Benutzerhandbuch – Xdesy Version 1.2

(c) Dipl. Ing. Fredie Kern
xdesy@gmx.de

15. Mai 2000

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Dies ist eine kurze Beschreibung von Xdesy. Xdesy dient zur Ausgleichung geodätischer Lage– und Höhen–Netze nach der Methode der kleinsten Quadrate [1] . Anhand eines kleinen Beispiels wird in die Arbeitsweise von Xdesy eingeführt. Stichwortartig wird eine Übersicht über die allgemeine Syntax gegeben.

1 Allgemeines

1.1 Features

Xdesy ist in seiner ersten Version leider noch nicht perfekt aber schon sehr brauchbar und vielseitig verwendbar. Die wichtigsten Elemente eines Ausgleichsprogrammes, wie z.B. die freie Ausgleichung, sind vorhanden. Darüber hinaus verfügt Xdesy über ein paar nicht alltägliche Funktionen wie z. B. die L1–Norm–Schätzung, die automatische Nährungswertberechnung und affine Koordinatentransformation. Der Leistungsumfang der Version 1.73a soll kurz dargelegt werden.

- Ausgleichungsmethoden
  - Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen
  - Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen mit Bedingungen zwischen den Unbekannten

[1] Genauer: Minimierung der Summe der Verbesserungsquadrate

- Ausgleichung durch Minimierung der Absolutsumme der Verbesserungen (L1–Norm)
  - freie Ausgleichung mittels Gesamtspurminimierung
  - Varianzkomponentenschätzung

- Beobachtungsgrößen für 1–D–, 2–D– und 3–D–Netze und GPS-Netze
  - Horizontalrichtungen
  - Strecken
  - Höhendifferenzen
  - Zenitwinkel
  - Raumstrecken
  - Abstände von einer Geraden
  - Richtungsdifferenzen
  - Rechtswerte
  - Hochwerte
  - Höhen
  - Koordinatendifferenzen im kartesischen X–,Y–,Z–System
  - kartesische X–,Y–,Z–Koordinaten für 7-Parametertransformation oder Affin-Transformation

- Arten der Unbekannten
  - Gauß–Krüger-Koordinaten (Rechts, Hoch)
  - Höhen
  - Höhenversatz (vorgesehen zur Bestimmung von Undulationen)
  - kartesische Koordinaten (X,Y,Z)
  - Maßstäbe
  - Additionskonstanten
  - Orientierungsunbekannte
  - Parameter einer 7-Parametertransformation
  - Parameter einer 3D-Affin-Transformation

- Berücksichtung einer vollständig besetzten Kovarianzmatrix der Beobachtungen
- automatische Bestimmung von Näherungskoordinaten in kombinierten Richtungs- und Streckennetzen
- Simulation von kombinierten Richtungs- und Streckennetzen
- Grobfehlersuche
  - Data-Snooping
  - L1-Norm-Schätzung
  - $L\infty$-Norm-Schätzung (rudimentär)
  - Varianzkomponentenschätzung

- Ergebnisse
  - ASCII–Datei zur Weiterverarbeitung
  - Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsmaße
    * Standardabweichungen der Unbekannten
    * Korrelationen zwischen Rechts– und Hochwert
    * Verbesserungen und Standardabweichungen der Beobachtungen
    * Fehlerellipsen
    * Redundanzanteile
    * normierte Verbesserungen
    * innere Zuverlässigkeit
    * äussere Zuverlässigkeit

    - * Standardabweichung a posterior der Gewichtseinheit
      * Gruppengewichte
      * Korrelationen zwischen den Transformationsparametern
      * Ausgabe der vollständigen Kovarianzmatrix für die ausgeglichenen Unbekannten
    - Ausgabe aller Matrizen in ASCII–Dateien zur Weiterverarbeitung mit MATLAB

- Plotausgabe im HP–GL–Format
- 14–stelliges Punktkennzeichen
- Verarbeitungskapazität von ca. 250 Unbekannten bei 500 Beobachtungen und 600 KB freien Hauptspeicher

1.2 Systemvoraussetzungen

Die Systemvoraussetzungen für Xdesy sind äußerst spartanisch, sodaß es auch auf Hand–Held-Rechner einsetzbar ist.

- IBM–kompatibler PC ab 80486
- Windows 32 Bit Betriebssystem (ab Windows 3.1)
- optimierte Speicherverwaltung mit Zwischenspeicherung auf Festplatte

Um den Hauptspeicherplatz von Systemen mit numerischen Coprozessor zu schonen, enthält Xdesy keine Emulationsfunktionen für den numerischen Coprozessor. Soll Xdesy auf einem System ohne Coprozessor eingesetzt werden, so ist ein entsprechender Emulator vorab zu installieren[2].

1.3 Copyright und Lieferumfang

Xdesy ist Freeware und darf ohne Einschränkungen von jedem kopiert, weitergegeben und genutzt werden. Die Weitergabe muß kostenlos und vollständig geschehen. Der Status Freeware von Xdesy bedeutet nicht, daß der Autor seine bestehenden Urheberrechte aufgibt. Träger des Copyrights an allen mitgelieferten Dateien und am Namen "Xdesy ". ist:

Fredie Kern
Bertramstraße 69
D-38102 Braunschweig

Für etwaige Schäden, die sich aus der Benutzung der Xdesy–Software ergeben, wird keinerlei Haftung übernommen. Die Benutzung erfolgt auf eigene Gefahr. Das Vorhandensein von Fehlern oder Mängeln, die zu Schäden an Hard– und Software oder zum Verlust von Daten führen, kann nicht ausgeschlossen werden.
Mit der kostenlosen Bereitstellung von Xdesy entbindet sich der Autor von der Verpflichtung einen Support zu unterhalten und zukünftige Weiterentwicklungen auf die Belange der Nutzer abzustellen. Eine Aufwärtskompatibiltät wird nicht gewährleistet wird aber angestrebt.
Die Orignal-Distribution von Xdesy enthält folgende Dateien:

`XDESY.EXE`	äXdesy–Programm
`PLOT.EXE`	Plot-Programm (plottet eine HP-GL-Datei auf den Bildschirm)
`README`	letzte Informationen
`XDESY.PS`	Kurzbeschreibung – äXdesy Version 1.2 (Postscript)
`BAUM*.MKR`	Beispiel-Steuerdateien zu den Ausgleichsproblemen in [1, 2]
`*.MKR`	weitere Beispiele
`*.BGI`	BGI-Driver für `PLOT.EXE`

2 Arbeitsweise

Xdesy ist als Filter konzipiert. Das Programm ist von der Kommando-Ebene (Prompt) aus mit zusätlichen Aufrufparametern zu starten. Der erste Aufrufparameter ist der Dateiname einer Steuerdatei. Als Ergebnis liefert Xdesy eine Fehlerdatei (`XDESY.ERR`) und eine Ergebnisliste, die in eine Datei umgeleitet werden kann.
Grundalgorithmus von Xdesy ist die Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen. Dabei erfolgt eine Schätzung nach dem Prinzip der Minimierung der Verbesserungsquadratsumme. In Matrizenschreibweise lautet der Rechengang wie folgt:

