

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 3.00	Blatt 0-1

```

LL      EEEEE  SSSS  EEEEE  IIII  NN  NN
LL      EEEEE  SSSSSS EEEEE  IIII  NN  NN
LL      EE      SS  SS  EE      II  NNN  NN
LL      EEEEE  SSS   EEEEE  II   NNNN NN
LL      EEEEE  SSS   EEEEE  II   NN NNNN
LL      EE      SS  SS  EE      II  NN  NNN
LLLLLLL EEEEE  SSSSSS EEEEE  IIII  NN  NN
LLLLLLL EEEEE  SSSS  EEEEE  IIII  NN  NN

```

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

	ab Blatt
Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Literaturhinweise	0-4
Aufgabe im System	0-5
Überprüfung der Auftragsdaten	1-0
Übernahmeregeln	2-0
Standardwerte	3-0
Warnungen	4-0
Fehlermeldungen	5-0
Definition von Stationspunkten	6-0

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 3.00	Blatt 0-3

=====
AENDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	11.83
Änderung Wertebereich Zenitwinkel Blatt 1-2 geändert	04.01.84
Erweiterung um Mittelung von Beobachtungen Blatt 0-4, 4-0 geändert	7.85
Erweiterung bei Exzentrum-Zentrum-Definition durch Punktkennzeichen Blatt 6-0 geändert	8.85
Erweiterung um spezielle Zentrumsdefinition, Redaktionelle Ergänzung der Übernahmeregeln und Standardwerte Blätter 1-2, 1-3, 1-4, 2-1, 3-1, 4-0, 4-1, 6-1, 6-2 geändert	11.96
Redaktionelle Überarbeitung	10.97
Erweiterung um Auffelderung der freien Netzausgleichung auf die Anschlußpunkte und Restklaffenverteilung: mittlere Fehler von Anschlußpunkten und Zentrums- definitionen bei Punkten mit beweglichen Koordinaten Blätter 3-0, 6-1 geändert	4.98
Erweiterungen im Zusammenhang mit Berücksichtigung von Undulationen für Höhenmessungen Blätter 1-1, 1-2, 3-1, 4-0, 4-1, 5-0 geändert, Blatt 1-1.1 eingefügt	5.99
Einschränkungen bei der Übernahme von Ziffern für unvollständig eingegebene Koordinaten Blätter 1-1, 2-0, 4-0, 4-1 geändert	3.00

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 0-4

=====
LITERATURHINWEISE
=====

- (1) Das Trigonometrische Festpunktfeld in Nordrhein-Westfalen (TP-Erl.), Rderl. d. Innenministers v. 20. 2. 1976, in der Fassung vom 13. 7. 1983 (Smb1. NW. 71341)
- (2) Ergänzende Erläuterungen des Landesvermessungsamtes zum TP-Erl. (ErgE. TP-Erl.), Rdvfg. d. Landesvermessungsamtes vom 13. 7. 1983

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 0-5

=====
AUFGABE IM SYSTEM
=====

Das Modul =LESEIN= hat die Aufgabe, die Auftragsdaten für die nachfolgenden Auswertemoduln aufzubereiten. Dabei werden die Daten auf Plausibilität geprüft, unvollständige Datensätze ergänzt und die Informationen logisch miteinander verknüpft, so daß z. B. eine Bearbeitung nach aufsteigenden Punktkennzeichen oder der schnelle Zugriff auf die Beobachtungen eines Punktes möglich ist. Alle auszuwertenden Daten werden in den Verfahrensdateien abgelegt. Die Auswertemoduln greifen nur noch auf die Verfahrensdateien zu - nicht mehr auf die Auftragsdatei -, so daß nach jeder Änderung der Auftragsdatei =LESEIN= erneut aufgestartet werden muß.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 1-0

=====

UEBERPRUEFUNG DER AUFTRAGSDATEN

=====

=LESEIN= prüft die über die Auftragsdatei eingegebenen Daten auf Wertplausibilität, die Vollständigkeit der Datensätze und die Angaben im Vergleich der Datensätze untereinander. Grobe Messungsfehler und die Vollständigkeit der Daten in vermessungstechnischer Hinsicht können erst im Netzzusammenhang und damit erst in den nachfolgenden Moduln festgestellt werden.

