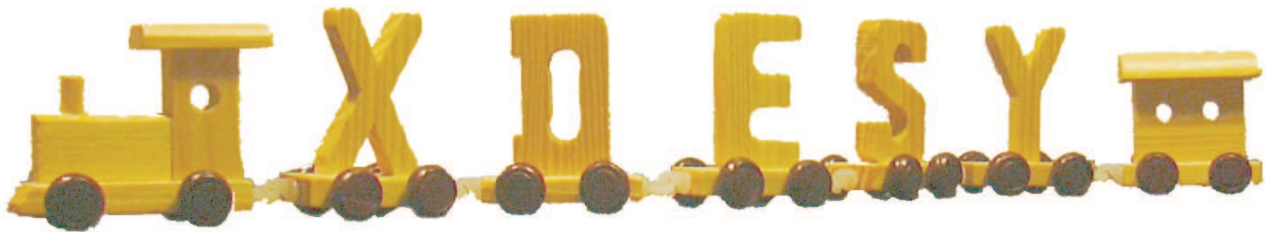


Xdesy  
– Anmerkungen zur Verwendung für Katasteraufnahmen insb. von  
Messbandvermessungen nach dem Rechtwinkel- und  
Einbindeverfahren –  
Version 1.0.1



(c) Dr.-Ing. Fredie Kern  
f.kern@xdesy.de  
www.xdesy.de

06. August 2010

©2010 Fredie Kern  
Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Autors unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Verbreitung in elektronische Systeme. Alle Fotos und Bilder ohne Quellenangaben gehören dem Autor dieses Werkes.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Katasteraufnahme</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Beobachtungen mit Messband und Winkelprisma</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Beobachtungen</b>	<b>5</b>
3.1	Definition einer Messungslinie . . . . .	5
3.2	Beobachtungen bezüglich einer Messungslinie . . . . .	6
3.2.1	Abszissenmaß innerhalb einer Messungslinie . . . . .	6
3.2.2	Einfluchten eines Punktes in eine Messungslinie . . . . .	7
3.2.3	Ordinatenmaß innerhalb einer Messungslinie . . . . .	7
3.2.4	Aufwinkeln eines Punktes zu einer Messungslinie . . . . .	7
3.2.5	Strebe und Spannmaß . . . . .	8
3.3	Streckenmessung mit dem Messband . . . . .	8
3.4	Abstand eines Punktes zu einer Linie (Lot) . . . . .	9
3.5	Parallelität zweier Linien . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Stochastisches Modell</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Beispiele</b>	<b>10</b>
5.1	Ausgleichung von Messungslinien . . . . .	10
5.2	Ausgleichung von Messungslinien in Kombination mit tachymetrischen Messungen . . . . .	19
	<b>Index</b>	<b>19</b>

## 1 Katasteraufnahme

Zur Koordinatenbestimmung von Grenzpunkten und Gebäudeecken im Rahmen von Liegenschaftsvermessungen kommen verschiedene Vermessungsmethoden und Messinstrumente zum Einsatz. Vielfach wird heutzutage angestrebt das polare Verfahren mit einem Tachymeter einzusetzen. Im Bereichen mit einer guten GPS-Sichtbarkeit oder zur Anbindung an das amtliche Festpunktfeld werden die zur Lagebestimmung notwendigen Messelemente satellitengestützt erfasst (GPS-Verfahren). Das tachymetrische Verfahren liefert, bei ausschließlicher zweidimensionaler Betrachtung, die Beobachtungsarten Horizontalrichtung und Horizontalstrecke bezügl. eines Standpunktes. Das GPS-Verfahren liefert immer Vektoren (geradlinige, vom Schwerfeld unbeeinflusste Verbindung zwischen zwei Punkten) im dreidimensionalen Raum. Diese 3D-Messelemente sind im Auswerteprozess in eine zweidimensionale Abbildung des Referenzellipsoids zu überführen (Datumstransformation, Gauß-Krüger- bzw. UTM-Abbildung). Schon viele Versionen lang können mit Xdesy tachymetrische und GPS-Beobachtungen in einem Guss unter gleichzeitiger Lösung der Datumstransformation und der Projektion in das System der amtlichen Festpunktfelder ausgeglichen werden.

Mit der nun mehr neuesten Xdesy-Version (ab August 2010) werden nun auch konventionelle Vermessungen mit Messband, Lot und Winkelprisma (Messungslinie) umfassend unterstützt. In dieser Beschreibung werden die hierfür bereitgestellten Erweiterung erläutert.

## 2 Beobachtungen mit Messband und Winkelprisma

Beim Rechtwinkelverfahren (Orthogonalaufnahme) mit Messband und Winkelprisma werden Grenzpunkte, Gebäudeecken oder andere Objektpunkte bezüglich einer Messungslinie durch Abszissen- und Ordinatenmaße festgelegt. Eine **Messungslinie** definiert dabei gewissermaßen ein lokales rechtwinkliges (linkshändisches!) Koordinatensystem (Abb. 1).

Eine Messbandmessung entlang der Messungslinie heißt **Abszisse**  $s$  und ein rechtwinklig von der Messungslinie abgehendes Maß heißt **Ordinate**  $h$ . Die Messungslinie wird durch einen Anfangs- und einen Endpunkt

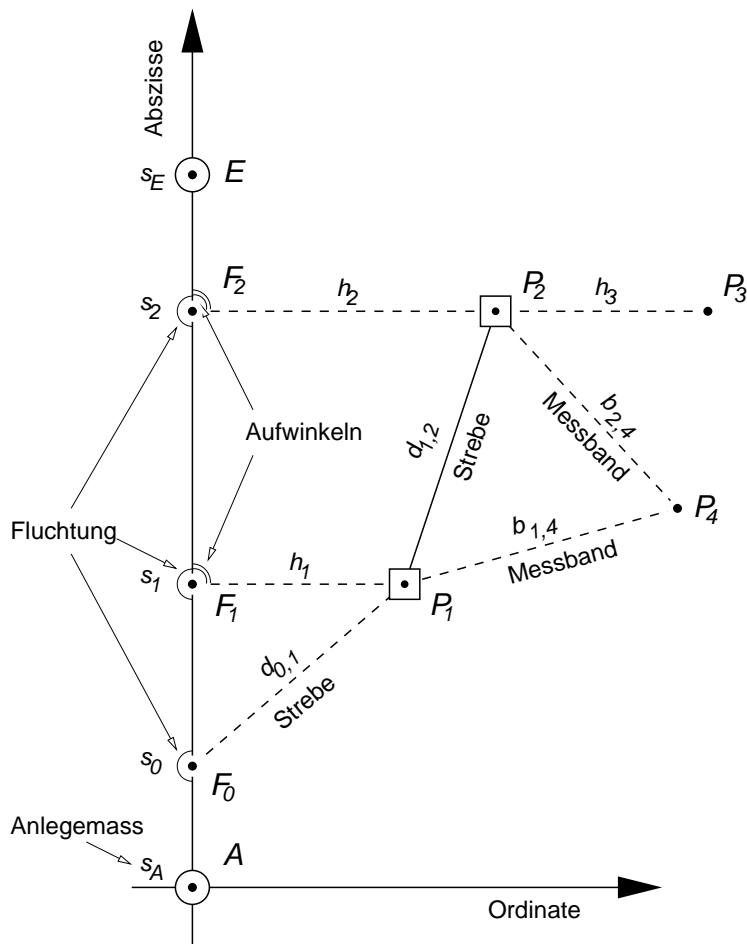


Abbildung 1: Definition einer Messungslinie und Bezeichnungen der möglichen Beobachtungsgrößen.

eindeutig festgelegt und über deren Landeskoordinaten ins amtlichen Festpunktfeld eingebunden. In der Regel werden Anfangspunkt **A** und einen Endpunkt **E** vor Ort durch Fluchtstäbe signalisiert. Die Zwischenpunkte **F<sub>i</sub>** auf der Messungslinie werden zum einen durch die Entfernung vom Linienanfangspunkt (Abszisse  $s_i$ ) und durch das „Beobachten“ der Flucht festgelegt. Hierzu wird der Zwischenpunkt ebenfalls durch einen Fluchtstab signalisiert und durch iteratives Verschieben quer zur Flucht in die Flucht zwischen Anfangs- und Endpunkt gebracht. Dieses Einfluchten (**Fluchtung**) stellt ebenso eine Beobachtung (Messung) im Sinne der Ausgleichsrechnung dar, wie die Bestimmung einer Strecke mit dem Messband. Seitwärts liegende Punkte **P<sub>i</sub>** zur Messungslinie erfordern immer die Bestimmung des Lotfußpunktes **F<sub>i</sub>** innerhalb der Flucht der Messungslinie. Ein Lotfußpunkt ist ebenso, wie ein gewöhnlicher Zwischenpunkt per Abszisse und Fluchtung zu fixieren. Vom Lotfußpunkt zum seitwärts liegenden Punkt wird zum einen die vorzeichenbehaftete Entfernung (Ordinate) mit dem Messband gemessen und der rechte Winkel im Fußpunkt zwischen Anfangs- oder Endpunkt und seitwärts liegendem Punkt mit einem Winkelprisma beobachtet. Auch dieses **Aufwinkeln** stellt eine Beobachtung im Sinne der Ausgleichsrechnung dar und ist daher im funktionalen und stochastischen Modell entsprechend zu modellieren. Ordinaten haben ein positives Vorzeichen, wenn der Objektpunkt rechts von der Messungslinie liegt bei Blickrichtung ausgehend vom Anfangs- zum Endpunkt der Messungslinie. Links liegende Punkte haben eine Ordinate mit negativen Vorzeichen. Die Zählung der Abszissen beginnt am Anfangspunkt mit dem dort festgelegten Startwert (**Anlegemaß**  $s_A$ ) und wird in Richtung Endpunkt positiv gezählt. Daher haben Zwischenpunkte vor dem Anfangspunkt eine Abszisse mit einem negativen Vorzeichen.