[2]Entsprechende Emulatoren werden als Shareware angeboten

$\mathbf{L}$	Beobachtungsvektor
$\mathbf{L}_0 = \mathbf{f}(\mathbf{X}_0)$	genäherter Beobachtungsvektor
$\mathbf{l} = \mathbf{L} - \mathbf{L}_0$	gekürzte Beobachtungen
$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(\mathbf{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1(\mathbf{x})}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_1(\mathbf{x})}{\partial x_u} \\ \frac{\partial f_2(\mathbf{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2(\mathbf{x})}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_2(\mathbf{x})}{\partial x_u} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n(\mathbf{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n(\mathbf{x})}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_n(\mathbf{x})}{\partial x_u} \end{bmatrix}$	partielle Ableitungen der Beobachtungsgleichungen f_i
$\mathbf{Q}_{LL} = \begin{bmatrix} {\sigma^2}_1 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & {\sigma^2}_2 & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & {\sigma^2}_n \end{bmatrix}$	Kovarianzmatrix der Beobachtungen
$\mathbf{P} = \mathbf{Q}_{LL}^{-1}$	Gewichtsmatrix
$\mathbf{n} = \mathbf{A}^T\ \mathbf{P}\ \mathbf{l}$	Absolutglied
$\mathbf{N} = \mathbf{A}^T\ \mathbf{P}\ \mathbf{A}$	Normalgleichungsmatrix
$\mathbf{Q}_{\hat{x}\hat{x}} = \mathbf{N}^{-1}$	Kovarianzmatrix der Unbekannten
$\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{Q}_{\hat{x}\hat{x}}\ \mathbf{n}$	Vektor der geschätzen Unbekannten (gekürzt)
$\mathbf{v} = \mathbf{A}\ \hat{\mathbf{x}} - \mathbf{l}$	Verbesserungsvektor
$\mathbf{s}_0^2 = \frac{\mathbf{v}^T\ \mathbf{P}\ \mathbf{v}}{n-u}$	empirische Varianz der Gewichtseinheit
$\hat{\mathbf{X}} = \mathbf{X}_0 + \hat{\mathbf{x}}$	ausgelichene Unbekannten
$\hat{\mathbf{L}} = \mathbf{L}_0 + \mathbf{l} + \mathbf{v}$	ausgeglichene Beobachtungen
$\mathbf{Q}_{\hat{L}\hat{L}} = \mathbf{A}\ \mathbf{Q}_{\hat{x}\hat{x}}\ \mathbf{A}^T$	Kovarianzmatrix der ausgeglichenen Beobachtungen

3 Die Steuerdatei

3.1 Kleines Beispiel

Xdesy erwartet beim Aufruf die Angabe einer Steuerdatei, in der das Ausgleichsproblem in allen Einzelheiten deklariert ist. Die Angaben zu den Unbekannten, den Beobachtungen und zum stochastischen Modell müssen zeilenweise in einer festgelegten Form in dieser Steuerdatei eingegeben sein. Zur Einführung in die Syntax der Steuerdatei soll folgende Beispieldatei dienen, die zur besseren Kommentierung mit Zeilennummern[3] versehen ist.

```
100 ; Kahmen, H. Vermessungskunde II, Sammlung Goeschen, 14. Aufl.;:
110 ;       W. de Gruyter, Berlin, New York 1986, S.212-215
120 ;
130 ; Kapitel 5.4.6 Mehrfaches Rueckwaertseinschneiden durch Ausgleichung:
140 ;
141 s H 0.001 0.0
142 ;
150 P  1  0 6531.28  48177.62
160 P  2  0 7185.19  49600.15
170 P  3  0 5670.69  49830.93
180 P  4  0 5077.24  47863.91
190 P  N -3 6059.0   48565.2
200
210 S N -1 0.0
220 M 1 H 356.2465
230 M 2 H  47.3114
240 M 3 H 118.9497
250 M 4 H 239.4920
```

Xdesy interpretiert die Steuerdatei zeilenweise. Das erste Zeichen einer Zeile entscheidet über die Bedeutung der Zeile. Ist dieses Steuerzeichen für Xdesy unbekannt, so wird die gesamte Zeile ignoriert und als Kommentarzeile behandelt. So sind im vorliegenden Beispiel die Zeilen `100-140` und die Zeile `200` Kommentarzeilen und ohne jede Wirkung.
Wie die Kommentierung in unserer Beispieldatei erläutert, beschreibt sie das Problem eines überbestimmten Rückwärtsschnittes. Die Koordinaten der Festpunkte und die Näherungskoordinaten des Neupunktes sind durch `P`-Sätze definiert. Innerhalb einer Steuerzeile werden in Abhängigkeit vom Steuerzeichen mehrere Parameter von Xdesy erwartet. Bei einem `P`-Satz, mit dem Punkte mit Gauß–Krüger–Koordinaten definiert werden, sind dies das Punktkennzeichen, eine Kennung, der Hoch– und der Rechtswert[4]. Das Punktkennzeichnen ist der eindeutige Name des Punktes. Anhand der

[3] nicht Bestandteil der Datei
[4] Richtig!!! erst Hoch dann Rechts

Kennung entscheidet Xdesy, ob die Koordinatenwerte Unbekannte im Sinne des Ausgleichsproblems sind oder nicht. Hat die Kennung den Wert `0` so sind Rechts- und Hochwert bekannt; der Punkt ist also ein Festpunkt (Punkte `1, 2` und `3` in Zeile `150-180`). Ist ein Punkt Neupunkt, so lautet die Kennung `-3` als Summe aus `-1` für den Hochwert und `-2` für den Rechtswert (Punkt `N` in Zeile `160`).
Für die Festlegung der Unbekannten gibt es eine weitere bequemere Möglichkeit. Für die Kennung des Punktes `N` kann auch `11` geschrieben werden. Die erste eins macht den Hochwert zur Unbekannte. die zweite den Rechtswert. Soll nur der Rechtswert unbekannt sein, so lautet die Kennung `01`. Die Schreibweise der Kennung als Folge von Nullen und Einsen sollte bevorzugt werden.
Die Beobachtungen werden mittels Standpunkt- und Meßwertsätzen eingegeben. Ein Standpunktsatz beginnt mit dem Steuerzeichen `S`. Danach folgen das Punktkennzeichen des Standpunktes, eine Kennung und gegebenfalls der Wert der Orientierungsunbekannten. Das Punktkennzeichen des Standpunktes muß mit dem des dazugehörenden `P`-Satz übereinstimmen. Die Kennung mit dem Wert `-1` besagt, daß die Orientierung der nachfolgende Richtungsbeobachtungen unbekannt ist. Es wird also eine Orientierungsunbekannte für diesen Standpunkt in das Ausgleichsmodell aufgenommen. Wird für die Kennung `0` eingegeben, so werden alle Richtungen mit dem Wert, der nach der Kennung steht, orientiert. Auf diese Art können auch gemessene Richtungswinkel (Azimute) als Beobachtungsgrößen eingegeben werden. In der Regel lautet die Kennung bei Richtungsbeobachtungen `-1` und es reicht aus, als Näherungswertes für die Orientierungsunbekannte`0.0` einzugeben. Alle einem `S`-Satz folgenden `M`-Sätze werden diesem Standpunkt zugeordnet.
Die `M`-Sätze enthalten die Beobachtungsgrößen, wie Richtungen und Strecken. Nach dem Steuerzeichen `M` wird das Punktkennzeichen des Zielpunktes, der Meßwerttyp und der Meßwert selbst erwartet. Das Punktkennzeichen bezeichnet den Zielpunkt und muß einem der `P`-Sätze entsprechen. Das nachfolgende `H` gibt den Meßwerttyp Horizontalrichtung an. Danach folgt der gemessene Wert in der Einheit Gon.
Die Zeilen `210-250` legen also folgende Horizontalrichtungen r_i^j in Abhängigkeit von den Koordinaten x_j und y_j der Punkte 1, 2, 3, 4 und N fest:

$$
\begin{aligned}
r_N^1 &= \arctan(\frac{y_N - y_1}{x_N - x_1}) + o_N \\
r_N^2 &= \arctan(\frac{y_N - y_2}{x_N - x_2}) + o_N \\
r_N^3 &= \arctan(\frac{y_N - y_3}{x_N - x_3}) + o_N \\
r_N^4 &= \arctan(\frac{y_N - y_4}{x_N - x_4}) + o_N
\end{aligned}
$$