Fehlerhafte bzw. fehlende Angaben können folgende Programmaktionen zur Folge haben

1. die Übernahme des Wertes aus einer vorhergehenden Eingabe
oder
2. das Einsetzen eines vorgegebenen Standardwertes
und / oder
3. die Ausgabe einer Warnung
oder
4. die Ausgabe einer Fehlermeldung

Die nachstehende Übersicht zeigt die Programmaktionen in Abhängigkeit vom eingegebenen Wert eines auszuwertenden Datenfeldes.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 3.00	Blatt 1-1

Punktdaten

Datenfeld	eingegabener Wert	Aktion
Numerierungsbezirk	.LE.0	Übernahme, ggf. Fehlermeldung
Punktnummer	.EQ.0	Fehlermeldung
Meridiankennziffer	.EQ.0	Übernahme
Führende Vorkommaziffern bei Rechts- und Hochwert	.EQ.0	Übernahme
erster Rechtswert mit Meridiankennziffer	.LE.2.5*10**5	Warnung
Lage- und Höhenkennung	.LT.0	Warnung, Standardwert
	.GT.4	Warnung, Standardwert
Mittlere Fehler	.LT.0.0005	Standardwert

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 5.99	Blatt 1-1.1

Beobachtungsdaten

Datenfeld	eingeegebener Wert	Aktion
Kennung der Beobachtungsart	.LT.0	Fehlermeldung
	.EQ.6	Fehlermeldung
	.EQ.7	Fehlermeldung
	.GT.9	Fehlermeldung
Aufbereitungskennung	.EQ.0	Übernahme bzw. Standardwert
	.LT.0	Fehlermeldung
	.GT.6	Fehlermeldung
Numerierungsbezirk Standpunkt	.LE.0	Übernahme, ggf. Fehlermeldung
	.EQ.0	Übernahme bzw. Fehlermeldung
Numerierungsbezirk Zielpunkt	.LE.0	Übernahme, ggf. Fehlermeldung
	.EQ.0	Übernahme bzw. Fehlermeldung
Richtung	.LT. -0.1	Fehlermeldung
	.GT.400.1	Fehlermeldung
Zenitwinkel Lage I	.LT. 20.0	Fehlermeldung
	.GT.180.0	Fehlermeldung
Zenitwinkel Lage II	.LT.220.0	Fehlermeldung
	.GT.380.0	Fehlermeldung
Mittlerer Fehler Richtung	.LE.0.00001	Übernahme bzw. Standardwert
	.LE.0.00001	Standardwert
Mittlerer Fehler Strecke	.LE.0.00001	Übernahme bzw. Standardwert
	.LE.0.00001	Übernahme bzw. Standardwert
Mittlerer Fehler nivellierter Höhenunterschied	.LE.0.00001	Übernahme bzw. Standardwert
	.LE.0.00001	Übernahme
Instrumentennummer Standpunkt	.EQ.0	Übernahme
Instrumentenhöhe Standpunkt bei Zenitwinkel	.LE.0.00001	Übernahme
Instrumentennummer Zielpunkt	.LE.0	Fehlermeldung
Instrumentenhöhe Zielpunkt bei Zenitwinkel	.LE.0.00001	Übernahme
Instrumentennummer bei Mikrowellendistanz	.GT.180	Fehlermeldung

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 5.99	Blatt 1-2

Beobachtungsdaten (Fortsetzung)