Das Einbindeverfahren tritt als Ergänzung zum Rechtwinkelverfahren auf. Dabei werden Anfangs- und Endpunkt einer Messungslinie jeweils als Zwischenpunkt einer weiteren Messungslinie festgelegt. Häufig wird solch eine eingebundene Messungslinie durch die Flucht einer Objekt-/Gebäudeseite vorgegeben. Das Einbindeverfahren verzichtet auf das Abstecken bzw. Bestimmen von rechten Winkeln mit dem Winkelprisma.

Messungslinien können sich in einem definierten Punkt von gesondertem Interesse schneiden. Solch ein Schnittpunkt ist zugleich Zwischenpunkt der einen und der anderen Messungslinie. Zur Berechnung der Koordinaten eines solchen Schnittpunktes sind keine weiteren Messungen (Abszisse, Ordinate, Aufwinkeln) notwendig; jeweils einmal eingefluchtet reicht zur eindeutigen Bestimmung aus.

Zur Kontrolle der gemessenen Abszissen und Ordinaten sowie zur Kontrolle des Fluchtens und Aufwinkeln werden **Streben**  $d$  mit dem Messband zwischen seitwärts liegendem Punkt und einem Zwischenpunkt gemessen. Über die Strebenlänge, die Ordinate und die Abszissendifferenz ist die sogenannte Pythagorasprobe möglich, die insb. den rechten Winkel im Fußpunkt, also das Aufwinkeln, kontrolliert. Auch Strecken zwischen zwei benachbarten seitwärts liegenden Punkten (Steinbreite, Breite einer Gebäudeseite) werden zur Kontrolle erfasst.

Weitere Messungen, die im Rahmen von Liegenschaftsvermessungen häufig auftreten, sind die **Umringsmaße** von Gebäude. Sie werden in der Regel mit dem Messband direkt erfasst. Auch kommen Strecken zwischen zwei beliebigen Punkten vor (Verbindungen zwischen zwei Messungslinien, Bestimmungstücke für einen Bogenschlag, Diagonalen/Streben in einem Flurstück, ...). All diese Beobachtungen  $b_i$  mit dem Messband, welche unabhängig sind von einer explizit anzugebenden Messungslinien lassen sich in der Beobachtungsgart **Messband** zusammenfassen.

Über die Differenz der Abszisse des Endpunktes und dem Anlegemaß ergibt sich die mit dem Messband gemessene Gesamtlänge der Messungslinie. Diese kann mit der aus Koordinaten des Anfangs- und Endpunktes der Messungslinie berechneten Länge verglichen werden. Die zutage tretende Abweichung zwischen beiden Längen wird dazu genutzt, einen **individuellen Maßstab**  $m_L$  für diese eine Messungslinie zu berechnen. Der Maßstab der Messungslinie wird für alle Streckenmessungen dieser Messungslinie angesetzt (Abszissen, Ordinaten und Streben).

Darüberhinaus kann ein Netzmaßstab  $m_G$  vorliegen, der sämtliche Streckenmessungen (Abszisse, Ordinate, Strebe, Messbandstrecke und tachymetrische Horizontalstrecke) beeinflusst. Liegt ein Netzmaßstab vor so sind entweder die Messinstrumente nicht auf das internationale Meter (SI-Einheit) kalibriert oder die Koordinaten der Anschlusspunkte passen nicht zum internationale Meter. Auch verursachen unvollständig reduzierte und korrigierte Messungen (z.B. fehlende Gauß-Krüger-Korrektion) einen „scheinbaren“ Netzmaßstab. Sind die örtlichen Vermarkungen gegenüber den im Punktverzeichnis geführten Koordinaten verändert, z.B. durch Bergsenkungen, so drückt sich dies in eine „tatsächlichen“ Netzmaßstab aus, der bewußt als Unbekannte eingeführt wird, um eine möglichst nachbarschaftstreue Anpassung zu erreichen.

## 3 Beobachtungen

### 3.1 Definition einer Messungslinie

Zur Definition einer Messungslinie im Rahmen des Rechtwinkel- oder Einbindeverfahren ist es erforderlich den Anfangs- und Endpunkt der Linie anzugeben. In Xdesy geschieht dies durch Angabe zweier Punktkennzeichen anhand derer die Koordinaten aus der Liste der Gauß-Krüger-Punkte (P-Sätze) ermittelt werden kann. Jede Messungslinie kann zudem einen individuellen Maßstab besitzen. Daher ist weiterhin der Name eines Parametersatz (p-Satz), der den Wert des Maßstab enthält, anzugeben. Für die korrekte Zählung der Abszissen ist weiterhin das benutzte Anlegemaß in der Einheit Meter zu notieren. Der Anwender muss darüberhinaus jeder Messungslinie einen eindeutigen Namen zur Identifikation geben.

Die allgemeine Syntax zur Festlegung einer Messungslinie (L-Satz) lautet:

$L$  Name-Messungslinie Punktkennzeichen-A Punktkennzeichen-E Name-Maßstabsparameter Anlegemaß

Alle einem L-Satz folgenden Beobachtungen werden dieser Messungslinie (soweit sinnvoll) zu geordnet. Dies gilt solange bis ein neuer L-Satz in der Xdesy-Eingabedatei auftaucht.

Ob eine Messungslinie einen bekannten oder unbekanntes Maßstab hat und mit welchem Wert er vorliegt wird im entsprechenden p-Satz festgelegt. Über die Referenzierung auf einen p-Satz für den lokalen Maßstab ist es auch möglich ein und denselben Maßstab für verschiedene Messungslinien anzusetzen.

Das Anlegemaß darf auch einen negativen Wert haben.

Neben dem lokalen Maßstab unterliegen Beobachtungen einer Messungslinie auch einem globalen Maßstab bzw. **Netzmaßstab**. Definiert wird dieser Netzmaßstab über einen p-Satz. Der so definierte Maßstab wird über das Setzen der Variablen `Netzmasstab` zum globalen Netzmaßstab  
Beispiel:

```

...
P 110 00 27055.674 4978.850
P 111 00 27057.833 4980.085
...
p netzmasstab 0 0.999866
p masstab      1 1.000000
...
Netzmasstab=netzmasstab
...
L L1 110 111 masstab 0.0
...

```

### 3.2 Beobachtungen bezüglich einer Messungslinie

Messungen bzw. Xdesy-Beobachtungsarten, die eine Zuordnung zu einer Messungslinie erfordern, sind:

- ein Abszissenmaß innerhalb der Messungslinie (Abszisse),
- das Einfluchten eines Punktes in die Messungslinie (Fluchtung),
- ein Ordinatenmaß zu einem seitwärts zur Messungslinie liegenden Punktes (Ordinate),
- das Aufwinkeln eines seitwärts zur Messungslinie liegenden Punktes (Aufwinkeln) und
- eine Streckenmessung zwischen Punkten der Messungslinie (Strebe)

Bei Beobachtungsarten, die die Angabe eines Fußpunktes erfordern, also alle bis auf Strebe, ist es erforderlich das Punktkennzeichen des Fußpunktes über die Variable `Fusspunkt` für die nachfolgenden Datensätze zusetzen.

Beispiel:

```

...
L L1 110 111 masstab 0.0
Fusspunkt=112F
Abszisse      12.33
Fluchtung     0.0
Ordinate  112  -2.19
Aufwinkeln 112  0.0
...

```

#### 3.2.1 Abszissenmaß innerhalb einer Messungslinie

Bei der Messung einer Abszisse handelt es sich um eine Streckenmessung mit dem Messband ausgehend vom Anfangspunkt der Messungslinie zu einem bestimmenden Zwischen- bzw. Fußpunkt. Der allgemeine Aufbau für eine Abszissen-Beobachtung lautet:

<code>Abszisse</code> <i>Abzissenmaß [Std.abw.]</i>
---

Die Beobachtungsgleichung für eine Abszisse  $s$  eines Linienpunktes  $P_i$  der Linie mit dem Anfangspunkt  $A$  und dem Anlegemss  $s_A$  lautet unter Berücksichtigung des globalen Netzmaßstabes  $m_G$  und dem des lokalen Linienmaßstabes  $m_L$ :

$$s + v = \frac{1}{\hat{m}_G \cdot \hat{m}_L} \cdot \sqrt{(\hat{x}_i - \hat{x}_A)^2 + (\hat{y}_i - \hat{y}_A)^2} - s_A \quad (1)$$

### 3.2.2 Einfluchten eines Punktes in eine Messungslinie

Der Vorgang des Einfluchtens eines Punktes in eine Messungslinie kann als des zu Null gemessenen orthogonalen Abstandes des Punktes zur Linie aufgefasst werden (Lot). Die Beobachtungsgleichung des Einfluchtens entspricht daher im wesentlichen der eines gemessenen orthogonalen Abstandes  $h$  eines Fußpunktes  $F_i$  zu einer Linie mit dem Anfangspunkt  $A$  und dem Endpunkt  $E$  (Abb.3). Sie lautet:

$$h + v = \frac{(\hat{y}_i - \hat{y}_A)(\hat{x}_E - \hat{x}_A) - (\hat{x}_i - \hat{x}_A)(\hat{y}_E - \hat{y}_A)}{S} \quad (2)$$

mit

$$S = \sqrt{(\hat{x}_E - \hat{x}_A)^2 + (\hat{y}_E - \hat{y}_A)^2}$$

Der allgemeine Aufbau für eine Fluchtungs-Beobachtung lautet:

Fluchtung Lot [Std.abw.]