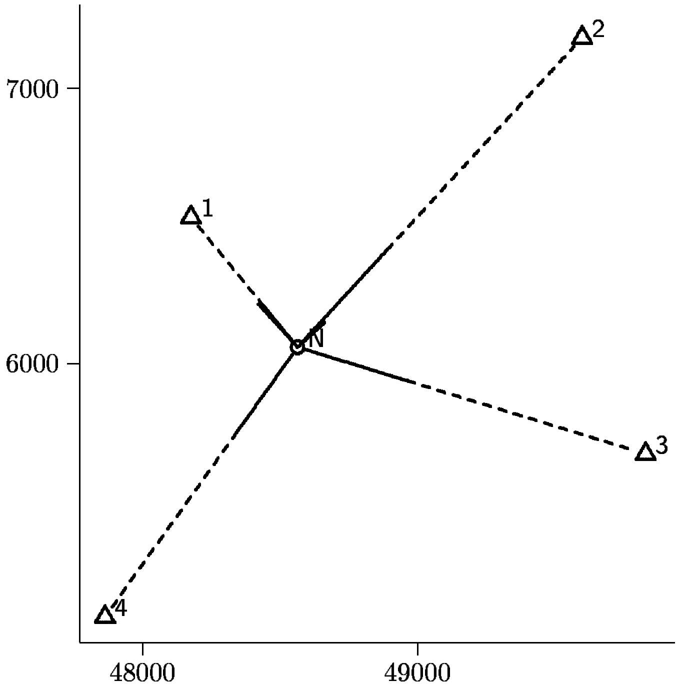
Als Unbekannte enthält das kleine Beispiel die Koordinaten des Punktes N (x_N, y_N) und die Orientierungsunbekannte o_N.
Die Ausgleichung erfolgt nun mit dem Aufruf von Xdesy. Dazu ist als erster Aufrufparameter der Name der Steuerdatei anzugeben und dann die Option `-a` für Ausgleichung. Wenn die Beispieldatei den Namen `goeschen.mkr` hat, also:

```
>xdesy goeschen.mkr -a.
```

Durch den Aufruf

```
>xdesy goeschen.mkr -a -pplot.hp > ergebnis.dat
```

wird das Ergebnisprotokoll nicht auf den Bildschirm sondern in die Datei `ergebnis.dat` geschrieben und die Plotdatei `plot.hp` im HP-GL-Format erzeugt. Die Plotdatei kann mit dem beiliegendem Programm `PLOT.EXE` am Bildschirm betrachtet werden und sieht etwa so aus:



Die Ergebnisdatei `ergebnis.dat` sieht so aus:

```
; Xdesy (c) F.Kern   XDESY.EXE goesch.mkr -a -ogoesch.out
;   3 Unbekannte,   4 Beobachtungen,   1 Freiheitsgrade
;                    [m]           [m]     [mm]   [mm]       [mm]       [mm]   [mm]
;Punktnummer        Hoch/X       Rechts/Y   sx     sy    k  EPmax  Nr.  dX     dY
             1    6531.2800   48177.6200
             2    7185.1900   49600.1500
             3    5670.6900   49830.9300
             4    5077.2400   47863.9100
             N    6058.9721   48565.2746   9.6    9.3  0  65.4   3  -27.9   74.6
;                 [gon]/[m]          [mgon]/[mm]
;                       Wert         v            s      Red    nv    Nabla L
;Standpunkt            N  399.99995   0.4
                1      H       356.24650     0.2      0.8   6.6    1.0    10.6
                2      H        47.31140    -0.5      0.6  47.0    1.0     3.0
                3      H       118.94970     0.5      0.6  41.6    1.0     3.4
                4      H       239.49200    -0.2      0.8   4.7    1.0    12.7
;                                [mgon/mm]
;Gruppe Anz. Gewicht       s(a prior.)  s(a post.)       T-F   F-Quantil
;s0       4      126765.4       1.0000       0.7889      1.61   254.30   =    1
;H        4     1606946.2          1.0          0.8      1.61     5.63   =    1.00
```

Im Ergebnisprotokoll beginnen erläuternde Zeilen mit einem ;. Zuerst werden die Punktkoordinaten ausgegeben. Für unbekannte Koordinatenwerte erscheinen nach Hoch- und Rechtswert die Standardabweichungen für Hoch- und Rechtswert in der Einheit mm. Danach wird der Korrelationskoeffizient zwischen Hoch- und Rechtswert in Prozent ausgegeben. Für die Beobachtungen wird nach dem originären Beobachtungswert, die Verbesserung und die Standardabweichung in der Einheit mm ausgegeben. Nachfolgend erscheinen der Redundanzanteil in Prozent und die einheitslose mormierte Verbesserung. Wird nach der normierten Verbesserung ein Größer-als-Zeichen (>) ausgegeben, so überschreitet die normierte Verbesserung den Grenzwert für das Data-Snooping. Den Abschluß des Protokolls bildet die Tabelle der Gruppengewichte angeführt von der geschätzten Standardabweichung der Gewichtseinheit. Für jede Genauigkeitsgruppe wird ihre Bezeichnung, der Gewichtsanteil, die Standardabweichung a priori und a posterior, die Testgröße, das Quantil der F-Verteilung und das Ergebnis des Testes auf Gleichheit von a priori- und a posterior-Varianz ausgegeben.

3.2 Allgemeine Syntax

Um mit Xdesy ein Ausgleichsproblem zu verarbeiten, ist eine Steuerdatei zu erstellen, die beim Aufruf von Xdesy als Programmparameter anzugeben ist. Die Steuerdatei ist eine ASCII-Datei, in denen alle relevanten Daten eines

Ausgleichsmodell zusammengefaßt sind. Ihre Syntax ist zeilenweise aufgebaut, wobei den ersten Zeichen jeder Zeile eine besondere Bedeutung zu kommt. Diese Steuerzeichen kennzeichnen jede Zeile hinsichtlich ihrer Bedeutung und den in der Zeile enthaltenen Informationen. Die Information erscheinen nach dem Steuerzeichen jeweils getrennt durch ein oder mehrere Leerzeichen (␣) als Parameter. Die allgemeine Syntax einer Zeile lautet:

Steuerzeichen␣Parameter1[␣Parameter2]... [␣ParameterN]

Als *Steuerzeichen* sind folgende Werte möglich:

Steuerzeichen	Bedeutung
`P`	Gauß–Krüger–Koordinaten
`H`	Höhenkoordinaten
`K`	X–,Y–,Z–Koordinaten
`p`	sonstige Parameter
`T`	Transformationsparameter
`A`	Transformationsparameter (Affintransformation)
`S`	Standpunktsatz
`M`	Meßwertsatz
`s`	Standardabweichung a priori
`B`	Bedingungen
`q`	Kovarianzen einer Beobachtung