Datenfeld	eingegabener Wert	Aktion	
Reduktionsstand Richtung	.EQ.0	Übernahme bzw. Warnung, Standardwert	
	.LT.5	Warnung, Standardwert	
	.GT.8	Warnung, Standardwert	
Reduktionsstand Strecke	.EQ.0	Übernahme bzw. Warnung, Standardwert	
	.LT.-4	Warnung, Standardwert	
	.GT.7	Warnung, Standardwert	
Reduktionsstand Zenitwinkel	.EQ.0	Übernahme bzw. Warnung, Standardwert	
	.LT.0	Warnung, Standardwert	
	.EQ.2	Warnung, Standardwert	
	.EQ.4	Warnung, Standardwert	
	.GT.5	Warnung, Standardwert	
Reduktionsstand Höhenunterschied	.EQ.0	Übernahme bzw. Warnung, Standardwert	
	.LT.3	Warnung, Standardwert	
	.EQ.4	Warnung, Standardwert	
	.GT.5	Warnung, Standardwert	
Meßdatum Tag	.EQ.0	Übernahme	
	.EQ.0	Fehlermeldung	
	.GT.(MAX.)	Fehlermeldung	
	Monat	.EQ.0	Fehlermeldung
		.GT.12	Fehlermeldung
	Jahr	.LT.1900	Fehlermeldung
		.GT.2000	Fehlermeldung
.LE.30		Standardwert	
	.GT.30	Standardwert	
Feuchttemperatur Luftdruck	.LT.0.01	Standardwert	
	.LT.500.0	Fehlermeldung	

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 1-3

Eich- und Instrumentendaten

Datenfeld	eingegabener Wert	Aktion
Kennung der Instrumentenart	.EQ.0	Übernahme, ggf. Fehlermeldung
	.LT.0	Fehlermeldung
	.GT.5	Fehlermeldung
Instrumentennummer Standpunkt	.EQ.0	Übernahme, ggf. Fehlermeldung
Instrumentennummer Zielpunkt	.EQ.0	Fehlermeldung
Instrumentennummer bei Mikrowellendistanz	.GT.180	Fehlermeldung
Eichdatum	.EQ.0	Fehlermeldung
Tag	.EQ.0	Fehlermeldung
	.GT. (MAX.)	Fehlermeldung
Monat	.EQ.0	Fehlermeldung
	.GT.12	Fehlermeldung
Jahr	.LT.1900	Fehlermeldung
	.GT.2000	Fehlermeldung
	.LE.30	Standardwert
	.GT.30	Standardwert
Meßband-Sollänge	.LT.1.0	Standardwert
Ausdehnungskoeffizient	.LT.1.0	Standardwert
Zugspannung	.LT.1.0	Standardwert
Gewicht/Meter	.LT.1.0	Standardwert
Querschnittsfläche	.LT.0.05	Standardwert
Elastizitätsmodul	.LT.0.1	Standardwert
Feinmaßstab	.LT.0.001	Übernahme
Gerätekonstante N0	.LT.0.00001	Fehlermeldung

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 1-4

Netzdefinitionen

Datenfeld	ingegebener Wert	Aktion
Kennung der Netzdefinition	.LT.3	Fehlermeldung
	.GT.5	Fehlermeldung
Numerierungsbezirk Punkt 1	.LE.0	Übernahme, ggf. Fehlermeldung
Punktart und Punktnummer Punkt 1	.EQ.0	Fehlermeldung
Numerierungsbezirk Punkt 2	.LE.0	Übernahme, ggf. Fehlermeldung
Punktart und Punktnummer Punkt 2	.EQ.0	Übernahme, ggf. Fehlermeldung

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 3.00	Blatt 2-0

=====
UEBERNAHMEREGLN
=====

Übernahmeregeln können dann zur Anwendung kommen, wenn der Wert eines Datenfeldes nicht definiert ist, d. h. '0' oder ' ' eingegeben wurde, oder entsprechend vorstehender Übersicht die Angaben außerhalb des zulässigen Wertebereichs liegen.

Übernommen werden Werte aus einem vorangegangenen Datensatz, der gegebenenfalls schon durch Übernahme ergänzt wurde, oder aus dem gleichen Datensatz. Das bedingt, daß ein gültiger Wert für das betreffende Datenfeld bereits mindestens einmal im Auftragsdatenblock eingegeben sein muß, sofern nicht programmintern Standardwerte vorgegeben sind. Anderenfalls erfolgt eine Fehlermeldung.

