267	27	0	0.30	38	0.2	1.7
904	290.66750	-0.43	83.91896	547	-4	0.30	65	2.0	1.8
905	308.96220	0.20	102.21428	629	2	0.30	65	-1.1	0.8
911	198.51970	0.07	391.77166	621	1	0.30	52	-0.6	0.3

904			263.73733						
102	0.00020	0.14	263.73766	575	1	0.30	66	-0.6	0.6
104	20.18160	0.03	283.91896	547	0	0.30	66	-0.1	0.1
905	300.60030	-0.08	164.33755	187	0	0.30	36	0.4	0.4
911	78.69210	-0.09	342.42933	775	-1	0.30	55	0.9	0.4

905			283.81965						
102	0.00000	0.10	283.81975	603	1	0.30	69	-0.4	0.4
104	18.39470	-0.07	302.21428	629	-1	0.30	69	0.3	0.3
904	80.51790	0.00	364.33755	187	0	0.30	42	0.0	0.0
906	378.47650	-0.04	262.29612	563	0	0.30	64	0.2	0.1

C Ausgleichsergebnisse

906			360.56859						
102	0.00020	0.12	360.56892	200	0	0.30	41	-0.5	0.6
905	101.72770	-0.18	62.29612	563	-2	0.30	38	2.6	1.0
907	319.58770	0.06	280.15635	117	0	0.30	31	-0.2	0.3

907			389.82191						
101	399.99960	0.18	389.82169	194	1	0.30	55	-0.4	0.8
103	397.12480	0.07	386.94678	373	0	0.30	66	-0.2	0.3
906	90.33460	-0.16	80.15635	117	0	0.30	32	0.6	1.0
908	324.95900	-0.09	314.78083	414	-1	0.30	47	0.6	0.4

908			83.82827						
101	399.99980	0.20	83.82828	385	1	0.30	51	-1.2	1.0
907	30.95270	-0.15	114.78083	414	-1	0.30	49	1.0	0.7
909	249.40250	-0.06	333.23072	256	0	0.30	26	0.7	0.4

909			83.82448						
103	0.00030	0.08	83.82487	567	1	0.30	58	-0.5	0.4
908	49.40630	-0.07	133.23072	256	0	0.30	42	0.4	0.3
910	345.60470	-0.02	29.42916	767	0	0.30	49	0.2	0.1

910			176.83835						
103	0.00080	-0.29	176.83886	582	-3	0.30	52	2.4	1.3
909	52.59060	0.21	229.42916	767	3	0.30	48	-2.8	1.0
911	292.83150	0.08	69.66993	172	0	0.30	31	-0.5	0.5

911			142.42911						
104	49.34280	-0.25	191.77166	621	-2	0.30	56	1.9	1.1
904	0.00000	0.23	142.42933	775	3	0.30	51	-2.6	1.1
910	127.24080	0.02	269.66993	172	0	0.30	34	-0.1	0.1

BAARDA-TEST =====

Maximale normierte Verbesserung: 1.90
 Schwellenwert für Baarda-Test : 3.29 (entspricht Irrtumsw. von 0.1000 %)
 Beobachtungstyp : Horizontalstrecke
 Von Punkt - Nach Punkt : 103 - 101
 Möglicher grober Fehler : Es wurde kein grober Fehler gefunden.

STATISTIK IN DEN BEOBACHTUNGSGRUPPEN =====

(Die Standardabweichung der Gewichtseinheit a-priori wurde mit 0.001000 vorgegeben)

Beobachtungstyp	---Gruppe	--Anzahl	--Red.anteil	-----[pvv]	-----Sigma0	---Faktor
Horizontalstrecken	0	50	41.638	0.00002855	0.00082799	0.83
Horizontalrichtungen	0	50	25.362	0.00001900	0.00086551	0.87

C Ausgleichungsergebnisse

Summe / Gesamt	100	67.000	0.00004754	0.00084239	0.84
----------------	-----	--------	------------	------------	------

C.3.3. 3D-Teilspurminimierung

* RAUMNETZ-AUSGLEICHUNG *****

Titel des Raumnetzes: Raumnetz (3D_Daten)

Modellüberprüfung (Sigma Null a posteriori / a priori): 1.36 -----

Der Chi-Quadrat-Test (5.00%) verletzt die unteren/oberen Grenzwerte von 0.86 / 1.14

Statistische Angaben:

Beobachtete Horizontalstrecken	:	49
Beobachtete Schrägdistanzen	:	0
Beobachtete Hz-Richtungen	:	50
Beobachtete Kreiselazimute	:	0
Beobachtete Höhenunterschiede	:	49
Beobachtete Zenitwinkel	:	0
Anzahl GPS - Basiskomponenten	:	0
Anschlusskoordinaten (fixiert)	:	0
Anschlusskoordinaten (Std.abw)	:	0
Defekte (zusätzl. Bedingungen)	:	4
- Unbekannte Koordinaten	:	36
- Unbekannte Add.konstanten	:	0
- Unbekannte Streckenmaßstäbe	:	0
- Orientierungsunbekannte	:	12
- Zusätzliche GPS - Unbekannte	:	0

Redundanz (Überbestimmung)	:	104

Näherungskoordinaten und Zuschläge =====

Punktbezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Höhe	D-Rechts	D-Hoch	D-Höhe
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
101	6856.0730	65128.6510	66.4990	0.0010	0.0048	-0.0002
102	6881.9530	65135.3720	66.5100	-0.0037	0.0035	-0.0003
103	6811.0350	65302.1100	66.6560	0.0023	-0.0008	-0.0012
104	6836.9030	65308.8290	66.7040	-0.0016	-0.0022	-0.0010
904	7366.0700	65445.4140	54.3840	-0.0071	-0.0064	-0.0021
905	7465.4570	65286.9520	55.6140	-0.0111	-0.0009	-0.0014
906	6998.0830	64972.4920	67.8350	-0.0073	0.0063	-0.0006
907	6887.0240	64936.7080	67.7510	0.0010	0.0089	-0.0013
908	6483.9030	65032.0260	48.7420	0.0084	0.0010	0.0003
909	6262.1620	65159.5730	46.4460	0.0121	-0.0046	0.0010
910	6604.0500	65845.7040	56.0040	0.0058	-0.0010	0.0036
911	6756.8720	65924.5700	55.3870	0.0004	-0.0086	0.0033

Ausgeglichene Koordinaten =====

Punktbezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Ell.Höhe	Geoidhöhe	Orth.Höhe
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
101	6856.0740	65128.6558	66.4988	0.0000	66.4988

C Ausgleichsergebnisse

102	6881.9493	65135.3755	66.5097	0.0000	66.5097
103	6811.0373	65302.1092	66.6548	0.0000	66.6548
104	6836.9014	65308.8268	66.7030	0.0000	66.7030
904	7366.0629	65445.4076	54.3819	0.0000	54.3819
905	7465.4459	65286.9511	55.6126	0.0000	55.6126
906	6998.0757	64972.4983	67.8344	0.0000	67.8344
907	6887.0250	64936.7169	67.7497	0.0000	67.7497
908	6483.9114	65032.0270	48.7423	0.0000	48.7423
909	6262.1741	65159.5684	46.4470	0.0000	46.4470
910	6604.0558	65845.7030	56.0076	0.0000	56.0076
911	6756.8724	65924.5614	55.3903	0.0000	55.3903

Fehlergrößen der Koordinaten =====

A,B = Große, kleine Halbachse der Konfidenzellipse (S = 95.00 %)

Phi = Richtungswinkel der großen Halbachse

Punktbezeichnung	Lagefehler	Phi	A	B	Höhenfehler
	(m)	(gon)	(m)	(m)	(m)
101	0.0011	0.35	0.0021	0.0016	0.0005
102	0.0011	164.51	0.0021	0.0016	0.0005
103	0.0011	157.58	0.0020	0.0018	0.0005
104	0.0011	16.88	0.0020	0.0018	0.0005
904	0.0018	137.82	0.0034	0.0028	0.0010
905	0.0020	170.82	0.0038	0.0031	0.0010
906	0.0015	141.02	0.0028	0.0024	0.0007
907	0.0014	7.90	0.0027	0.0024	0.0006
908	0.0020	99.91	0.0039	0.0029	0.0011
909	0.0023	123.27	0.0043	0.0038	0.0012
910	0.0021	197.14	0.0037	0.0035	0.0013
911	0.0022	22.20	0.0039	0.0037	0.0013

Die Stand.abw. in Lage beträgt durchschnittlich (außer Fixpunkten) 1.6 mm.

Die größte Standardabweichung wurde im Punkt 909 mit 2.3 mm gefunden.

Die Stand.abw. in Höhe beträgt durchschnittlich (außer Fixpunkten) 0.9 mm.