Beispiel:

```

...
L L1 110 111 massstab 0.0
Fußpunkt=112
Fluchtung          0.000
...

```

Es muss angemerkt werden, dass es praktisch und numerisch nicht möglich ist, den Anfangs- und den Endpunkt einer Messungslinie in die eigene Messungslinie einzufluchten.

### 3.2.3 Ordinatenmaß innerhalb einer Messungslinie

Bei der Messung einer Ordinate handelt es sich um eine Streckenmessung mit dem Messband ausgehend vom Fußpunkt der Messungslinie zu einem seitwärts liegenden Objektpunkt. Der allgemeine Aufbau für eine Ordinate-Beobachtung lautet:

Ordinate Punktkennzeichen Ordinatenmaß [Std.abw.]

Die Beobachtungsgleichung für eine Ordinate  $s$  zwischen Fußpunkt  $F_i$  zum Objektpunkt  $P_j$  im Verbund mit der Linie mit dem lokalen Linienmaßstabes  $m_L$  und unter Berücksichtigung des globalen Netzmaßstabes  $m_G$  lautet:

$$h + v = \frac{1}{\hat{m}_G \cdot \hat{m}_L} \cdot \text{sign}(h) \cdot \sqrt{(\hat{x}_j - \hat{x}_i)^2 + (\hat{y}_j - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

### 3.2.4 Aufwinkeln eines Punktes zu einer Messungslinie

Der Vorgang des Absteckens eines rechten Winkels bzw. das Aufwinkeln eines seitwärts liegenden Punktes mit dem Winkelprisma ist von der Natur der Sache her eine Winkelmessung; wobei immer das Maß 100gon gemessen wird. Eine Winkelabweichung  $\alpha$  kann über das Lot  $h$  des seitwärts liegenden Punktes als metrisches Verschiebemaß  $a$  ausgedrückt werden. Diese Abweichung  $a$  längs der Messungslinie stellt die Beobachtungsgröße beim Aufwinkeln dar (Abb. 2). Der allgemeine Aufbau für eine Aufwinkeln-Beobachtung lautet ([Het03, S. 47-48]):

Aufwinkeln Punktkennzeichen Verschiebemaß [Std.abw.]

Die Beobachtungsgleichung für das im Fußpunkt  $F_i$  zum Objektpunkt  $P_j$  beobachtete Verschiebemaß  $a$  bezogen auf die Messungslinie mit dem Anfangspunkt  $A_i$  lautet:

$$a + v = \text{sign}(a) \cdot \frac{(\hat{x}_j - \hat{x}_i)(\hat{x}_i - \hat{x}_A) + (\hat{y}_j - \hat{y}_i)(\hat{y}_i - \hat{y}_A)}{S} \quad (4)$$

mit

$$S = \sqrt{(\hat{x}_i - \hat{x}_A)^2 + (\hat{y}_i - \hat{y}_A)^2}$$

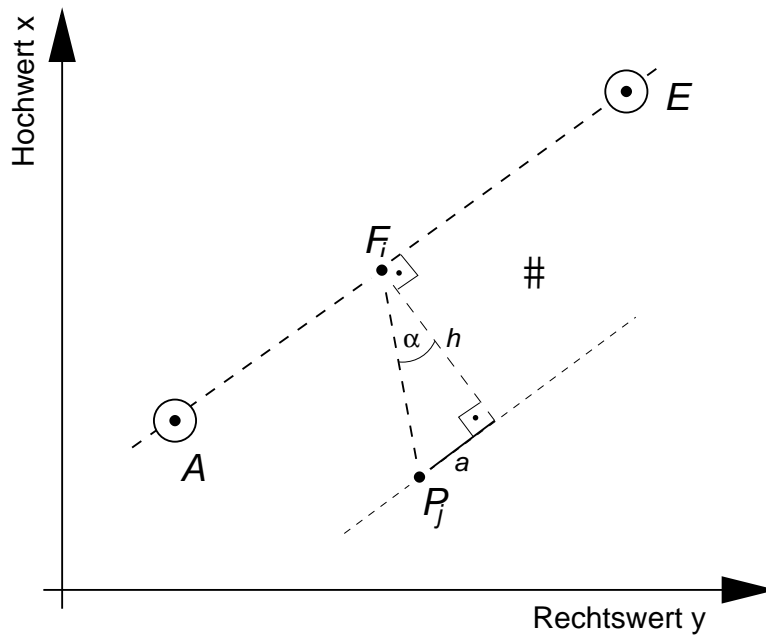


Abbildung 2: Winkelabweichung  $\alpha$  beim Aufwinkeln eines seitwärts gelegenen Punktes  $P_j$  ausgedrückt als Abszissenverschiebung  $a$ .

### 3.2.5 Strebe und Spannmaß

Die Beobachtungsgleichung für ein per Messband gemessenes Spannmaß, eine Steinbreite oder Strebe  $d$  zwischen zwei Punkten  $P_1$  und  $P_2$  im Zusammenhang mit einer Messungslinie mit dem Linienmaßstab  $m_L$  unter Berücksichtigung des globalen Netzmaßstabes  $m_G$  lautet:

$$d + v = \frac{1}{\hat{m}_G \cdot \hat{m}_L} \cdot \sqrt{(\hat{x}_2 - \hat{x}_1)^2 + (\hat{y}_2 - \hat{y}_1)^2} \quad (5)$$

Der allgemeine Aufbau für eine Strebe-Beobachtung lautet:

Strebe Punktkennzeichen-P1 Punktkennzeichen-P2 Strebemaß [Std.abw.]

Beispiel:

```

...
L L1 110 111 massstab 0.0
...
Strebe 112 113 13.546
...

```

### 3.3 Streckenmessung mit dem Messband

Für sonstige Messungen mit dem Messband, die nicht in Verbindung zusetzen sind mit dem lokalen Maßstab einer Messungslinie existiert der Beobachtungstyp Messband. Die Beobachtungsgleichung für ein solche Messband-Messung  $b$  zwischen zwei Punkten  $P_1$  und  $P_2$  unter Berücksichtigung des globalen Netzmaßstabes  $m_G$  lautet:

$$b + v = \frac{1}{\hat{m}_G} \cdot \sqrt{(\hat{x}_2 - \hat{x}_1)^2 + (\hat{y}_2 - \hat{y}_1)^2} \quad (6)$$

Der allgemeine Aufbau für eine Messband-Beobachtung lautet:



Beispiel:

```

...
Messband 112 113 13.546
...
L L1 110 111 massstab 0.0
...

```

### 3.4 Abstand eines Punktes zu einer Linie (Lot)

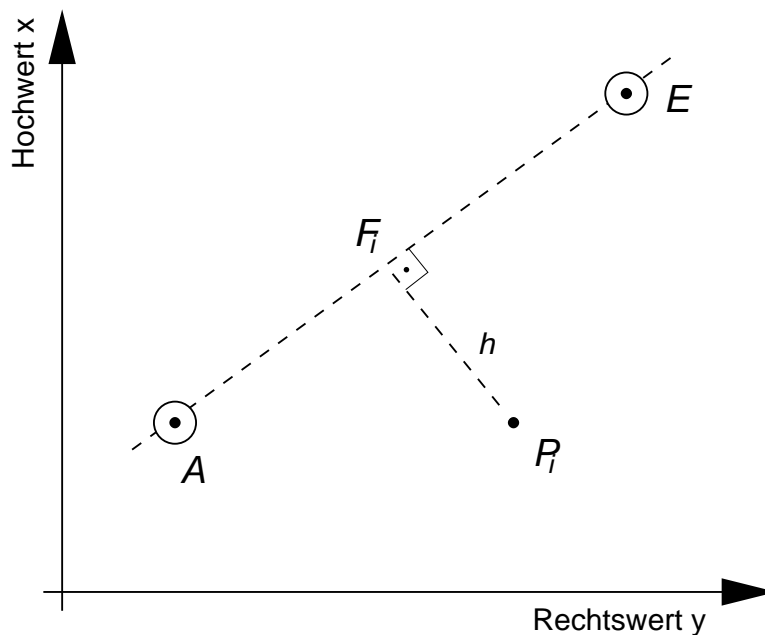


Abbildung 3: Bezeichnungen im Zusammenhang mit dem Beobachtungstyp Lot.