Der Anwender kann die Übernahmeregeln gezielt nutzen, um die mehrmalige Eingabe gleicher Ziffern zu vermeiden.

Übernommen werden

- der Numerierungsbezirk *) im Punktdatensatz aus dem vorangegangenen Datensatz.
- die Meridiankennziffer blockübergreifend aus dem ersten Datensatz mit Anschluß- oder Näherungskoordinaten.
- führende Vorkommaziffern für Rechts- und Hochwert blockübergreifend aus dem vorangegangenen Datensatz mit Anschluß- oder Näherungskoordinaten, sofern der Rechtswert (mit Meridiankennziffer) der ersten eingegebenen Koordinaten größer $2.5 \cdot 10^{**5}$ ist.

Beispiel:

	eingegeben			gespeichert		
	Mk	Rechts	Hoch		Rechts	Hoch
1. ..	2535432.815		5631719.224		2535432.815	5631719.224
2. ..		4562.337	2984.143		2534562.337	5632984.143
3. ..		653.579	0759.664		2534653.579	5632759.664
				*** nicht ***		5630759.664

aber:

	eingegeben			gespeichert		
	Mk	Rechts	Hoch		Rechts	Hoch
1. ..		5432.815	719.224		5432.815	719.224
2. ..		562.337	2984.143		562.337	2984.143
3. ..		53.579	0759.664		53.579	759.664

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 2-1

- die Aufbereitungskennung aus dem vorangehenden Datensatz derselben Beobachtungsart.
 - der Numerierungsbezirk *) des Standpunktes aus dem vorangehenden Datensatz.
 - Punktart und Punktnummer des Standpunktes zusammen mit dem Numerierungsbezirk aus dem vorangehenden Datensatz.
 - der Numerierungsbezirk *) des Zielpunktes vom Standpunkt desselben Datensatzes, sofern Punktart und Punktnummer des Zielpunktes definiert sind.
 - Punktart und Punktnummer des Zielpunktes aus der unmittelbar vorangehenden Richtungssatz- oder Zenitwinkleingabe. Damit ist die Möglichkeit gegeben, auch bei Aufbereitungskennung 1 und 2 Wiederholungssätze ohne Angabe der Punktnummern einzugeben. Die Beobachtungswerte sind identisch der ersten Eingabe anzuordnen. Die mittleren Fehler und die Reduktionsstände werden ebenfalls, ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Eingabe, aus dem ersten Satz übernommen.
- In allen übrigen Fällen ist die Zielpunktnummer stets anzugeben.
- die mittleren Fehler von Richtungen, Zenitwinkeln, und Nivellierten Höhenunterschieden blockübergreifend aus der vorangehenden Eingabe derselben Beobachtungsart.
 - die Instrumentennummer im Standpunkt aus der vorangehenden Eingabe derselben Beobachtungsart.
 - die Instrumentenhöhen bei Zenitwinkeln vom vorhergehenden Zenitwinkel, wenn Punktart und Punktnummer des Standpunktes bzw. des Zielpunktes nicht erneut definiert sind.
 - der Reduktionsstand aus der vorangehenden Eingabe derselben Beobachtungsart.
 - das Meßdatum aus dem vorangehenden Datensatz.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 2-2

- die Kennung der Instrumentenart aus dem vorangegangenen Datensatz.
- die Instrumentennummer im Standpunkt aus dem vorangegangenen Datensatz.
- der Feinmaßstab bei den Eichdaten elektrooptischer Distanzmesser aus dem vorangegangenen Datensatz derselben Instrumentenart.
- der Numerierungsbezirk *) Punkt 1 aus dem vorangegangenen Datensatz.
- der Numerierungsbezirk *) Punkt 2 vom Punkt 1 desselben Datensatzes, sofern Punktart und Punktnummer Punkt 2 definiert sind.
- Punktart und Punktnummer Punkt 2 zusammen mit dem Numerierungsbezirk aus dem vorangegangenen Datensatz.