Die größte Standardabweichung wurde im Punkt 911 mit 1.3 mm gefunden.

BERECHNUNG DER AUSGEGLICHENEN BEOBACHTUNGEN *****

Sigma: Std.abweichung a-priori (+ = modifiziert)

Korr.: Korrektur durch Unbekannte (Maßstab usw.)

Verb.: Verbesserung

G : Beobachtungsgruppe (0=leer, 1-9)

RA : Redundanz-Anteil (Kontrolliertheit)

NV : Normierte Verbesserung

EP : Einfluss auf die relative Punktlage

C Ausgleichsergebnisse

VERBESSERUNG DER HORIZONTALSTRECKEN =====

Von Standpunkt

Nach Zielpunkt	beobachtet	Korr	Verb	ausgeglichen	G-Sigma	RA	EP	NV
	(m)	(mm)	(mm)	(m)	(mm)	%	(mm)	
101								
102	26.7319	0.0	1.7	26.7336	2.1	92	-0.1	0.9
103	179.2053	0.0	-0.4	179.2049	2.4	91	0.0	0.2
104	181.1903	0.0	-2.1	181.1882	2.4	91	0.2	0.9
907	194.4222	0.0	-3.8	194.4184	2.4	87	0.6	1.7
908	384.5036	0.0	-1.2	384.5024	2.8	77	0.4	0.5

102								
101	26.7327	0.0	0.9	26.7336	2.1	92	-0.1	0.5
103	181.1877	0.0	-1.0	181.1867	2.4	91	0.1	0.4
104	179.2035	0.0	2.1	179.2056	2.4	91	-0.2	0.9
904	574.8771	0.0	1.9	574.8790	3.2	89	-0.2	0.6
905	602.8622	0.0	0.5	602.8627	3.2	89	-0.1	0.2
906	200.0351	0.0	0.7	200.0359	2.4	85	-0.1	0.3

103								
101	179.2039	0.0	1.0	179.2049	2.4	91	-0.1	0.4
102	181.1896	0.0	-2.9	181.1867	2.4	91	0.3	1.3
104	26.7183	0.0	4.0	26.7222	2.1	92	-0.4	2.0
907	373.2103	0.0	-0.3	373.2100	2.7	87	0.0	0.1
909	567.0706	0.0	-0.3	567.0703	3.1	80	0.1	0.1
910	581.6666	0.0	-0.5	581.6661	3.2	83	0.1	0.2

104								
101	181.1896	0.0	-1.4	181.1882	2.4	91	0.1	0.6
102	179.2059	0.0	-0.3	179.2056	2.4	91	0.0	0.1
103	26.7234	0.0	-1.1	26.7222	2.1	92	0.1	0.6
904	546.5043	0.0	-0.7	546.5037	3.1	88	0.1	0.2
905	628.9257	0.0	-0.6	628.9251	3.3	89	0.1	0.2
911	620.9127	0.0	0.9	620.9137	3.2	83	-0.2	0.3

904								
102	574.8769	0.0	2.1	574.8790	3.2	89	-0.2	0.7
104	546.4998	0.0	3.8	546.5037	3.1	88	-0.5	1.3
905	187.0440	0.0	-0.1	187.0440	2.4	69	0.0	0.0
911	775.0496	0.0	-0.2	775.0493	3.6	77	0.1	0.1

905								
102	602.8643	0.0	-1.6	602.8627	3.2	89	0.2	0.5
104	628.9281	0.0	-3.0	628.9251	3.3	89	0.4	1.0
904	187.0441	0.0	-0.1	187.0440	2.4	69	0.0	0.0
906	563.3096	0.0	-2.0	563.3076	3.1	85	0.4	0.7

906								
102	200.0373	0.0	-1.4	200.0359	2.4	85	0.2	0.7
905	563.3082	0.0	-0.6	563.3076	3.1	85	0.1	0.2
907	116.6713	0.0	1.7	116.6729	2.2	78	-0.5	0.8

C Ausgleichsergebnisse

907									
101	194.4195	0.0	-1.1	194.4184	2.4	87	0.2	0.5	
103	373.2120	0.0	-2.0	373.2100	2.7	87	0.3	0.8	
906	116.6713	0.0	1.6	116.6729	2.2	78	-0.5	0.8	
908	414.2260	0.0	1.7	414.2277	2.8	76	-0.5	0.7	