Die Beobachtungsgleichung eines orthogonalen Abstandes  $h$  eines Punktes  $P_i$  zu einer Linie bzw. Geraden (nicht Messungslinie!) mit dem Anfangspunkt  $A$  und dem Endpunkt  $E$  lautet (Abb. 3, [Het03, S. 45-47]):

$$h + v = \frac{(\hat{y}_i - \hat{y}_A)(\hat{x}_E - \hat{x}_A) - (\hat{x}_i - \hat{x}_A)(\hat{y}_E - \hat{y}_A)}{S} \quad (7)$$

mit

$$S = \sqrt{(\hat{x}_E - \hat{x}_A)^2 + (\hat{y}_E - \hat{y}_A)^2}$$

Ein beobachteter Abstand  $h$ , in der Regel mit dem Wert 0.0 wird in der Eingabedatei mit dem Beobachtungstyp Lot definiert. Der allgemeine Aufbau lautet:

Lot *Punktkenzeichen-A Punktkenzeichen-E Punktkenzeichen-P Abstand [Std.abw.]*

Die Linie wird durch die Punktkenzeichen des Anfangs- und Endpunktes der Linie (Geraden) festgelegt. Damit ist auch die Orientierung der Linie definiert. Ein Punkt rechts der Linie, vom Anfangspunkt in Richtung Endpunkt geschaut, erhält so einen positiven Abstand  $+h$  und ein links liegender Punkt einen negativen Abstand  $-h$ . Der seitwärts liegende Punkt wird über sein Punktkenzeichen angegeben. Im vierte Parameter wird der Messwert für den Linienabstand in der Einheit Meter eingetragen.

Beispiel:

```

...
s Lot 0.02

P 110 00 27055.674 4978.850
P 111 00 27057.833 4980.085
P 112 10 27042.0 5008.0
...
; Punkt 112 liegt in der Geraden 110-111
Lot 100 110 112 0.0
...

```

### 3.5 Parallelität zweier Linien

[Het03, S. 49-51]

*Implementierung und Beschreibung erfolgt später*

## 4 Stochastisches Modell

Zur Definition des stochastischen Modells dienen neben den individuellen Standardabweichungen, welche im jeweiligen Messwertsatz als letzter Wert optional angegeben werden kann, die *s*-Sätze. Sie legen die Standardabweichungen a priori für jeden Messwerttyp bzw. jeder Messwertgruppe pauschal fest. Durch Angabe einer individuellen Standardabweichung werden die pauschalierten überschrieben. Für einen *s*-Satz gilt:

<i>s</i> Messwerttyp[ ( Gruppe ) ] Wert1 [Wert2] [Wert3]
--

Je nach Messwerttyp haben die Angaben zu *Wert1*, *Wert2* und *Wert3* unterschiedliche Bedeutung, die der folgenden Tabelle 1 zu entnehmen ist. Nicht für alle Messwerttypen sind zwei oder drei Werte anzugeben. Die Standardabweichungen sind, soweit nicht anders angegeben, in der Einheit Meter und Gon und Maßstäben als Verhältniszahl, z.B. Meter pro Meter, anzugeben.

In der Tabelle 1 steht *L* für die Nivellmentslänge, je nach Index in Kilometern oder in Metern gerechnet. Bei Messwerttyp *h* steht anstelle der individuellen Standardabweichung diese Nivellmentslänge *L* als letzter Wert in der Zeile.

Beispiele:

```

; 5mm + 5ppm
s S          0.005  0.000005
s Abszisse   0.01  0.0001 0.001
s Fluchten   0.03
s Ordinate   0.01  0.0001 0.001
s Aufwinkeln 0.03
s Strebe     0.01  0.0001 0.001
s Messband(1) 0.01  0.0001 0.001
s Messband(2) 0.03  0.0003 0.001
; Pseudobeobachtung eines Maßstabes mit +/- 100ppm
s b:p:1      0.000100
b:p:1 m      0.9999913

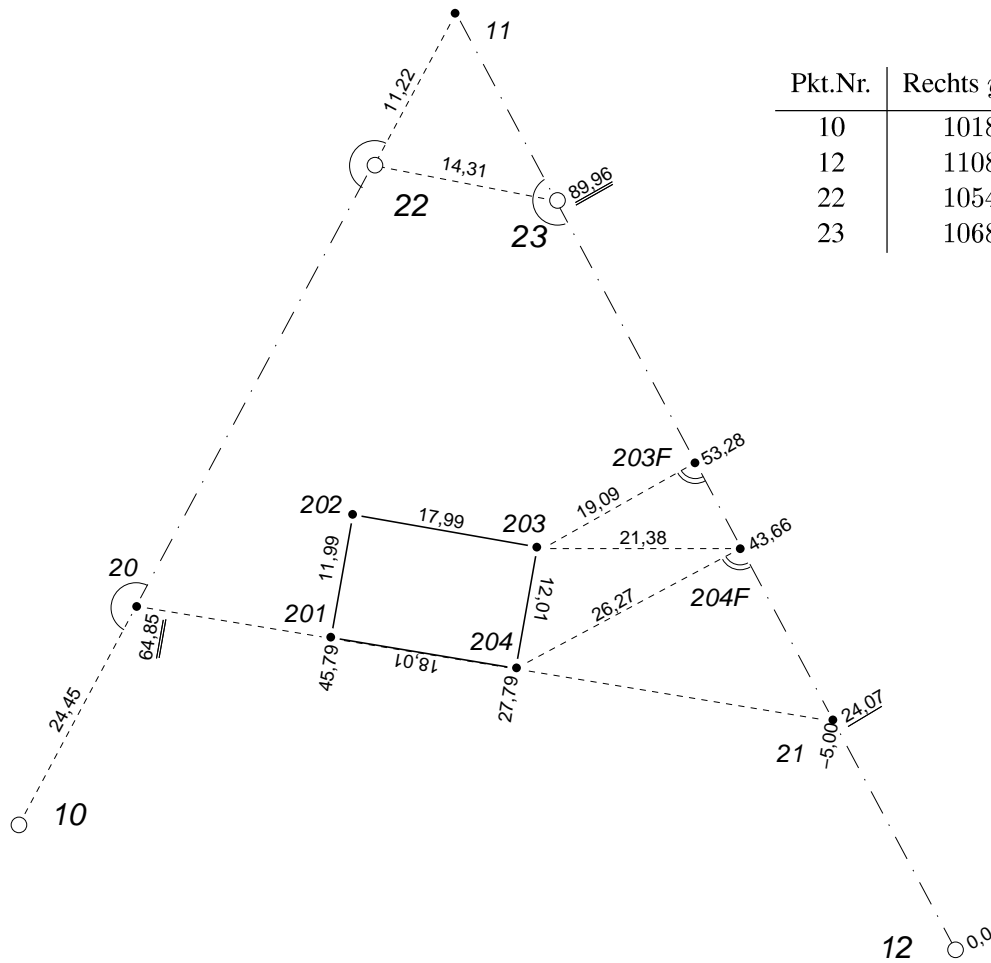
```

Mit der optionalen Angabe von ( *Gruppe* ) können Messwerte gleichen Typs zu Gruppen mit gleicher a-priori-Standardabweichung zusammengefasst werden. Es sind beliebig viele Gruppen je Messwerttyp möglich.

## 5 Beispiele

### 5.1 Ausgleichung von Messungslinien

Anhand eines konstruierten Beispiels sollen die grundlegenden Modellierungsmöglichkeiten von Vermessungslinien in Xdesy im Zusammenhang demonstriert werden. Die in Abb. 4 dargestellte Situation enthält drei Mes-



Pkt.Nr.	Rechts $y$ [m]	Hoch $x$ [m]
10	1018.180	915.510
12	1108.820	903.650
22	1054.368	986.857
23	1068.399	984.062

Abbildung 4: Vermessungsriß zu einer Katasteraufnahme mit drei Messungslinien und mehreren Spannmaßen und Messbandstrecken.