*) Anmerkung.

Bei Eingabe von definierten Numerierungsbezirken werden Punktart und Punktnummer zusammen 6-stellig in den Druckerausgaben wiedergegeben, der Numerierungsbezirk ergänzt zum maximal 14-stelligen Punktkennzeichen. In diesem Fall ist zumindest für das erste Punktkennzeichen in jedem Auftragsdatenblock ein Numerierungsbezirk anzugeben, der dann für nachfolgende Eingaben übernommen werden kann. Anderenfalls erfolgt eine Fehlermeldung.

Sollen keine Numerierungsbezirke verarbeitet werden, um z. B. bei fünfstelligen Arbeitsnummern die automatische Übernahme zu verhindern, so dürfen vom ersten Punktkennzeichen ab in der ganzen Auftragsdatei keine Numerierungsbezirke größer Null eingegeben werden. Hierbei kann der Wertebereich für das Datenfeld =Punktart und Punktnummer= auf $2 \cdot 10^9$ erweitert werden. Die spätere Eingabe von Numerierungsbezirken größer Null führt zu einer Fehlermeldung.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 4.98	Blatt 3-0

=====
STANDARDWERTE
=====

Standardwerte werden vom Programm dann eingesetzt, wenn für nicht definierte oder nicht zulässige Angaben die Übernahmeregeln nicht zweckmäßig sind oder nicht ausgeführt werden können, z. B. im ersten Datensatz eines Auftragsdatenblockes.

- Bei Eingabe der Lage- oder Höhenkennung außerhalb des zulässigen Wertebereichs nimmt das Programm einen Neupunkt ohne Koordinaten (Höhe) an.

- Fehlt bei festen oder beweglichen Anschlußpunkten nur die Angabe des mittleren Fehlers mfx des Hochwertes, so wird mfy als mittlerer Punktfehler interpretiert und gesetzt

$$mfy(\text{gespeichert}) = mfx(\text{gespeichert}) = mfy(\text{eingelese}) / \text{sqrt}(2)$$

- Ist der mittlere Fehler mfy für einen Rechtswert nicht gesetzt, so werden für mfy und mfx bei einem festen Anschlußpunkt 0.06 m, bei einem beweglichen Anschlußpunkt 0.10 m vorgegeben.

- Für den mittleren Fehler der beweglichen Anschlußhöhen sind 0.15 m vorgegeben.

- Liegt für die Aufbereitungskennung einer Richtung oder eines Zenitwinkels noch kein zu übernehmender Wert vor, so wird bei Richtungen die Eingabe von Ablesungen in zwei Fernrohrlagen und des Satzmittels angenommen, bei Zenitwinkeln nur die Eingabe von Satzmitteln bzw. Mitteln aus allen Sätzen.

- Anstelle der zu übernehmenden mittleren Beobachtungsfehler sind für die erstmalige Eingabe in der Auftragsdatei die folgenden Standardwerte vorgesehen

mf(Richtung)	(gon) = 0.0015
mf(Zenitwinkel)	(gon) = 0.0020
mf(nivellierter Höhenunterschied)	(m) = 0.005

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 5.99	Blatt 3-1

- Die Standardwerte für mittlere Streckenfehler berechnen sich nach den Formeln

$$\begin{aligned}
 \text{mf (Meßbandstrecke)} & \quad (\text{m}) = \text{ab1} + \text{ab2} * \text{sqrt}(s) + \text{ab3} * s \\
 \text{mf (elektrooptische Distanz)} & \quad (\text{m}) = \text{ae1} + \text{ae3} * s \\
 \text{mf (Mikrowellendistanz)} & \quad (\text{m}) = \text{am1} + \text{am3} * s
 \end{aligned}$$

mit

$$\begin{aligned}
 s & = \text{eingebene Strecke} \\
 \text{ab1} & = \text{Steuerparameter 3.1} \\
 \text{ab2} & = \text{Steuerparameter 3.2} * 10^{*-3} \\
 \text{ab3} & = \text{Steuerparameter 3.3} * 10^{*-3} \\
 \text{ae1} & = \text{Steuerparameter 3.4} \\
 \text{ae3} & = \text{Steuerparameter 3.5} * 10^{*-3} \\
 \text{am1} & = \text{Steuerparameter 3.6} \\
 \text{am3} & = \text{Steuerparameter 3.7} * 10^{*-3}
 \end{aligned}$$