908									
907	414.2278	0.0	-0.1	414.2277	2.8	76	0.0	0.1	
909	255.8013	0.0	-0.1	255.8011	2.5	65	0.1	0.1	

909									
103	567.0683	0.0	1.9	567.0703	3.1	80	-0.5	0.7	
908	255.7997	0.0	1.4	255.8011	2.5	65	-0.7	0.7	
910	766.5916	0.0	0.7	766.5923	3.5	76	-0.2	0.2	

910									
103	581.6670	0.0	-0.9	581.6661	3.2	83	0.2	0.3	
909	766.5872	0.0	5.1	766.5923	3.5	76	-1.6	1.7	
911	171.9644	0.0	-0.6	171.9638	2.3	60	0.4	0.3	

911									
104	620.9169	0.0	-3.3	620.9137	3.2	83	0.7	1.1	
904	775.0483	0.0	1.0	775.0493	3.6	77	-0.3	0.3	
910	171.9620	0.0	1.9	171.9638	2.3	60	-1.2	1.0	

VERBESSERUNG DER HORIZONTALRICHTUNGEN =====

Von Standpunkt	Orientierung									
Nach Zielpunkt	beobachtet	Verb	ausgeglichen	Entf	Qabw	G	Sigma	RA	EP	NV
	(gon)	(mgon)	(gon)	(m)	(mm)	(mgon)	%	(mm)		
101			83.82401							
102	0.00040	0.13	83.82454	27	0	0.30	37	-0.1	0.7	
103	300.00330	0.15	383.82747	179	0	0.30	54	-0.4	0.7	
104	309.42710	-0.20	393.25091	181	-1	0.30	52	0.5	0.9	
907	105.99790	-0.09	189.82183	194	0	0.30	40	0.4	0.5	
908	200.00380	0.00	283.82781	385	0	0.30	49	0.0	0.0	

102			283.82486							
101	399.99980	-0.12	283.82454	27	0	0.30	36	0.1	0.6	
103	90.57530	-0.27	374.39989	181	-1	0.30	54	0.6	1.2	
104	99.99840	0.15	383.82341	179	0	0.30	57	-0.3	0.7	
904	179.91290	0.05	63.73781	575	0	0.30	64	-0.2	0.2	
905	199.99530	-0.08	83.82008	603	-1	0.30	64	0.4	0.3	
906	276.74410	0.26	160.56922	200	1	0.30	41	-1.2	1.4	

103			183.82759							
101	0.00010	-0.22	183.82747	179	-1	0.30	62	0.4	0.9	
102	390.57190	0.41	174.39989	181	1	0.30	57	-0.9	1.8	
104	299.99560	-0.30	83.82289	27	0	0.30	39	0.2	1.6	

C Ausgleichsergebnisse

907	3.11900	0.19	186.94678	373	1	0.30	68	-0.5	0.8
909	99.99660	0.01	283.82420	567	0	0.30	53	-0.1	0.0
910	193.01130	-0.09	376.83879	582	-1	0.30	51	0.8	0.4

104			193.25206						
101	399.99900	-0.15	193.25091	181	0	0.30	55	0.3	0.7
102	390.57130	0.05	183.82341	179	0	0.30	58	-0.1	0.2
103	90.57050	0.32	283.82289	27	0	0.30	38	-0.2	1.7
904	290.66750	-0.26	83.91930	547	-2	0.30	65	1.2	1.1
905	308.96250	0.22	102.21478	629	2	0.30	65	-1.2	0.9
911	198.51990	-0.19	391.77178	621	-2	0.30	52	1.7	0.9

904			263.73717						
102	0.00090	-0.27	263.73781	575	-2	0.30	66	1.3	1.1
104	20.18170	0.43	283.91930	547	4	0.30	66	-1.9	1.8
905	300.60090	0.04	164.33811	187	0	0.30	36	-0.2	0.2
911	78.69250	-0.20	342.42948	775	-2	0.30	55	1.9	0.9

905			283.82021						
102	399.99960	0.27	283.82008	603	3	0.30	69	-1.2	1.1
104	18.39440	0.17	302.21478	629	2	0.30	69	-0.8	0.7
904	80.51820	-0.30	364.33811	187	-1	0.30	42	1.2	1.5
906	378.47640	-0.14	262.29647	563	-1	0.30	64	0.7	0.6