Tabelle 1: Übersicht zum stochastischen Modell

Messwerttyp	Wert1	Wert2	Wert3	Standardabweichung
H	$\sigma_{r0}$ gon	$\sigma_{rs}$ gon	–	$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{r0}^2 + (\sigma_{rs}/s)^2}$
V	$\sigma_{v0}$ gon	–	–	$\sigma_r = \sigma_{v0}$
S	$\sigma_{s0}$ m	$\sigma_{s(ppm)}$ m/km	–	$\sigma_s = \sigma_{s0} + \sigma_{s(ppm)} \cdot s$
D	$\sigma_{d0}$ m	$\sigma_{d(ppm)}$ m/km	–	$\sigma_d = \sigma_{d0} + \sigma_{d(ppm)} \cdot d$
h Zielweitentyp=...				
km	$\sigma_{h0}$ m	$\sigma_{h(km)}$ m/ $\sqrt{\text{km}}$	–	$\sigma_h = \sigma_{h0} + \sqrt{L_{km}} \cdot \sigma_{h(km)}$
m	$\sigma_{h0}$ m	$\sigma_{h(m)}$ m/ $\sqrt{\text{m}}$	–	$\sigma_h = \sigma_{h0} + \sqrt{L_m} \cdot \sigma_{h(m)}$
Gewicht	$\sigma_{h0}$ m	$\sigma_{h(p)}$ m <sup>2</sup>	–	$\sigma_h = \sigma_{h0} + \frac{1}{L_m} \cdot \sigma_{h(p)}$
GewichtQuadrat	$\sigma_{h0}$ m	$\sigma_{h(p)}$ m $\sqrt{\text{m}}$	–	$\sigma_h = \sigma_{h0} + \frac{1}{\sqrt{L_m}} \cdot \sigma_{h(p)}$
Abszisse	$\sigma_{s0}$ m	$\sigma_{s(ppm)}$ km/km	$\sigma_{s(\checkmark)}$ m/ $\sqrt{\text{m}}$	$\sigma_s = \sigma_{s0} + \sigma_{s(ppm)} \cdot s + \sigma_{s(\checkmark)} \cdot \sqrt{s}$
Fluchtung	$\sigma_{h0}$ gon	–	–	$\sigma_h = \sigma_{h0}$
Ordinate	$\sigma_{a0}$ m	$\sigma_{a(ppm)}$ km/km	$\sigma_{a(\checkmark)}$ m/ $\sqrt{\text{m}}$	$\sigma_s = \sigma_{a0} + \sigma_{a(ppm)} \cdot h + \sigma_{a(\checkmark)} \cdot \sqrt{h}$
Aufwinkeln	$\sigma_{a0}$ gon	–	–	$\sigma_a = \sigma_{a0}$
Strebe	$\sigma_{d0}$ m	$\sigma_{d(ppm)}$ km/km	$\sigma_{d(\checkmark)}$ m/ $\sqrt{\text{m}}$	$\sigma_d = \sigma_{d0} + \sigma_{d(ppm)} \cdot d + \sigma_{d(\checkmark)} \cdot \sqrt{d}$
Messband	$\sigma_{b0}$ m	$\sigma_{b(ppm)}$ km/km	$\sigma_{b(\checkmark)}$ m/ $\sqrt{\text{m}}$	$\sigma_b = \sigma_{b0} + \sigma_{b(ppm)} \cdot b + \sigma_{b(\checkmark)} \cdot \sqrt{b}$
Lot	$\sigma_{h0}$ gon	–	–	$\sigma_h = \sigma_{h0}$
andere	$\sigma_{(.)}$	–	–	$\sigma_{(.)} = \sigma_{(.)}$

sungslinien, die an den Punkten **10**, **12**, **22** und **23** angeschlossen sind. Der Anschluss soll dabei dynamisch erfolgen, so dass nur ein Teil der Netzspannungen ins Innere des Netzes übertragen werden. Hierzu werden die Genauigkeit der Anschlusskoordinaten mit einer Standardabweichung a priori von 0,5mm angenommen. Auf eine Schätzung eines Netzmaßstabes soll bei diesem wenig überbestimmten Beispiel verzichtet werden.

Die Koordinatenbestimmung von **11** ist als Schnittpunkt der Geraden **10** nach **22** mit der Geraden **12** nach **23** konzipiert. Die Schnittpunktbestimmung geschieht im Rahmen der Modellierung der die beiden Geraden entsprechenden Messungslinien.

Die erste Messungslinie L1 von **12** nach **23** stellt eine klassische orthogonale Aufnahme der Gebäudeecken **203** und **204** dar. Über eine Verlängerung der Flucht über den Endpunkt hinaus wird der Schnittpunkt **11** im Sinne des Geradenschnitts fixiert. Als Kontrollmaß tritt in dieser Messungslinie die Strebe von **204F** nach **203** auf.

Die Messungslinie L2 von **21** nach **20** entspricht einer typischen Linie beim Einbindeverfahren und hat als Besonderheit ein von Null verschiedenes Anlegemaß mit  $-5,00\text{m}$ .

Die dritte Messungslinie L3 von **10** nach **22** ist eine reine Durchfluchtungslinie. Da hier keine Abszissen gemessen sind kann kein lokaler Messliniemaßstab geschätzt werden; man beachte die auf 0 gesetzte Kennung im betreffenden p-Satz. Zusätzlich ist die Flucht über den Endpunkt **22** hinaus zum Schnittpunkt **11** verlängert. Zur Stützung der Netzgeometrie sind die Messband-Strecken von **10** nach **20** sowie von **11** nach **22** gemessen. Die Messbandstrecke **22** nach **23** dient der Kontrolle der Anschlusspunkte.

Als weitere Messband-Strecken liegen die Umringsmaße des Gebäudes mit den Eckpunkten **201** bis **204** vor. Für die Messungslinien L1 und L2 werden lokale Maßstäbe geschätzt (mbandL1 und mbandL2), wobei das a-priori-Wissen über die Größenordnung der Maßstäbe mit 300ppm angenommen wird. Daher erscheinen die Pseudobeobachtungen  $b:p:1$  welche eben dieses Vorwissen durch eine entsprechende Festsetzung ihrer a priori Standardabweichung mit einem s-Satz zu  $b:p:1$  modellieren.

Sämtliche Messungen sind mit einer a priori Standardabweichung von 3mm beaufschlagt <sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Diese realitätsfremde hohe Präzision ist der rechnerischen Konstruktion der Messwerte geschuldet.

Nachfolgend die Umsetzung der Messdaten aus dem Vermessungsriß (Abb. 4 ) in eine Xdesy-Eingabedatei (katastervermessung01a.mkr):

```

100: Projekt      ="Kasteraufnahme mit Messband und Winkelprisma (Messungslinie)"
101: Bearbeiter="(c) 2010 Dr.-Ing. Fredie Kern"
102: Quelle      ="konstruiertes Beispiel zur Demo fast aller denkbaren Fälle"
103: ; stochastisches Modell
104: s b:p:1      0.000300
105: s Abszisse   0.003
106: s Fluchtung  0.003
107: s Ordinate   0.003
108: s Aufwinkeln 0.003
109: s Strebe     0.003
110: s Messband   0.003  0.0
111: s Ho         0.0005
112: s Re         0.0005
113: ; Gauß-Krüger-Koordinaten (gekürzt)
114: P 10         11      915.510   1018.180
115: P 11         11      999.360   1060.710
116: P 12         11      903.650   1108.820
117: P 201        11      934.000   1048.000
118: P 202        11      945.810   1050.090
119: P 203        11      942.700   1067.810
120: P 204        11      930.870   1065.720
121: P 20         11      937.313   1029.239
122: P 21         11      925.167   1098.003
123: P 22         11      986.857   1054.368
124: P 23         11      984.062   1068.399
125: P 203F       11      951.279   1084.878
126: P 204F       11      942.674   1089.203
127: ; stochastischer Festpunktanschluss = weiche Lagerung
128: Ho 10        915.510
129: Re 10        1018.180
130: Ho 12        903.650
131: Re 12        1108.820
132: Ho 22        986.857
133: Re 22        1054.368
134: Ho 23        984.062
135: Re 23        1068.399
136: ; globaler Netzmaßstab
137: ; kann in diesem Beispiel nicht geschätzt werden
138: p mnetz      0 1.000000
139: Netzmassstab = mnetz
140: ; lokale Maßstäbe der Messungslinie
141: p mbandL1    1 1.000000
142: b:p:1 mbandL1 1.000500
143: p mbandL2    1 1.000000
144: b:p:1 mbandL2 0.999700
145: ; aus Durchfluchtungsline kann kein Maßstab geschätzt werden
146: p mbandL3    0 1.0
147: ;-----
148: L L1 12 23 mbandL1 0.00
149: Fusspunkt = 21
150: Abszisse      24.07
151: Fluchtung     0.0
152: Fusspunkt = 203F
153: Abszisse      53.28
154: Fluchtung     0.0
155: Ordinate      203  -19.09
156: Aufwinkeln    203  0.0
157: Fusspunkt = 204F
158: Abszisse      43.66
159: Fluchtung     0.0
160: Ordinate      204  -26.27
161: Aufwinkeln    204  0.0
162: ; Endpunkt ohne Fluchtung!
163: Fusspunkt = 23
164: Abszisse      89.96
165: ; Schnittpunkt 11
166: Fusspunkt = 11
167: Fluchtung     0.0
168: Strebe        204F 203  21.38
169: ;-----
170: L L2 21 20 mbandL2 -5.00

```

```

171: Fusspunkt = 204
172: Abszisse          27.79
173: Fluchtung        0.0
174: Fusspunkt = 201
175: Abszisse          45.79
176: Fluchtung        0.0
177: ; Endpunkt ohne Fluchtung!
178: Fusspunkt = 20
179: Abszisse          64.85
180: ;- reines Durchfluchten -
181: L L3 10 22 mbandL3 0.00
182: Fusspunkt = 20
183: Fluchtung        0.0
184: Fusspunkt = 11
185: Fluchtung        0.0
186: ;-----
187: ; Umring Haus
188: Messband 201 202 11.99
189: Messband 203 202 17.99
190: Messband 203 204 12.01
191: Messband 204 201 18.01
192: ; Kontroll- und Stützmaße
193: Messband 22 23 14.31
194: Messband 10 20 24.45
195: Messband 11 22 14.02

```

Die Näherungskordinaten für die unbekanntenen Punkte wurden anderweitig bestimmt bzw. wurden bei der Konstruktion des Beispiels vorgegeben. Eine automatische Näherungswertbestimmung bezüglich Messungslinien ist derzeit noch nicht implementiert.