3.2.1 `P`–Satz: Gauß–Krüger–Koordinaten

Zur Definition der beteiligten Gauß–Krüger–Koordinaten dient der `P`-Satz. Der allgemeine Aufbau lautet:

`P` *Punktkennzeichen Kennung Hochwert Rechtswert*

Jeder Punkt wird durch das *Punktkennzeichen* innerhalb einer Steuerdatei eindeutig definert. Das *Punktkennzeichen* darf aus max. 14 beliebigen Zeichen bestehen. Nur das Leerzeichen ist nicht erlaubt, da dieses die einzelnen Parameter innerhalb einer Zeile voneinander trennt. Alle `P`-Sätze müssen verschiedene Punktkennzeichen haben[5]. Durch das Punktkennzeichen werden die Beziehungen der einzelnen Sätze hergestellt, sodaß auf eine korrekte Schreibweise zu achten ist[6].
Nach dem *Punktkennzeichen* ist die *Kennung* anzugeben, anhand der entschieden wird, ob der Hoch– und/oder der Rechtswert als Unbekannte in das Ausgleichsmodell aufgenommen werden sollen. Für die *Kennung* sind folgende Werte möglich:

Kennung	unbekannt ist/sind	Bemerkung
0 oder 00		Normalfall für Festpunkt
-1 oder 10	Hochwert	
-2 oder 01	Rechtswert	
-3 oder 11	Hoch– und Rechtswert	Normalfall für Neupunkt

Der Kennung folgt zuerst der Hoch– und dann der Rechtswert in der Einheit Meter. Sind die Werte unbekannt so steht an entsprechender Stelle ein Näherungswert.
Beispiele:

```
P AP/3096   00   5624664.0500 2504424.5800
P NP.5      11   5624403.2650 2504349.2670
P Alfred_x  01      1000.0          0.0
P Anton_y   10         0.0       1000.0
```

3.2.2 `H`–Satz: Höhenkoordinate

Passend zu den Gauß–Krüger–Koordinaten können Höhen durch entsprechende `H`-Sätze definiert werden. Für Nivellementsnetze sind durch die `H`-Sätze die Fest– und Neupunkthöhen anzugegeben. Ihre Syntax lautet:

`H` *Punktkennzeichen Kennung Höhe [Höhenversatz]*

Jede Höhe wird durch das *Punktkennzeichen* eindeutig bezeichnet. Für die Bildung des Punktkennzeichens gilt das oben Gesagte. Die *Kennung* dient auch hier der Unterscheidung zwischen unbekannten und bekannten Höhen. Es sind folgende Werte erlaubt:

[5] im Gegensatz zu den `S` - und `M`-Sätzen
[6] Es wird zwischen Groß– und Kleinschreibung unterschieden.

Kennung	unbekannt ist/sind	Bemerkung
0 oder 00		Festpunkthöhe
-1 oder 10	Höhe	Neupunthöhe
-2 oder 01	Höhenversatz	
-3 oder 11	Höhe und Höhenversatz	

Beispiele:

```
H AP/3096  00  105.2711
H NP.5     -1   99.2301
```

3.2.3 K–Satz: X–,Y–,Z–Koordinaten

Die Deklaration von kartesischen, räumlichen X–,Y–,Z–Koordinaten, wie sie bei GPS-Netzen vorkommen, ist mit Hilfe der K-Sätze möglich. Ein K-Satz ist wie folgt einzugegeben:

K *Punktkennzeichen Kennung X–Wert Y–Wert Z–Wert*

Für *Punktkennzeichnen* gilt das bereits Gesagte. Auch *Kennung* hat hier die gleiche Funktion wie bei den vorherigen Satzarten. Für K-Sätze sind folgende Kennungen möglich:

Kennung	unbekannt ist/sind	Bemerkung
0 oder 000		Normalfall für Festpunkt
-1 oder 100	X–Wert	
-2 oder 010	Y–Wert	
-3 oder 110	X– und Y–Wert	
-4 oder 001	Z–Wert	
-5 oder 101	X– und Z–Wert	
-6 oder 011	Y– und Z–Wert	
-7 oder 111	X–, Y– und Z–Wert	Normalfall für Neupunkt

Die K-Sätze stehen in keinem Zusammenhang zu den den Gauß–Krüger–Koordinaten und den Nivellementshöhen. Kartesische X—,Y–,Z–Koordinaten werden bei GPS-Netze verwendet, bei den beobachtete Koordinaten oder Koordinatenunterschiede ausgelichen werden. Weiterhin werden sie für die Definition der Koordinatenwerte im Zielsystem bei der 7-Parameter- und Affintransformation gebraucht.
Beispiele:

```
K  Festpunkt/F1  000  4213857.480 1025292.070 4664733.470
K  Neupunkt/N1   111  4214436.777 1025493.730 4663835.190
```

3.2.4 p–Satz: sonstiger Parameter

Als sonstige Parameter können bislang nur Maßstäbe und Additionskonstanten für Streckenmessungen (Horizontal- und Schrägstrecken) in das Ausgleichsmodell eingeführt werden. Dazu sind Zeilen in folgender Form einzugeben:

p *Kennzeichen Kennung Maßstab Addistionskonstante*

Das *Kennzeichen* dient der Unterscheidung zwischen verschiedenen Parametersätzen und unterliegt den gleichen Bildungsregeln wie für Punktkennzeichen. Die *Kennung* kann folgende Werte annehmen:

Kennung	unbekannt ist/sind	Bemerkung
0 oder 00		
-1 oder 10	Maßstab	
-2 oder 01	Additionskonstante	
-3 oder 11	Maßstab und Additionskonstante	

Die Verknüpfung der Maßstäbe und Additionskonstanten mit den Streckenbeobachtungen erfolgt durch Angabe des Kennzeichens innerhalb des betreffenden Meßwertsatzes; Näheres dazu im Folgenden.
Beispiele:

```
p  MASZSTAB_1  0  1.000023 0.035
p  MASZSTAB_1 -1  1.0      0.0
p  k          -2  1.0      0.0
```

3.2.5 `T`–Satz: Transformationsparameter

Mit einem `T`–Satz werden die Parameter einer 7-Parametertransformation festgelegt. Der Aufbau eines eines `T`–Satzes ist:

`T` *Kennzeichen Kennung X-Offset Y-Offset Z-Offset X-Drehung Y-Drehung Z-Drehung Maßstab*

Das *Kennzeichen* dient der Unterscheidung zwischen verschiedenen Transformationssätzen und unterliegt den gleichen Bildungsregeln wie für Punktkennzeichen. Die Verschiebungen des Ursprungs entlang der Koordinatenachsen werden durch die Werte für *X-Offset*, *Y-Offset* und *Z-Offset* festgelegt. Drehungen werden durch *X-Drehung*, *Y-Drehung* und *Z-Drehung* beschrieben. Der Maßstab ergibt sich aus *Maßstab*. Die Rotationswinkel sind in Gon und der Maßstab als Verhältniszahl (Multiplikator) einzugeben.

Kennung	unbekannt ist/sind	Bemerkung
0000000		
1000000	X–Offset	
0100000	Y–Offset	
0010000	Z–Offset	
0001000	X–Drehung	
0000100	Y–Drehung	
0000010	Z–Drehung	
0000001	Maßstab	
1100010	X– und Y–Offset, Z–Drehung	ebene 3-Parameter-Transformation
1100011	X– und Y–Offset, Z–Drehung und Maßstab	ebene 3-Parameter-Transformation mit Maßstab
1111111	X–, Y– und Z–Offset und X–, Y– und Z–Drehung und Maßstab	räumliche 7-Parameter-Transformation

Sollen die Parameter für Koordinatensysteme bestimmt werden die stark zueinander verdreht sind oder einen großen Maßstabsunterschieds haben, so ist es erfordlich gute Nährungswerte für die Drehwinkel und den Maßstab einzugeben.