906			360.56889						
102	0.00030	0.03	360.56922	200	0	0.30	41	-0.1	0.1
905	101.72770	-0.13	62.29647	563	-1	0.30	38	1.9	0.7
907	319.58730	0.10	280.15630	117	0	0.30	31	-0.4	0.6

907			389.82157						
101	0.00040	-0.14	389.82183	194	0	0.30	55	0.4	0.6
103	397.12530	-0.09	386.94678	373	-1	0.30	66	0.3	0.4
906	90.33490	-0.17	80.15630	117	0	0.30	32	0.7	1.0
908	324.95850	0.41	314.78048	414	3	0.30	47	-3.0	2.0

908			83.82805						
101	399.99980	-0.03	83.82781	385	0	0.30	50	0.2	0.2
907	30.95250	-0.07	114.78048	414	0	0.30	48	0.5	0.3
909	249.40200	0.10	333.23015	256	0	0.30	26	-1.1	0.6

909			83.82413						
103	0.00010	-0.04	83.82420	567	0	0.30	58	0.2	0.2
908	49.40590	0.11	133.23015	256	0	0.30	42	-0.6	0.6
910	345.60460	-0.08	29.42866	767	-1	0.30	49	1.0	0.4

910			176.83887						
103	399.99980	0.12	176.83879	582	1	0.30	52	-1.0	0.6
909	52.59000	-0.21	229.42866	767	-3	0.30	48	2.8	1.0
911	292.83300	0.09	69.67196	172	0	0.30	31	-0.6	0.6

911			142.43024						
104	49.34120	0.34	191.77178	621	3	0.30	56	-2.6	1.5

C Ausgleichsergebnisse

904	399.99940	-0.16	142.42948	775	-2	0.30	51	1.9	0.8
910	127.24190	-0.18	269.67196	172	0	0.30	34	0.9	1.0

VERBESSERUNG DER HÖHENUNTERSCHIEDE =====

Von Punkt-----	Nach Punkt-----	beobachtet--	Verb--	ausgeglichen-G	Sigma---	RA--	EP---	NV-
		(m)	(mm)	(m)	(mm)	%	(mm)	
101	102	0.01104	-0.10	0.01094	0.13	51	0.1	1.1
	103	0.15707	-1.06	0.15601	0.84	88	0.1	1.3
	104	0.20407	0.18	0.20425	0.85	88	0.0	0.2
	907	1.25306	-2.15	1.25091	0.92	76	0.7	2.7
	908	-17.75624	-0.19	-17.75643	1.81	72	0.1	0.1
102	101	-0.01088	-0.07	-0.01094	0.13	51	0.1	0.7
	103	0.14600	-0.93	0.14507	0.85	88	0.1	1.2
	104	0.19141	1.89	0.19330	0.84	88	-0.3	2.4
	904	-12.12296	-4.78	-12.12775	2.71	89	0.6	1.9
	905	-10.88854	-8.51	-10.89704	2.84	90	0.9	3.2
103	101	1.32380	0.85	1.32466	0.94	76	-0.3	1.0
	101	-0.15567	-0.35	-0.15601	0.84	88	0.0	0.4
	102	-0.14601	0.93	-0.14507	0.85	88	-0.1	1.2
	104	0.04814	0.09	0.04823	0.13	51	-0.1	1.0
	907	1.09334	1.56	1.09490	1.76	92	-0.1	0.9
104	909	-20.21260	4.79	-20.20780	2.67	84	-0.9	2.0
	910	-10.64830	1.16	-10.64714	2.74	81	-0.3	0.5
	101	-0.20151	-2.74	-0.20425	0.85	88	0.4	3.4
	102	-0.19423	0.93	-0.19330	0.84	88	-0.1	1.2
	103	-0.04840	0.17	-0.04823	0.13	51	-0.2	1.9
904	904	-12.32509	4.04	-12.32105	2.57	88	-0.6	1.7
	905	-11.08159	-8.76	-11.09035	2.96	91	0.9	3.1
	911	-11.31407	1.35	-11.31273	2.93	84	-0.3	0.5
	102	12.13019	-2.44	12.12775	2.71	89	0.3	1.0
	104	12.32500	-3.95	12.32105	2.57	88	0.6	1.6
905	905	1.23166	-0.96	1.23070	0.88	56	0.8	1.5
	911	1.00318	5.15	1.00832	3.65	86	-0.8	1.5
	102	10.89900	-1.96	10.89704	2.84	90	0.2	0.7
	104	11.09053	-0.18	11.09035	2.96	91	0.0	0.1
	904	-1.22902	-1.69	-1.23070	0.88	56	1.3	2.6
906	906	12.22428	-2.58	12.22170	2.65	87	0.4	1.0
	102	-1.32539	0.73	-1.32466	0.94	76	-0.2	0.9
	905	-12.22513	3.43	-12.22170	2.65	87	-0.5	1.4
907	907	-0.08632	1.63	-0.08469	0.55	59	-1.1	3.9
	101	-1.24938	-1.53	-1.25091	0.92	76	0.5	1.9
	103	-1.09158	-3.32	-1.09490	1.76	92	0.3	2.0
	906	0.08284	1.85	0.08469	0.55	59	-1.3	4.4
908	908	-19.00753	0.18	-19.00734	1.95	75	-0.1	0.1
	907	19.00761	-0.27	19.00734	1.95	75	0.1	0.2
	909	-2.29963	4.27	-2.29536	1.21	58	-3.1	4.7
909	909	2.29118	4.18	2.29536	1.21	58	-3.0	4.6
	103	20.20628	1.53	20.20780	2.67	84	-0.3	0.6
	910	9.55671	3.96	9.56066	3.61	84	-0.7	1.2