Die Datei `katastervermessung01a.mkr` wird mit folgendem Xdesy-Aufruf ausgeglichen:

```
>xdesy katastervermessung01a.mkr -a -i -okatastervermessung01a.erg.
```

Die resultierende Datei `katastervermessung01a.erg` hat folgenden Inhalt:

```

; Xdesy 1.9.26 (26.07.2010) BC5.6.1 (c) 1996-2010 F.Kern
;
; [06.08.2010 11:04:50] xdesy.exe katastervermessung01a.mkr -a -i -okatastervermessung01a.erg
;
; Projekt = "Kasteraufnahme mit Messband und Winkelprisma (Messungslinie)"
; Bearbeiter = "(c) 2010 Dr.-Ing. Freddie Kern"
; Quelle = "konstruiertes Beispiel zur Demo fast aller denkbaren Fälle"
; 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
; EllipseColor = 3
; RelEllipseColor = 4
; .end
; .VRML
; Scale = 1.000000 1.000000 1.000000
; .end

; Beobachtungen -Übersicht-
; 4 Re (East)
; 4 Ho (North)
; 2 b (ObservedUnknown)
; 7 Abszisse (Abscissa)
; 8 Fluchtung (Alignment)
; 2 Ordinate (Ordinate)
; 2 Aufwinkeln (AngleUp)
; 1 Strebe (Bar)
; 7 Messband (Tape)

; 37 Beobachtungen

```

```

; - 28 Unbekannte
; = 9 Freiheitsgrade

; 0/ 10 Iterationen fuer L2Norm-Vorausgleichung (0.000000e+00<1.000000e-06)
; 0 Iterationen fuer L1Norm
; 2/ 10 Iterationen fuer L2Norm-Endausgleichung (2.909417e-09<1.000000e-06)
;
; [m] [m] [mm] [mm] [%] [mm] [mm] [mm]
;Punktnummer Hoch/X Rechts/Y sx sy k EPmax Nr. dX dY
10 * 915.5100 1018.1800 0.6 0.6 0 . -1 0.0 -0.0
11 * 999.3604 1060.7095 3.3 2.7-27 . -1 0.4 -0.5
12 * 903.6500 1108.8200 0.6 0.6 0 . -1 0.0 0.0
201 * 934.0019 1047.9952 4.3 3.6 5 . -1 1.9 -4.8
202 * 945.8063 1050.0967 5.5 5.0 2 . -1 -3.7 6.7
203 * 942.6966 1067.8159 3.8 3.5 -9 . -1 -3.4 5.9
204 * 930.8699 1065.7249 3.1 2.9 -5 . -1 -0.1 4.9
20 * 937.3163 1029.2376 3.4 3.2 1 . -1 3.3 -1.4
21 * 925.1654 1098.0054 3.4 3.2 -4 . -1 -1.6 2.4
22 * 986.8570 1054.3679 0.6 0.6 0 . -1 0.0 -0.1
23 * 984.0620 1068.3991 0.6 0.6 0 . -1 -0.0 0.1
203F * 951.2743 1084.8800 3.3 3.2-18 . -1 -4.7 2.0
204F * 942.6741 1089.2045 2.9 2.7-18 . -1 0.1 1.5

;Parameter
;--- Massstab Massstab ---
(default) [ppm] 0.000
+/- [ppm*10^3]
@ [ppm*10^3]
Signifikanz
;--- Massstab Massstab ---
mnetz [ppm] 0.000
+/- [ppm*10^3]
@ [ppm*10^3]
Signifikanz
;--- Massstab Massstab ---
mbandL1 [ppm] 427.252
+/- [ppm*10^3] 37513.372
@ [ppm*10^3] 427251.604
Signifikanz <>
;--- Massstab Massstab ---
mbandL2 [ppm] -226.872
+/- [ppm*10^3] 89075.049
@ [ppm*10^3] -226871.765
Signifikanz <>
;--- Massstab Massstab ---
mbandL3 [ppm] 0.000
+/- [ppm*10^3]
@ [ppm*10^3]
Signifikanz

; [gon]/[m] [mgon]/[mm]
;Beobachtungen Wert v s Red nv Nabla L
10 Ho 915.5100 0.0 0.6 0.2 0.5 48.6
10 Re 1018.1800 -0.0 0.6 0.2 2.0 45.2
12 Ho 903.6500 0.0 0.6 0.1 0.3 57.1
12 Re 1108.8200 0.0 0.6 0.2 2.0 46.4
22 Ho 986.8570 0.0 0.6 0.3 0.7 35.7
22 Re 1054.3680 -0.1 0.6 3.7 1.2 10.5
23 Ho 984.0620 -0.0 0.6 0.7 0.9 23.9
23 Re 1068.3990 0.1 0.6 4.1 1.1 10.0
mbandL1 b:p:1 1.0005 -0.1 0.0 98.8 0.2 0.1
mbandL2 b:p:1 0.9997 0.1 0.1 93.3 0.3 0.3
Netzmassstab = mnetz
;Messungslinie L1 0.0000 12 23 mbandL1
21 Fusspunkt
Abszisse 24.0700 0.2 3.2 11.3 0.2 34.8
Fluchtung 0.0000 0.4 3.2 13.7 0.4 31.1
203F Fusspunkt
Abszisse 53.2800 0.1 3.0 23.9 0.1 22.1
Fluchtung 0.0000 -0.5 2.9 28.2 0.3 19.8
203 Ordinate -19.0900 -0.5 2.9 27.1 0.3 20.3
203 Aufwinkeln 0.0000 0.1 3.0 23.9 0.1 22.1
204F Fusspunkt
Abszisse 43.6600 -2.1 2.8 35.2 1.2 16.8
Fluchtung 0.0000 0.7 2.5 47.0 0.4 13.2
204 Ordinate -26.2700 1.4 2.8 33.7 0.8 17.4
204 Aufwinkeln 0.0000 -1.8 2.9 28.6 1.1 19.6
23 Fusspunkt
Abszisse 89.9600 1.2 3.3 9.0 1.3 39.5
11 Fusspunkt
Fluchtung 0.0000 0.4 2.5 48.3 0.2 12.8
204F 203 Strebe 21.3800 -0.5 2.9 29.4 0.3 19.2
;Messungslinie L2 -5.0000 21 20 mbandL2
204 Fusspunkt
Abszisse 27.7900 -3.1 2.7 40.6 1.6 15.0

```

```

201      Fluchtung      0.0000      0.8      2.8 32.5      0.4 17.9
      Fusspunkt
      Abszisse      45.7900      5.2      2.9 31.0      3.1 18.5
20      Fluchtung      0.0000     -0.0      3.4  0.0      .   .
      Fusspunkt
      Abszisse      64.8500     -2.3      3.3 10.7      2.3 35.8
;Messungslinie L3      0.0000      10      22      mbandL3
      Fluchtung      0.0000     -2.4      3.2 11.9      2.4 33.8
11      Fusspunkt
      Fluchtung      0.0000     -0.3      3.1 17.0      0.2 27.4
201 202      Messband      11.9900     -0.0      3.4  0.0      .   .
203 202      Messband      17.9900      0.0      3.4  0.0      .   .
203 204      Messband      12.0100      0.1      3.0 23.1      0.1 22.6
204 201      Messband      18.0100     -5.8      2.7 38.2      3.1 15.8
22 23      Messband      14.3100     -3.1      0.8 94.9      1.1  2.9
10 20      Messband      24.4500     -0.4      3.3  7.7      0.4 42.8
11 22      Messband      14.0200     -0.3      2.9 31.3      0.2 18.4
;
;Varianzkomponentenschätzung 1. (alpha = 5.0%)
;
      [mgon]/[mm]/...
      [mgon]/[mm]/...
;Klasse  Anz.  s(a prior.)  s(a post.)  s(a post.)  Test-F  F-Quantil  Frei.gr.  Min  Max  Ausr.  m.abs.Abw.
;s0      37      1.0000      1.1481      1.1481      1.32      1.88      = 9
;Re      4      0.50      0.6084      0.6084      1.48      2.37      = 0.08 -0.11 0.12 0 3.8757
;Ho      4      0.50      0.3845      0.3845      1.69      5.63      = 0.01 -0.04 0.02 0 5.4626
;Abszisse 7      3.00      5.4232      5.4232      3.27      2.01 <> 1.62 -3.06 5.23 0 8.7347
;Fluchtung 8      3.00      1.9779      1.9779      2.30      2.93      = 1.99 -2.44 0.76 0 2.7983
;Ordinate 2      3.00      1.8875      1.8875      2.53      19.50     = 0.61 -0.54 1.37 0 3.1432
;Aufwinkeln 2      3.00      2.5197      2.5197      1.42      19.50     = 0.53 -1.82 0.14 0 3.7334
;Strebe 1      3.00      0.9716      0.9716      9.53      254.30    = 0.29 -0.53 -0.53 0 1.7928
;Messband 7      3.00      4.7162      4.7162      2.47      2.01 <> 1.95 -5.80 0.12 0 4.9752
;b:p:1 2      0.30      0.0744      0.0744      16.25     19.50     = 1.92 -0.07 0.07 0 0.0759
;
      [gon]/[m]
      [mgon]/[mm]
;Funktionen u.(Ausreißer) Wert      d      s      T      T-Quantil (5.0%)