3.2.6 `A`–Satz: Transformationsparameter für Affintransformation

Mit einem `T`–Satz werden die Parameter einer Affintransformation analog zum `T`–Satz festgelegt. Der Aufbau eines eines `A`–Satzes ist lang und kostet Konzentration:

`A` *Kennzeichen Kennung X-O Y-O Z-O alpha-y alpha-z beta-x beta-z gamma-x gamma-y m-x m-y m-z*

Das *Kennzeichen* dient der Unterscheidung zwischen verschiedenen Transformationssätzen und unterliegt den gleichen Bildungsregeln wie für Punktkennzeichen. Die Verschiebungen des Ursprungs entlang der Koordinatenachsen werden durch die Werte für *X-O*, *Y-O* und *Z-O* festgelegt. Die Verdrehungen der Koordinatenachse werden durch die Winkel **`alpha`**, **`beta`** und **`gamma`** beschrieben. Da bei einer Affintransformation die Achsen geschert werden ist jeder Winkel doppelt vorhanden. Die Drehung und Scherung bezüglich der X–Achse erfolgt durch den Winkel **`alpha-y`** und **`alpha-z`**. **`alpha-y`** verdreht dabei die Y–Achse und **`alpha-z`** die Z–Achse. **`beta`** steht für die Rotation um die Y-Achse (gedreht werden X– und Z–Achse) und **`gamma`** für die Rotation um die Z-Achse. Die Maßstäbe längs der Koordinatenachsen tragen den Namen **`m-x`**, **`m-y`** und **`m-z`**. Die Einheit für die Rotationswinkel ist Gon.

Kennung	unbekannt ist/sind	Bemerkung
000000000000		
100000000000	X–Offset (x_0)	
010000000000	Y–Offset (y_0)	
001000000000	Z–Offset (z_0)	
000100000000	Drehung der Y–Achse um die X–Achse (α_y)	
000010000000	Drehung der Z–Achse um die X–Achse (α_z)	
000001000000	Drehung der X–Achse um die Y–Achse (β_x)	
000000100000	Drehung der Z–Achse um die Y–Achse (β_z)	
000000010000	Drehung der X–Achse um die Z–Achse (γ_x)	
000000001000	Drehung der Y–Achse um die Z–Achse (γ_y)	
000000000100	Maßstab in X–Richtung (m_x)	
000000000010	Maßstab in Y–Richtung (m_y)	
000000000001	Maßstab in Z–Richtung (m_z)	
110000011110	(x_0,y_0,γ_x,γ_y,m_x,m_y)	2D-Affintransformation

Mithilfe zusätzlicher Bedingungsgleichungen können auch die Transformationsfälle modelliert werden, die über `T`–Sätze definierbar sind. Näheres dazu steht bei der Beschreibung für `B`–Sätze.
Die `A`–Sätze stehen mit den `K`–Sätzen und den Meßwerttypen `X, Y, Z` und `X',Y',Z'` im Zusammenhang. Beispiele:

```
A  trans1  111111111111  0.0 0.0 0.0  0.0 0.0  0.0 0.0  0.0 0.0  1.0 1.0 1.0
A  trans2  110000011110  0.0 0.0 0.0  0.0 0.0  0.0 0.0  0.0 0.0  1.0 1.0 1.0
```

3.2.7 `S`–Satz: Standpunkt

In geodätischen Netzen treten überwiegend relative Beobachtungen auf. Die Meßwerte werden von einem Punkt aus, dem Standpunkt, zu einem anderen, dem Zielpunkt beobachtet. Die Einführung eines Standpunktsatzes spiegelt diese Gegebenheit wider und ermöglicht so eine knappe und übersichtliche Beschreibung des Beobachtungsmaterials in der Steuerdatei. Weiterhin dient er der Deklaration der Orientierungsunbekannten je Richtungssatz. Ein `S`-Satz ist nach folgender Regel einzugeben:

`p` *Punktkennzeichen Kennung Orientierungsunbekannte*

Das *Punktkennzeichnen* benennt den Standpunkt, von dem aus die folgenden Beobachtungen vorgenommen wurden. Alle nach einem Standpunktsatz folgenden `M`-Sätze werden diesem zugeordnet. Es ist möglich mehrere Standpunkte mit gleichem Punktkennzeichen anzugeben[7].
Die *Kennung* dient zur Definition der Orientierungsunbekannten des Richtungssatzes dieses Standpunktes.

Kennung	unbekannt ist	Bemerkung
`0`		Normalfall für Strecken
`-1` oder `1`	Orientierungsunbekannte	Normalfall für Richtungen

Beispiele:

```
S  9000-1  0  0.0
S  9000-2  1  0.0
```

3.2.8 `M`–Satz: Meßwert

Die `M`-Sätze bilden das Herz der Steuerdatei. Sie verknüpfen alle Daten miteinander und repräsentieren alle Beobachtungen im Ausgleichsmodell. Die Synatx eines `M`-Satzes lautet:

`M` *Punktkennzeichen Meßwerttyp[(Gruppe)] Wert [Standardabweichung]*

Das *Punktkennzeichen* benennt den Zielpunkt zu dem die Messung erfolgte. Je nach dem Wert für *Meßwerttyp* wird so die Beziehung zwischen den `P-`,`H-`,`K-` oder `p`–Sätzen hergestellt. Die realisierten Beobachtungstypen und ihr zugrunde liegenden Beobachtungsgleichungen sind aus folgender Tabelle zu entnehmen.

[7]Im Gegensatz zu den Sätzen der Unbekannten (`P-`,`H-`,`K-`,`p-`,`T`-Sätze).

Meßwerttyp	Bedeutung	Beobachtungsgleichung Standpunkt i, Zielpunkt j
`R`	Horizontalrichtung r_i^j	$r_i^j = \arctan(\frac{y_j - y_i}{x_j - x_j}) + o_j$
`S`	Strecke s_i^j	$s_i^j = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$
`S.`*Maßstab*	Strecke sm_i^j mit Maßstab m_k und Additionskonstante a_k	$sm_i^j = m_k \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} + a_k$
`h`	Höhenunterschied h_i^j	$h_i^j = H_j - H_i$
`D`	Raumstrecke d_i^j	$d_i^j = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (H_j - H_i)^2}$
`D.`*Maßstab*	Raumstrecke dm_i^j mit Maßstab m_k und Additionskonstante a_k	$dm_i^j = m_k \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (H_j - H_i)^2} + a_k$
`V`	Zenitwinkel z_i^j	$z_i^j = \arctan(\frac{\sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}}{H_j - H_i})$
`dX`	X-Koordinatenunterschied ΔX	$\Delta X = X_j - X_i$
`dY`	Y-Koordinatenunterschied ΔY	$\Delta Y = Y_j - Y_i$
`dZ`	Z-Koordinatenunterschied ΔZ	$\Delta Z = Z_j - Z_i$