- Liegt für den Reduktionsstand '0' einer Beobachtung noch kein zu übernehmender Wert vor, oder liegt der eingegebene Wert außerhalb des zulässigen Wertebereichs, so wird die Beobachtung als nicht reduziert (nicht orientiert / nicht korrigiert) angenommen, Höhenmessungen beziehen sich auf die Höhenbezugsfläche.
- Ist bei elektrooptischen und Mikrowellendistanzen keine Feuchttemperatur eingegeben worden, so wird im Modul =METKOR= der Dampfdruck auf 14.66542 mbar festgesetzt.
- Werden Meß- oder Eichdatum sechstellig eingegeben, so interpretiert das Programm die zweistelligen Jahresangaben über 30 als 19.., kleiner gleich 30 als 20..
- Als Meßbandsollänge wird bei fehlender Angabe 25 m bei Instrumentenart 1 und 50 m bei Instrumentenart 2 gesetzt.
- Die Eichzugspannung eines Meßbandes bis 25 m Sollänge wird mit 10 kp, bei mehr als 25 m mit 20 kp angenommen.
- Die übrigen Meßbandbeschreibungen werden wie folgt ergänzt

$$\begin{aligned}
 \text{Ausdehnungskoeffizient (} 10^{*-6} \text{ m / (m * Grad C))} & = 11.5 \\
 \text{Gewicht / Meter} & \quad (\text{p / m}) = 20.3 \\
 \text{Querschnittsfläche} & \quad (\text{mm}^{*2}) = 2.6 \\
 \text{Elastizitätsmodul} & \quad (10^{*6} \text{ kp / cm}^{*2}) = 2.0
 \end{aligned}$$

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 3.00	Blatt 4-0

=====
WARNUNGEN
=====

Warnungen dokumentieren Programmaktionen bei unzulässigen oder widersprüchlichen Auftragsdaten. Die betroffenen Datensätze werden verbessert in die Verfahrensdateien übernommen.

Die Prüfung auf Wertplausibilität führt gegebenenfalls zu

**** UNERLAUBTE BLOCKKENNUNG. BLOCK WIRD UEBERLESEN ****

**** UNERLAUBTE LAGEKENNUNG. NEUPUNKT OHNE KOORDINATEN WIRD ANGENOMMEN ****

**** UNERLAUBTE HOEHENKENNUNG. NEUPUNKT OHNE HOEHE WIRD ANGENOMMEN ****

**** UNERLAUBTER REDUKTIONSSTAND. BEOBACHTUNG WIRD ALS NICHT REDUZIERT ANGENOMMEN ****

bei Richtungen und Strecken

**** UNERLAUBTER REDUKTIONSSTAND. REDUKTIONSSTAND '1' WIRD ANGENOMMEN ****

bei Zenitwinkeln und

**** UNERLAUBTER REDUKTIONSSTAND. REDUKTIONSSTAND '3' WIRD ANGENOMMEN ****

bei Höhenunterschieden.