```



Nun das gesamte Ausgleichsmodell als Xdesy-DLL-Quellcode (main\_katastermessung01a.cpp):

```
001 /*--- X d e s y -----
002
003 Modul:      mein_katastervermessung01a.cpp
004 Version:   1.000
005 Datum:    06.08.2010
006 Autor:    F. Kern
007
008 Beschreibung:
009   Beispielanwendung für die Xdesy-Ansteuerungs-Bibliothek Xdesy_Interface.dll
010   Ausgleichung von Orthogonalmessungen (Messungslinien) - katastervermessung01a.mkr
011
012 Unbekannte:      P, p, L, b;p
013 Beobachtungstypen: Ho, Re, Abszisse, Fluchtung, Ordinate, Aufwinkeln, Strebe, Messband
014
015 f.kern@xdesy.de   www.xdesy.de
016 -----*/
017 #include <stdio.h>
018 #include <math.h>
019 #include <string.h>
020
021 #include 'xdesy_interface.h'
022
023 void callbackfunc_report_warnings(char *str)
024 {
025     if (strncmp('W0052',str,5)==0 || strcmp('W0030',str,5)==0)
026     {
027         printf('%s\n',str);
028     }
029 }
030
031 void callbackfunc_report_errors(char *str)
032 {
033     printf('REPORT-E: %s\n',str);
034 }
035
036 int main(int argc, char* argv[])
037 {
038     int ret;
039     char str[1024];
040
041     printf('%s\n',xdesyAbout(str));
042     xdesyTellFeatures(callbackfunc_report_warnings);
043
044     xdesyOpen('Konstruiertes Beispiel zur Demo fast aller denkbaren Fälle','(c) 2010 Freddie Kern','Handbuch
045
046     int P[ 13],n_P =13;
047     int CLS[ 9],n_cls=9;
048     int p[ 4],n_p =4;
049     int L[ 3],n_l =3;
050     int M[ 37],n_m =37;
051     double std[3],para[2];
052     int idx[2];
053
054     P[ 0] = xdesyGKCoord2D('10'' , '11'' , 1018.180000, 915.510000);
055     P[ 1] = xdesyGKCoord2D('11'' , '11'' , 1060.710000, 999.360000);
056     P[ 2] = xdesyGKCoord2D('12'' , '11'' , 1108.820000, 903.650000);
057     P[ 3] = xdesyGKCoord2D('201'' , '11'' , 1048.000000, 934.000000);
058     P[ 4] = xdesyGKCoord2D('202'' , '11'' , 1050.090000, 945.810000);
059     P[ 5] = xdesyGKCoord2D('203'' , '11'' , 1067.810000, 942.700000);
060     P[ 6] = xdesyGKCoord2D('204'' , '11'' , 1065.720000, 930.870000);
061     P[ 7] = xdesyGKCoord2D('20'' , '11'' , 1029.239000, 937.313000);
062     P[ 8] = xdesyGKCoord2D('21'' , '11'' , 1098.003000, 925.167000);
063     P[ 9] = xdesyGKCoord2D('22'' , '11'' , 1054.368000, 986.857000);
064     P[10] = xdesyGKCoord2D('23'' , '11'' , 1068.399000, 984.062000);
065     P[11] = xdesyGKCoord2D('203F'' , '11'' , 1084.878000, 951.279000);
066     P[12] = xdesyGKCoord2D('204F'' , '11'' , 1089.203000, 942.674000);
067     std[0] = 0.0000; std[1] = 0.000000; std[2] = 0.0000;
068     std[0] = 0.0003; CLS[ 0] = xdesyMeasurementClass('b:p:1' ,std);
069     std[0] = 0.0030; CLS[ 1] = xdesyMeasurementClass('Abszisse' ,std);
070     std[0] = 0.0030; CLS[ 2] = xdesyMeasurementClass('Fluchtung' ,std);
071     std[0] = 0.0030; CLS[ 3] = xdesyMeasurementClass('Ordinate' ,std);
072     std[0] = 0.0030; CLS[ 4] = xdesyMeasurementClass('Aufwinkeln' ,std);
073     std[0] = 0.0030; CLS[ 5] = xdesyMeasurementClass('Strebe' ,std);
074     std[0] = 0.0030; CLS[ 6] = xdesyMeasurementClass('Messband' ,std);
075     std[0] = 0.0005; CLS[ 7] = xdesyMeasurementClass('Ho' ,std);
076     std[0] = 0.0005; CLS[ 8] = xdesyMeasurementClass('Re' ,std);
077     para[0] = 1.000000; p[0] = xdesyParameter('mnetz' , '0' ,para);
078     para[0] = 1.000000; p[1] = xdesyParameter('mbandL1' , '1' ,para);
079     para[0] = 1.000000; p[2] = xdesyParameter('mbandL2' , '1' ,para);
080     para[0] = 1.000000; p[3] = xdesyParameter('mbandL3' , '0' ,para);
```

```

081 xdesySetGlobalParameters('Netzmassstab','mnetz');
082 L[ 0] = xdesyAlignmentBase('L1','',, 0.000000,P[ 2],P[10],p[ 1]);
083 L[ 1] = xdesyAlignmentBase('L2','',, -5.000000,P[ 8],P[ 7],p[ 2]);
084 L[ 2] = xdesyAlignmentBase('L3','',, 0.000000,P[ 0],P[ 9],p[ 3]);
085 idx[ 0] = P[ 0]; M[ 0] = xdesyMeasurement(idx,CLS[7],915.5100,0.0);
086 idx[ 0] = P[ 0]; M[ 1] = xdesyMeasurement(idx,CLS[8],1018.1800,0.0);
087 idx[ 0] = P[ 2]; M[ 2] = xdesyMeasurement(idx,CLS[7],903.6500,0.0);
088 idx[ 0] = P[ 2]; M[ 3] = xdesyMeasurement(idx,CLS[8],1108.8200,0.0);
089 idx[ 0] = P[ 9]; M[ 4] = xdesyMeasurement(idx,CLS[7],986.8570,0.0);
090 idx[ 0] = P[ 9]; M[ 5] = xdesyMeasurement(idx,CLS[8],1054.3680,0.0);
091 idx[ 0] = P[10]; M[ 6] = xdesyMeasurement(idx,CLS[7],984.0620,0.0);
092 idx[ 0] = P[10]; M[ 7] = xdesyMeasurement(idx,CLS[8],1068.3990,0.0);
093 idx[ 0] = P[ 3]; idx[ 1] = P[ 4]; M[ 8] = xdesyMeasurement(idx,CLS[6], 11.9900,0.0);
094 idx[ 0] = P[ 5]; idx[ 1] = P[ 4]; M[ 9] = xdesyMeasurement(idx,CLS[6], 17.9900,0.0);
095 idx[ 0] = P[ 5]; idx[ 1] = P[ 6]; M[10] = xdesyMeasurement(idx,CLS[6], 12.0100,0.0);
096 idx[ 0] = P[ 6]; idx[ 1] = P[ 3]; M[11] = xdesyMeasurement(idx,CLS[6], 18.0100,0.0);
097 idx[ 0] = P[ 9]; idx[ 1] = P[10]; M[12] = xdesyMeasurement(idx,CLS[6], 14.3100,0.0);
098 idx[ 0] = P[ 0]; idx[ 1] = P[ 7]; M[13] = xdesyMeasurement(idx,CLS[6], 24.4500,0.0);
099 idx[ 0] = P[ 1]; idx[ 1] = P[ 9]; M[14] = xdesyMeasurement(idx,CLS[6], 14.0200,0.0);
100 idx[0] = P[ 8]; idx[1] = -1; M[ 15] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 1], 24.0700,0.0);
101 idx[0] = P[ 8]; idx[1] = -1; M[ 16] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 2], 0.0000,0.0);
102 idx[0] = P[11]; idx[1] = -1; M[ 17] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 1], 53.2800,0.0);
103 idx[0] = P[11]; idx[1] = -1; M[ 18] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 2], 0.0000,0.0);
104 idx[0] = P[11]; idx[1] = P[ 5]; M[ 19] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 3],-19.0900,0.0);
105 idx[0] = P[11]; idx[1] = P[ 5]; M[ 20] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 4], 0.0000,0.0);
106 idx[0] = P[12]; idx[1] = -1; M[ 21] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 1], 43.6600,0.0);
107 idx[0] = P[12]; idx[1] = -1; M[ 22] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 2], 0.0000,0.0);
108 idx[0] = P[12]; idx[1] = P[ 6]; M[ 23] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 3],-26.2700,0.0);
109 idx[0] = P[12]; idx[1] = P[ 6]; M[ 24] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 4], 0.0000,0.0);
110 idx[0] = P[10]; idx[1] = -1; M[ 25] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 1], 89.9600,0.0);
111 idx[0] = P[ 1]; idx[1] = -1; M[ 26] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 2], 0.0000,0.0);
112 idx[0] = P[12]; idx[1] = P[ 5]; M[ 27] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 0],idx,CLS[ 5], 21.3800,0.0);
113 idx[0] = P[ 6]; idx[1] = -1; M[ 28] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 1],idx,CLS[ 1], 27.7900,0.0);
114 idx[0] = P[ 6]; idx[1] = -1; M[ 29] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 1],idx,CLS[ 2], 0.0000,0.0);
115 idx[0] = P[ 3]; idx[1] = -1; M[ 30] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 1],idx,CLS[ 1], 45.7900,0.0);
116 idx[0] = P[ 3]; idx[1] = -1; M[ 31] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 1],idx,CLS[ 2], 0.0000,0.0);
117 idx[0] = P[ 7]; idx[1] = -1; M[ 32] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 1],idx,CLS[ 1], 64.8500,0.0);
118 idx[0] = P[ 7]; idx[1] = -1; M[ 33] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 2],idx,CLS[ 2], 0.0000,0.0);
119 idx[0] = P[ 1]; idx[1] = -1; M[ 34] = xdesyAlignmentBaseMeasurement(L[ 2],idx,CLS[ 2], 0.0000,0.0);
120 idx[0] = p[1]; M[ 35] = xdesyMeasurement(idx,CLS[0],1.000500,0.0);
121 idx[0] = p[2]; M[ 36] = xdesyMeasurement(idx,CLS[0],0.999700,0.0);
122
123 ret = xdesySolve('-a -i -ott.erg -D');
124 if (ret && xdesyGetStatus()==2) // solved
125 {
126     double xyz[3];
127     double sxyz[3];
128
129     printf('Koordinaten\n');
130     for (int i=0;i<n.p;i++)
131     {
132         xdesyGetResultGKCoord(P[i],2,xyz,sxyz);
133         printf('%d %12.31f %12.31f %8.31f %8.31f \n',i,xyz[0],xyz[1],sxyz[0],sxyz[1]);
134     }
135
136     double masstab[1];
137     double smasstab[1];
138
139     printf('Parameter\n');
140     for (int i=0;i<n.p;i++)
141     {
142         xdesyGetResultParameter(p[i],masstab,smasstab);
143         xdesyGetResultGKCoord(P[i],2,xyz,sxyz);
144         printf('%d %12.91f %12.91f\n',i,masstab[0],smasstab[0]);
145     }
146
147     double v;
148     double spost;
149     double r;
150     double nv;
151     int ret;
152
153     printf('Messwerte\n');
154     for (int i=0;i<n.m;i++)
155     {
156         ret = xdesyGetResultMeasurement(M[i],&v,&spost,&r,&nv);
157         if (ret==0)
158         {
159             printf('%2s %2d %6.31f %6.31f %6.31f %6.31f\n',i,v,spost,r,nv);
160         }
161         else
162         {