Nach *Meßwerttyp* wird der Wert der Beobachtung erwartet. Die Einheit für Richtungs– und Zenitwinkel–Beobachtungen ist Gon und für Strecken, Distanzen und Koordinatenunterschiede Meter.
Jeder Beobachtung kann durch den nachfolgenden Parameter eine individuelle Standardabweichung a priori zugewiesen werden, die Vorrang hat vor der durch einen `s`-Satz definierten pauschalierten Standardabweichung. Die Einheiten für *Standardabweichung* sind Gon bzw. Meter.
Beispiele:

```
s H 0.003
s S 0.01  0.005
...
P   3206 00  5624580.5500 2504516.5400
P   3207 00  5624465.8400 2504435.1200
P   7200 00  5624666.2800 2504635.7300
P      1 11        0.0           0.0
...
H   3096  0 218.745
H   3099  0 221.864
H   7200  0 213.759
...
p Masstab 10 1.0 0.0
...
S      1  0     0.00000
M   7200  S.Masstab  95.5020
...
S      1  1     0.00000
M   3096  H       0.0000
M   7200  H     233.3400  0.001
M   3206  H     330.4810
...
S         1  0 0.0
M   3096  h  9.1000
M   7200  h  4.1130
```

Xdesy kennt neben relativen Beobachtungen auch absolute. Diese benötigen keine *S*–Sätze. Absolute Meßwerte werden in Zeilen mit speziellen Steuerzeichen eingegeben. Der allgemeine Aufbau solcher Sätze ist:

Typ Wert Punktkennzeichen1 [Punktkennzeichen2] ... [PunktkennzeichenN] [Std.abw.]

Typ ist das Steuerzeichen der Zeile und gibt den absoluten Meßwerttyp an. Je nach *Typ* hat das Feld *Wert* eine andere Bedeutung und es sind N–viele *Punktkennzeichen* anzugeben:

Typ	*Wert*	*Pkt.kennz.*	Bedeutung	Beobachtungsgleichung
`Ho`	Hochwert	P_i	gemessener Hochwert x_i	$x_i = x_i$
`Re`	Rechtswert	P_i	gemessener Rechtswert y_i	$y_i = y_i$
`Hoe`	Höhe	P_i	gemessene Höhe H_i	$H_i = H_i$
`Lot`	Abstand	P_i, P_A, P_E	Abstand b des Punktes P_i von der Geraden P_A, P_E	$b = \frac{(y_i-y_A)(x_E-x_A)-(x_i-x_A)(y_E-y_A)}{\sqrt{(x_E-x_A)^2+(y_E-y_A)^2}}$
`dT`	Differenz	P_1, P_2, P_3, P_4	Differenz w zweier Richtungen	$w = \arctan(\frac{y_4-y_3}{x_4-x_3}) - \arctan(\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1})$
`X`	X–Wert	P_i	gemessene X–Koordinate (Zielsystem)	$X_i = X_i$
`Y`	Y–Wert	P_i	gemessene Y–Koordinate (Zielsystem)	$Y_i = Y_i$
`Z`	Z–Wert	P_i	gemessene Z–Koordinate (Zielsystem)	$Z_i = Z_i$
`X'`	X–Wert	$P_i, Transf._k$	gemessene X–Koordinate (Quellsystem)	$X_i' = X_{k0} + m_k \ \mathbf{R}_{k1} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix}$
`Y'`	Y–Wert	$P_i, Transf._k$	gemessene Y–Koordinate (Quellsystem)	$Y_i' = Y_{k0} + m_k \ \mathbf{R}_{k2} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix}$
`Z'`	Z–Wert	$P_i, Transf._k$	gemessene Z–Koordinate (Quellsystem)	$Z_i' = Z_{k0} + m_k \ \mathbf{R}_{k3} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix}$

3.2.9 s–Satz: Standardabweichung

Zur Defintion des stochastischen Modells dienen die `s`-Sätze. Sie legen die Standardabweichungen a priori für jeden Meßwerttyp pauschal fest. Durch Angabe einer individuellen Standardabweichung in den `M`-Sätzen können die pauschalen überschrieben werden. Für einen `s`-Satz gilt:

`s` *Meßwerttyp[(Gruppe)] Wert1 Wert2*

Die für *Meßwerttyp* möglichen Typen entsprechen den der `M`-Sätze und der absoluten Meßwerttypen (`Ho, Re, Hoe, Lot, dT, X, Y, Z, X', Y', Z'`). Je nach Meßwerttyp haben die Angaben zu *Wert1* und *Wert2* unterschiedliche Bedeutung, die der folgenden Tabelle zu entnehmen ist.

Meßwerttyp	*Wert1*	*Wert2*	Standardabweichung
R	σ_{r0}	σ_{rs}	$\sigma_r = \sqrt{\sigma_{r0}{}^2 + (\sigma_{rs}/s)^2}$
S	σ_{s0}	$\sigma_{s(km)}$	$\sigma_s = \sigma_{s0} + \frac{s}{1\ km}\sigma_{s(km)}$
h	σ_{h0}	$\sigma_{h(km)}$	$\sigma_h = \sigma_{h0} + \sqrt{\frac{s}{1\ km}\sigma_{h(km)}}$
D	σ_{d0}	$\sigma_{d(km)}$	$\sigma_d = \sigma_{d0} + \frac{d}{1\ km}\sigma_{d(km)}$
V	σ_v		σ_v
Ho	σ_x		σ_x
Re	σ_y		σ_y
Hoe	σ_H		σ_H
Lot	σ_b		σ_b
dT	σ_w		σ_w
dX	$\sigma_{\Delta X}$		$\sigma_{\Delta X}$
dY	$\sigma_{\Delta Y}$		$\sigma_{\Delta Y}$
dZ	$\sigma_{\Delta Z}$		$\sigma_{\Delta Z}$
X	σ_X		σ_X
Y	σ_Y		σ_Y
Z	σ_Z		σ_Z
X'	$\sigma_{X'}$		$\sigma_{X'}$
Y'	$\sigma_{Y'}$		$\sigma_{Y'}$
Z'	$\sigma_{Z'}$		$\sigma_{Z'}$

einfaches Beispiele:

```
s S  0.005  0.0005
s h  0.001  0.001
```

Mit der optionalen Angabe von (*Gruppe*) können Meßwerte gleichen Typs zu Gruppen mit gleicher a-priori-Standardabwichung zusammengefaßt werden. Als Meßwerttyp ist in den M–Sätzen (ebenso bei den absoluten Meßwerten) dieser ebenfalls um (*Gruppe*) zu erweitern.
Beispiel für zwei unterschiedliche Gruppen von Strecken:

```
s S(1)  0.005  0.0005
s S(2)  0.010  0.0000
;
P 1001  0  1010.0  1010.0
P 1002  0 -1020.0 -1020.0
P 1003  0  1030.0 -1030.0
P 9000 -3     0.0     0.0
;
p m -1.0 1.0  0.0
;
```

```
S 9000 0 0.0
M 1001 S(1)   1428.36
M 1002 S(1)   1442.50
M 1003 S(1)   1456.64
M 1001 S(2).m 1428.3
M 1002 S(2).m 1442.5
M 1003 S(2).m 1456.6
```

3.2.10 B–Satz: Bedingungen

Unter Xdesy können die Unbekannten mit zusätzlichen Restriktionen belegt werden. Zur Deklaration solcher Bedingungen dienen B-Sätze. Ihre Syntax lautet:

B *Typ Wert Punktkennzeichen1 [Punktkennzeichen2] ... [PunktkennzeichenN]*

Die möglichen Typen von Bedingungen und ihre Bedeutung lassen sich am besten in einer Tabelle darstellen.