Ist der um die Meridianstreifen- bzw. Zonenkennziffer vervollständigte Rechtswert der ersten eingelesenen Anschluss- oder Näherungskordinaten kleiner $2.5 \cdot 10^5$, wird der Hinweis

**** 1. KOORDINATEN KEINE GAUSS-KONFORMEN, REDUKTIONEN PRUEFEN, KEINE ZIFFERNUEBERNAHME ****

ausgegeben. Falls trotz der unvollständigen Koordinaten eine Reduktion von Beobachtungen auf die Gauß'sche konforme Abbildungsebene

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 3.00	Blatt 4-1

gewünscht wird, müssen in den Steuerdaten die Zuschläge zum y-Wert und ggf. zum x-Wert entsprechend (in diesem Fall negativ) gesetzt werden. Des Weiteren wird bei Ausgabe dieses Hinweises das Auffüllen unvollständiger Koordinaten durch die Übernahme von Ziffern aus vorangehenden Datensätzen mit Anschluss- oder Näherungskordinaten ausgeschaltet.

Der Vergleich der Datensätze untereinander kann ergeben

**** LAGEINFORMATIONEN DOPPELT EINGEGEBEN. LETZTE EINGABE ****
WIRD ANGENOMMEN

und

**** HOEHENINFORMATIONEN DOPPELT EINGEGEBEN. LETZTE EINGABE ****
WIRD ANGENOMMEN

weiterhin

**** VORSTEHENDER RICHTUNGSSATZ ENTHAELT DOPPELZIELUNG ****

Bei

**** ZENTRUM BEREITS ALS EXZENTRUM DEFINIERT ****

wird das eingegebene Exzentrum dem Zentrum der ersten Definition zugeordnet.

Ein Ende der Auftragsdatei ohne Dateiendekennung führt zu

**** WARNUNG. UNERWARTETES ENDE DER AUFTRAGSDATEI ****

, sofern ein Auftragsdatenblock abgeschlossen ist.

Als Hinweis gedacht ist:

**** WARNUNG. NOCH WEITERE DATENSAETZE NACH DATEIENDEKENNUNG ****

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 5.99	Blatt 5-0

=====
FEHLERMELDUNGEN
=====

Fehlermeldungen werden dann ausgegeben, wenn fehlerhafte Auftragsdaten vom Programm nicht sinnvoll ersetzt werden können. Der betreffende Datensatz wird nicht in die Verfahrensdateien umgesetzt. Weiterhin hat eine Fehlermeldung den Abbruch der Verfahrensablaufsteuerung zur Folge, d. h. nach dem Einlesen wird kein Folgemodul für die weitere Auswertung vorgeschlagen.

Fehler in der Struktur der Auftragsdaten werden mit

**** FEHLER. DATENSATZ ENTSPRICHT NICHT FORMATIERUNG ****

kommentiert. Tritt dieser Fehler in fünfzehn aufeinanderfolgenden Datensätzen auf, erfolgt

**** WEGEN OBIGER FEHLER UEBERLESEN DES DATENBLOCKS ****

Fehler in den Formatangaben und Überschreitungen des intern darstellbaren Zahlenbereichs (für ganzzahlige Datenfelder etwa $2 \cdot 10^9$) können wegen der verwendeten FORTRAN-Routinen nicht abgefangen werden und führen zu unkontrollierten Programmabbrüchen.

Die Meldung

**** ABRUCH. UNERWARTETES ENDE DER AUFTRAGSDATEI ****

wird ausgegeben, wenn das Ende der Auftragsdatei innerhalb eines Auftragsdatenblockes ohne Blockendekennung erreicht wird.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 5-1

Bei der Prüfung auf Wertplausibilität (siehe Übersicht) können folgende Meldungen ausgegeben werden

```

**** FEHLER. PUNKTNUMMER = 0 ****
**** FEHLER. UNERLAUBTE DATENSATZ- ODER AUFBEREITUNGSKENNUNG ****
**** FEHLER. PUNKTNUMMER 1. STANDPUNKT = 0 ****
**** FEHLER. PUNKTNUMMER ZIELPUNKT = 0 ****
**** FEHLER. STANDPUNKT = ZIELPUNKT ****
**** FEHLER. UNERLAUBTE BEOBACHTUNGSGROESSE ****
**** FEHLER. INSTRUMENTENNUMMER GROESSER 180 ****
**** FEHLER. UNERLAUBTES DATUM ****
**** FEHLER. UNERLAUBTE DATENSATZKENNUNG ****
**** FEHLER. 1. INSTRUMENT IM STANDPUNKT = 0 ****
**** FEHLER. PUNKTNUMMER EXZENTRUM = 0 ****
**** FEHLER. PUNKTNUMMER 1. ZENTRUM = 0 ****