C Ausgleichsergebnisse

910	103	10.63917	7.97	10.64714	2.74	81	-1.8	3.2
	909	-9.55785	-2.81	-9.56066	3.61	84	0.5	0.8
	911	-0.61534	-2.01	-0.61735	0.81	53	1.8	3.4
911	104	11.31513	-2.40	11.31273	2.93	84	0.5	0.9
	904	-1.01413	5.80	-1.00832	3.65	86	-0.9	1.7
	910	0.61911	-1.76	0.61735	0.81	53	1.6	3.0

BAARDA-TEST =====

Maximale normierte Verbesserung: 4.65
 Schwellenwert für Baarda-Test : 3.29 (entspricht Irrtumsw. von 0.1000 %)
 Beobachtungstyp : Höhenunterschied
 Von Punkt - Nach Punkt : 908 - 909
 Möglicher grober Fehler : -0.007 m

Die normierten Verbesserungen von insgesamt 6 Beobachtungen liegen oberhalb der Schranke von 3.29. Dies bedeutet nicht, dass alle diese Beobachtungen grob fehlerhaft sind. Es könnte jedoch sein, dass nicht die oben angegebene Beobachtung mit dem maximalen NV-Wert, sondern eine der folgenden Beobachtungen, grob falsch ist:

Weitere Beobachtungen mit zu großem N.V.-Wert	Möglicher grober Fehler	N.V.-Wert
Höhenunterschied 909 -	908 -0.0072 m,gon	4.56
Höhenunterschied 907 -	906 -0.0031 m,gon	4.39
Höhenunterschied 906 -	907 -0.0028 m,gon	3.87
Höhenunterschied 104 -	101 0.0031 m,gon	3.42
Höhenunterschied 910 -	911 0.0038 m,gon	3.42

STATISTIK IN DEN BEOBSACHTUNGSGRUPPEN =====

(Die Standardabweichung der Gewichtseinheit a-priori wurde mit 0.003000 vorgegeben)

Beobachtungstyp	Gruppe	Anzahl	Red.anteil	[pvv]	Sigma0	Faktor
Horizontalstrecken	0	49	40.677	0.00020612	0.00225107	0.75
Horizontalrichtungen	0	50	25.323	0.00019406	0.00276828	0.92
Höhenunterschiede	0	49	38.000	0.00132695	0.00590930	1.97
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>						
Summe / Gesamt		148	104.000	0.00172714	0.00407518	1.36

D. Danksagung

Abschließend möchte ich die Gelegenheit nutzen und mich bei allen zu bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Zu erst möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Karl Foppe bedanken, der mir mit seiner Erfahrung und seinen Anmerkungen zu meiner Arbeit sehr geholfen hat.

Mein Dank gilt ebenfalls Herrn Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Heger für seinen Einsatz als Zweitprüfer.

Desweiteren möchte ich mich bei Herrn Dr.-Ing. Hans Neuner von der Leibnitz Universität Hannover für die Bereitstellung der Daten und Beantwortung meiner Fragen bedanken.

Schließlich möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mir während des Studium stets den Rücken gestärkt haben.

E. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an eides statt, die vorliegende Bachelorarbeit ohne Hilfe Dritter und nur 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 14.9.2009