Typ	Bedeutung	Pkt.kennz. 1...N	Bedingungsgleichung
X	Hochwert des Punktes x	P_1	$x_1 - y = 0$
Y	Rechtswert des Punktes y	P_1	$y_1 - y = 0$
E	Entfernung s zwischen zwei Punkten	P_1, P_2	$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} - s = 0$
A	Abstand h eines Punktes P von einer Geraden P_A, P_E	P, P_A, P_E	$\frac{(y-y_A)(x_E-x_A)-(x-x_A)(y_E-y_A)}{\sqrt{(x_E-x_A)^2+(y_E-y_A)^2}} - h = 0$
W	Winkel w als Differenz zweier Richtungen	P_1, P_2, P_3, P_4	$\arctan(\frac{y_4-y_3}{x_4-x_3}) - \arctan(\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}) - w = 0$

Beispiele:

```
;  33-01510 liegt in der Geraden 33-01502/33-01504
;           und hat 4.0 m Abstand von der Geraden 33-01504/33-01513
;
B A  0.000 33-01510 33-01502 33-01504
B A  4.000 33-01510 33-01504 33-01513
;
; Der Winkel in 33-01516 zu 33-01515 und 33-01517 ist 100 gon
;
B W 100.0 33-01516 33-01515 33-01516 33-01517
```

Für die Rückführung der Affintransformation auf herkömmliche Transformationsarten können spezielle Bedingungen gesetzt werden.

Typ	Bedeutung	1. Parameter	2. Parameter	3. Parameter
w	Gleichsetzen zweier Rotationswinkel	Name der Affintransformation	ϵ_1	ϵ_2
m	Gleichsetzen zweier Maßstäbe	Name der Affintransformation	λ_1	λ_2

Wobei ϵ_i nur die Werte `alpha_y`, `alpha_z`, `beta_x`, `beta_z`, `gamma_x` und `gamma_y` annehmen kann. Für λ_i sind erlaubt: `m_x`, `m_y` undf `m_z`.
Beispie:

```
K 1001 0       0.004       0.001  0
K 1002 0    1787.118    1061.412  0
K 1003 0   -1787.031   -1061.542  0
K 1004 0    1061.871   -1786.969  0
K 1005 0   -1061.959    1786.788  0
; 2D-Strain berechnen
A t 110000011110   0.0 0.0 0.0  0.0 0.0  0.0 0.0  0.0 0.0  1.0  1.0   1.0
; keine Zusatzbedingung erforderlich
```

```
;B w t alpha_y alpha_z
;B w t beta_x  beta_z
;B w t gamma_x gamma_y
;B m 0.0 t m_x m_y
;B m 0.0 t m_x m_z
X' 1001 t      -0.001
Y' 1001 t       0.001
X' 1002 t    1789.374
Y' 1002 t    1057.766
X' 1003 t   -1789.263
Y' 1003 t   -1057.905
X' 1004 t    1058.314
Y' 1004 t   -1789.191
X' 1005 t   -1058.386
Y' 1005 t    1789.018
```

3.2.11 q–Satz: Kovarianzen der Beobachtungen

Mit Hilfe des Steuerzeichens `q` kann eine voll- oder teilweise besetzte Kovarianzmatrix (symmetrisch) der Beobachtungen eingegeben werden. Die Syntax sieht recht kompliziert aus:

q *Kovar.(Hauptdiag.) [Kovar.(1.Nebendiag.), [Kovar.(2.Nebendiag.)],...]*

Was damit gemeint ist und wie die Zuordnung zu den Mewerten ist, lät sich am besten anhand eines Beispiel erlutern. Mit der folgenden Datei wird eine fnfmal beobachtete Strecke ausgelichen. (umgesetzt als fünfmalige Beobachtung des Hochwertes des Punktes `Strecke`)

```
P Strecke -1 36951.0  0
s Ho 0.03 0.0
Ho Strecke 36951.636
q 2.0
Ho Strecke 36951.482
Ho Strecke 36951.509
q 1.0 0.60
q     1.00
Ho Strecke 36951.461
Ho Strecke 36951.478
q 1.0 0.28
q     0.50
```

In Matrizenschreibweise lautet das dazugehrige Ausgleichsproblem:

Beobachtungsvektor	Kovarianzmatrix	Std.abw. a priori	Unbekannten-vektor

$$\mathbf{L} = f(x) = \begin{bmatrix} 36951.636 \\ 36951.482 \\ 36951.509 \\ 36951.461 \\ 36951.478 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{Q}_{LL} = \begin{bmatrix} 2.0 & & & & \\ & 1.0 & 0.6 & & \\ & 0.6 & 1.0 & & \\ & & & 1.00 & 0.28 \\ & & & 0.28 & 0.50 \end{bmatrix} \qquad s_0^2 = 1.0 \qquad x = [Strecke]$$

Achtung die Definition eines `q`–Satzes hat Vorrang vor einem `s`–Satz. Auch wird durch einen `q`–Satz die Varianzkomponentenschätzung abgeschaltet. Es müssen genau so viele `q`–Sätze definiert sein, wie Meßwerte vorhanden sind.

4 Aufrufparameter

Während die Steuerdatei alle Angaben über die Unbekannten, die Beobachtungen und deren Standardabweichungen enthält und unabhängig von der Ausgleichsmethode ist, entscheiden die beim Aufruf von Xdesy angegebenen Parameter darüber wie diese Daten verarbeitet werden sollen. Auf diese Weise ist es möglich, ohne Editierung der Steuerdatei, ein Ausgleichsproblem nach unterschiedlichen Methoden auszugleichen.
Für den Aufruf von Xdesy gilt folgende Syntax:

>`xdesy`␣*Steuerdatei[␣–Parameter1][␣–Parameter2]...[␣–ParameterN]*

Zwingend erforderlich ist die Angabe der zu verarbeitenden Steuerdatei, die direkt nach dem Programmnamen erwartet wird. Wird keine Steuerdatei angegeben versucht Xdesy die Datei `TMP.MKR` zu verarbeiten. Alle nachfolgenden Programmparameter bestehen aus einem –, einem Buchstaben und gegebenenfalls einer weiteren Buchstaben– oder Zahlenfolgen. Die Programmparameter müssen durch Leerzeichen voneinander getrennt eingegeben werden. Das Ergebnisprotokoll wird von Xdesy in die Standardausgabe geschrieben, sodaß es durch das Dateiumleitungssymbol > der Kommando-Shell in eine Datei umgelenkt werden kann. Ebenso sind Filterprogramme wie z. B. `more` auf die Ausgabe von Xdesy anwendbar.
Beispiele:

```
>xdesy baum2334.mkr -a -p > ergebnis.dat
>xdesy test.mkr -d4.0 -a -ptest.plt | more
```

Die nachfolgende Übersicht erläutert die Aufrufparameter von Xdesy. Standardmäßig ist keine Option gesetzt. Eine Kurzübersicht über die Programmparameter wird angezeigt, wenn Xdesy ohne Parameter aufgerufen wird.

–a Führt eine **Ausgleichung** nach vermittelnden Beobachtungen durch. Sind in der Steuerdatei Bedingungen deklariert, so erfolgt die Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen mit Bedingungen zwischen den Unbekannten.