```

```

163     printf( "%2s %2d %6.3lf %6.3lf %6.3lf\n", '*', i, v, spost, r, nv);
164 }
165 }
166
167 int cnt;
168 double s;
169
170 printf( "Standardabweichung der Gewichtseinheit\n");
171 xdesyGetResultMeasurementClass(0, &cnt, &s);
172 printf( "Gewichtseinheit %d %lf\n", cnt, s);
173
174 printf( "Varianzkomponenten\n");
175 for (int i=0; i<n_cls; i++)
176 {
177     xdesyGetResultMeasurementClass( CLS[i], &cnt, &s);
178     printf( "%d %d %lf\n", i, cnt, s);
179 }
180 }
181 xdesyClose();
182 return 0;
183 }
184

```

## 5.2 Ausgleichung von Messungslinien in Kombination mit tachymetrischen Messungen

Die in Abb. 5 gezeigte Messdatenlage ist in der Datei `benningKAFKA88_komplett.mkr` umgesetzt.

## Literatur

- [Ben88] BENNING, W.: *Programmsystem KAFKA Komplexe Analyse flachenhafter Kataster-Aufnahmen Modell und Anwendung der Ausgleichung hybrider Lagemessungen*. Aachen : Geodätische Institut der Rheinisch-Westfälischen Technischen Universität Aachen, 1988 ( Nr. 44)
- [Het03] HETTWER, J.: *Numerische Methoden zur Homogenisierung grosser Geodatenbestände*. Aachen : Geodätische Institut der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, 2003 ( Nr. 60 - Dissertation). – ISSN 0515-0574

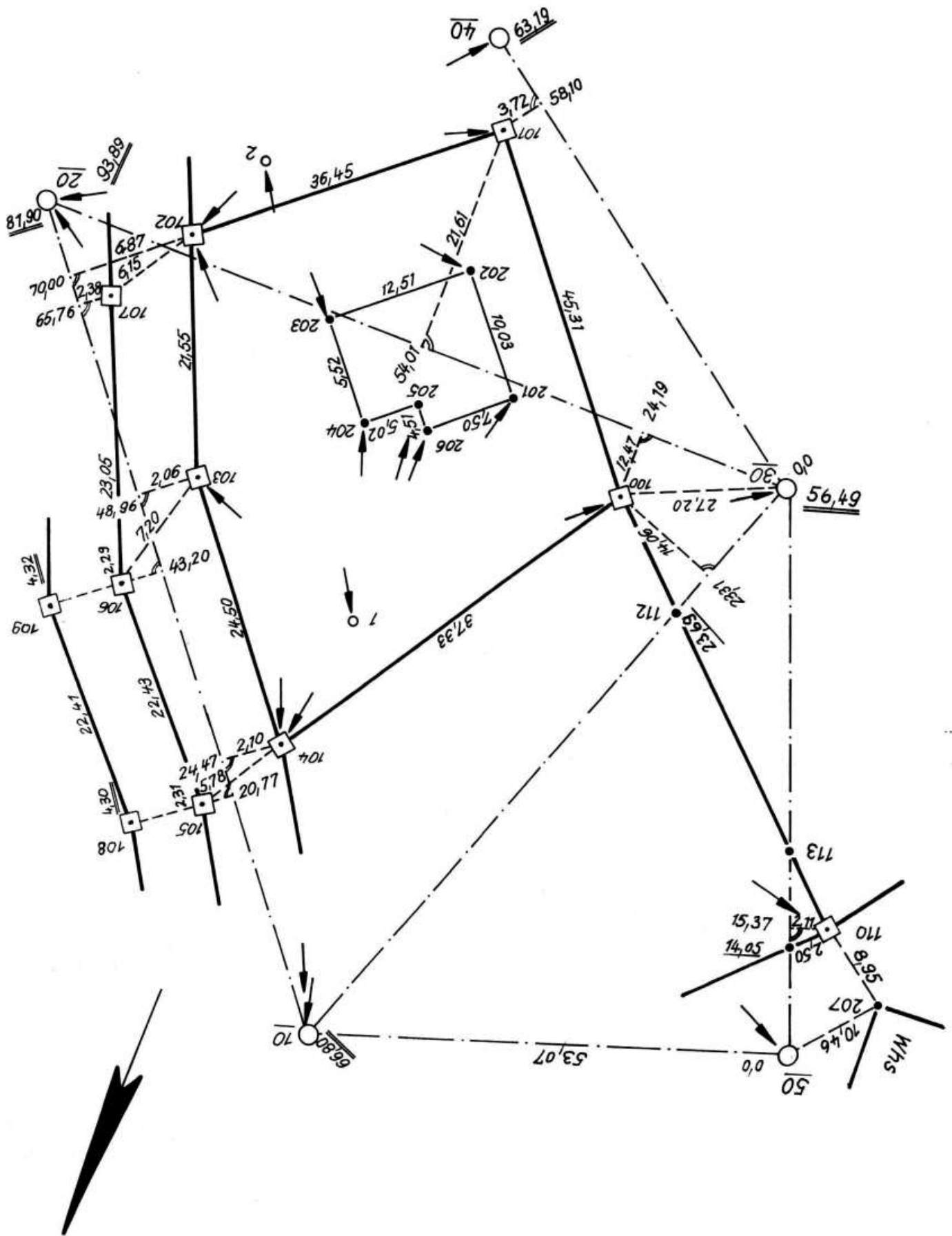


Abbildung 5: Vermessungsriß einer kombinierten Liegenschaftsvermessung aus [Ben88, S. 162-164].

## Index

Fusspunkt, 6  
L-Satz, 5  
Netzmassstab, 6  
p-Satz, 5

Abszisse, 3  
Anfangspunkt, 4  
Anlegemaß, 5  
Aufwinkeln, 4

Beobachtung  
    Abszisse, 6  
    Aufwinkeln, 7  
    Fluchten, 7  
    Lot, 9  
    Messband, 5, 8  
    Ordinate, 7  
    Parallelele, 10  
    Strebe, 8  
Beobachtungsgruppe, 10

Endpunkt, 4

Fluchtung, 4  
Fußpunkt, 6

Lotfußpunkt, 4

Maßstab  
    Messungslinie, 5–8  
    Netzmaßstab, 5–8  
Messungslinie, 3, 5

Ordinate, 3

Punkt  
    Fußpunkt, 6  
    Lotfußpunkt, 4  
    Schnittpunkt, 5  
    seitwärts liegend, 4

Standardabweichung  
    a priori, 10  
Steinbreite, 5  
Strebe, 5

Umringsmaß, 5