–l[*Testschranke*] Es erfolgt eine robuste Ausgleichung (**L1–Norm–Schätzung**). Dazu wird die Absolutsumme der Verbesserungen mittels Simplexalgorithmus minimiert, was eine nicht unerhebliche Anzahl von Rechenoperationen und Speicherplatz und damit Geduld vom Anwender erfordert. Nachdem die L1–Norm-Schätzung erfolgreich durchgeführt worden ist, werden diejenigen Beobachtungen aus dem Ausgleichsmodell gestrichen, deren Testgröße die Testschranke von 1.96 überschreitet. Dieser Wert kann durch Angabe von *Testschranke* direkt nach dem **–l** geändert werden.

–8 Es erfolgt eine Ausgleichung nach der Min-Max-Methode (L∞**–Norm–Schätzung**).

–d[*Testschranke*] Die Ausgleichung erfolgt unter Eliminierung derjenigen Beobachtungen, deren normierte Verbesserung den Grenzwert von 3.6 überschreitet (**Data-Snooping**). Der Algorithmus arbeitet iterativ. Bei jeder Iteration wird nur die Beobachtung mit der größten normierten Verbesserungen gestrichen. Die Testschranke kann durch entsprechende Angabe von *Testschranke* variiert werden. Die Option ist nur sinnvoll, wenn gleichzeitig die Option **–a** benutzt wird.

–f[*Option*] Es wird eine **freie Ausgleichung** durchgeführt. Alle Gauß–Krüger–Koordinaten bzw. X–,Y–,Z–Koordinaten werden unabhängig von den Kennungen in der Steuerdatei als Unbekannte geführt. Die dabei auftretenden Rangdefekete werden automatisch erkannt und berücksichtigt. Mit der *Option* kann zwischen Teil- (**–ft**) und Gesamtspurminimierung (**–fg**)unterschieden werden. Eine Kombination mit **-l** und **-8** ist derzeit nicht realisiert.

–i[*Anzahl*] Bei dieser Option werden *Anzahl*-viele **Iteration**en durchgeführt. Die Ausgleichsergebnisse jeder Iteration werden als verbesserte Näherungswerte für die folgende Ausgleichung benutzt. Wird zusätzlich die Option **–I** benutzt, so legt **–i** die maximale Anzahl von Iterationen fest. Wird zugleich die Option **–l** gesetzt, so wird vor der L1–Norm-Schätzung eine iterative Ausgleichung herkömmlicher Art durchgeführt. Dadurch können verbesserte Nährungswerte für die recht sensible L1–Norm–Schätzung erzeugt werden.

–I[*Schranke*] Eine mit der Option *–i* gestartete iterative Ausgleichung wird abgebrochen, wenn die Vektornorm des gekürzten Lösungsvektors kleiner ist als der Wert von *Schranke*. Die Vektornorm jeder Iterationsstufe wird als Warnung in der Fehlerdatei mitprotokolliert.

–n[**y**] Bevor die Ausgleichung durchgeführt wird, werden automatisch **Näherungswerte** für die unbekannten Gauß–Krüger–Koordinaten bestimmt. Die Bestimmung erfolgt durch die Rechenverfahren: Polares Anhängen, Vorwärtsschnitt, Rückwärtsschnitt, Polygonzug und Bogenschnitt[8]. Wird die Option **–ny** benutzt, wird die Nährungswertbestimmung vorrangig über Polygonzüge vorgenommen. Leider kann der verwendete Algorithmus nicht alle denkbaren Netzkonfigurationen lösen. Der Rechengang wird in der Fehlerdatei protokolliert.

–s Anhand der Gauß–Krüger–Koordinaten und den Punktkennzeichen der Standpunkt– und Meßwertsätze für Horizontalrichtungen und/oder Strecken in der Steuerdatei werden Beobachtungen **simuliert**. Anhand der Werte in den s–Sätzen werden entsprechende normalverteilte Meßfehler hinzugefügt.

–V Die nach der Ausgleichung ermittelten Standardabweichungen der Beobachtungsgruppen (a posterior) werden als Standardabweichungen a priori für die nächste Iteration verwendet. Das Verfahren bricht ab, wenn anhand eines statitischen Tests die Gleicheit von a–priori– und a–posterior–Standardabweichung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 Prozent für alle Beobachtungsgruppen festgestellt wird. Die hiermit angestoßene Iteration tritt zusätzlich zur iterative Ausgleichung (**–i**) auf.

–p[*Datei*] Damit wird eine **Plotdatei** mit dem Name *Datei* erzeugt. Fehlt der Dateiname ist wird standardmäßig die Datei `PLOT.TMP` erzeugt. Die Ausgabe erfolgt im HP-GL-Format. Mit dem beiliegendem Programm `PLOT.EXE` kann diese Datei auf dem Bildschirm angezeigt werden.

–v Mit dieser Option werden sämtliche Meldungen unterdrückt. Damit ist es möglich, Xdesy "heimlich "z. B. aus einer Batch-Datei heraus, auszuführen.

–o[*Datei*] Mit dieser Option wird das Ergebnisprotokoll in die Datei mit dem Namen *Datei* geschrieben.

–D Hiermit wird veranlaßt, daß Xdesy alle während des Rechenprozesses aufgestellten Matrizen als ASCII-Dateien mit der Endung `*.MAT` abspeichert.

5 Verfügbarkeit

Von Xdesy bestehen bislang Portierungen auf WIN32, Linux und HP-UX.

6 Zukunft

Xdesy ist leider noch nicht perfekt und vollständig. Neben den vielen noch unentdeckten Fehlern, die es aufzuspüren und zu beseitigen gilt, sind folgende Weiterentwicklungen (absteigende Priorität) geplant:

1. Protokollausgabe in XML
2. Deformationsmodul
3. DXF-Plotausgabe
4. Entwicklung einer Meta-Sprache zur Deklaration anwendereigener Beobachtungsgleichungen.
5. Grafische Benutzer-Oberfläche

Literatur

[1] Baumann, E.: Vermessungskunde Band 2 Punktbestimmung nach Höhe und Lage, 1. Aufl.; Dümmler Verlag Bonn 1985

[2] Baumann, E.: Vermessungskunde, Band 2 Punktbestimmung nach Höhe und Lage, 4. Aufl.; Dümmler Verlag Bonn 1993

[3] Benning, W.: Das Programmsystem ATM für die komplexe Auswertung nivellitischer, trigonometrischer und tachymetrischer Messungen; FORUM 2/84 S.353-368

[4] Burstedde, I.: Das Programmsystem GEONET zur Ausgleichung geodätischer Netze; Allgemeine Vermessungsnachrichten 3/1987, S.118-130

[5] Burstedde, I., Cremer, K.: Zur Ausgleichung geodätischer Netze nach der L1–Norm; Allgemeine Vermessungsnachrichten 6/1986

[6] Hofmann-Wellenhof, B., Kienast, G., Lichtenegger, H.: GPS in der Praxis; Springer–Verlag Wien, New York 1994

[7] Höpcke, W.: Fehlerlehre und Ausgleichsrechnung; W. de Gruyter Berlin, New York 1980

[8] Kahmen, H.: Vermessungskunde II, Sammlung Göschen, 14. Aufl.; W. de Gruyter Berlin, New York 1986

[9] Kampmann, G.: Zur kombinativen Norm-Schätzung mit Hilfe der L1–, der L2– und der Boskovic–Laplace–Methode mit den Mitteln der Linearen Programmierung; Veröffentlichungen des Geodätischen Instituts der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Nr. 43, 1988

[10] Höpcke, W.: Fehlerlehre und Ausgleichsrechnung; W. de Gruyter Berlin, New York 1980

Dipl. Ing. Fredie Kern
Bertramstraße 69
D-38102 Braunschweig
email: xdesy@gmx.de