```

Die Meldung

```

**** FEHLER. BEOBACHTUNGSDATEN UNVOLLSTAENDIG ****

```

wird ausgegeben, wenn zu einer noch zu korrigierenden Strecke die Instrumentennummer(n) oder das Meßdatum fehlen, oder wenn bei einer meteorologisch noch zu korrigierenden Mikrowellendistanz keine Angabe zum Luftdruck gemacht wurde.

Ein

```

**** FEHLER. UNVOLLSTAENDIGER MIKROWELLENEICHDATENSATZ ****

```

liegt dann vor, wenn in einem Mikrowelleneichdatensatz weder eine Zielpunktinstrumentennummer noch die Gerätekonstante N0 eingegeben worden sind.

Weitere Kontrollen ergeben sich aus dem Vergleich der Datensätze untereinander.

Ein Wechsel im Eingabemodus der Numerierungsbezirke (siehe Anmerkung zu =Übernahmeregeln=) wird kommentiert mit

```

**** FEHLER. WIDERSPRUECHLICHE EINGABE DER NUMERIERUNGSBEZIRKE ****

```

Ein Wechsel im Meridianstreifen kann z. Z. vom Programm nicht ausgewertet werden. Stattdessen erfolgt die Fehlermeldung

```

**** FEHLER. PUNKT LIEGT NICHT IN ZUGELASSENEM MERIDIANSTREIFEN****

```

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 5-2

Die Prüfung von Richtungssätzen kann zur Meldung

**** FEHLER. VORSTEHENDER RICHTUNGSSATZ ENTHAELT NUR EINE RICHTUNG*
führen.

Bei Eingabe von Wiederholungs- und Kontrollenätzen wird

**** FEHLER. KONTROLLEINGABE FORMELL UNRICHTIG ****

ausgegeben, wenn die Anzahl der eingegebenen Beobachtungen nicht der Anzahl der Zielpunkte entspricht.

Bei Aufbereitungskennung 2, 3 und 4 kann es zur Meldung

**** FEHLER. KONTROLLEINGABE RECHNERISCH UNRICHTIG ****

kommen, wenn das vom Programm berechnete Mittel von dem eingegebenen Mittel um mehr abweicht, als der Steuerparameter 2.2 zuläßt.

Mit

**** FEHLER. EXZENTRUM BEREITS DEFINIERT ****

wird bei der Prüfung der Netzdefinition ein nicht ausgewerteter Datensatz beschrieben.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 6-0

=====
DEFINITION VON STATIONSPUNKTEN
=====

Für die im späteren Verfahrensablauf durchzuführenden Stationspunktberechnungen und -ausgleichungen sowie für die Zentrierungs- berechnungen ist die Definition von (Ausgleichungs-)Zentren und Exzentren erforderlich.

Dazu ist zunächst die Möglichkeit gegeben, im Auftragsdatenblock =Netzdefinitionen= beliebige Ausgleichszentren ohne Berücksichtigung von Numerierungsvorschriften zu definieren.

Bei Trigonometrischen Punkten ist in der Regel die Zugehörigkeit eines Punktes zu einem Stationszentrum durch das Punktkennzeichen erkennbar. Diese Informationen werden vom Programm zur Exzentrum-Zentrum-Definition genutzt, wenn der Steuerparameter 2.3 entsprechend besetzt ist. Weiterhin wird vorausgesetzt, daß die betroffenen Punkte nach den Nrn. 6.2 und 6.3 TP-ERL. NW (1) und der Nr. 1 ErgE. TP-Erl. NW (2) numeriert worden sind.

Die Untersuchung der Punktkennzeichen (PKZ) wird erst nach dem Einlesen aller Auftragsdaten durchgeführt. Im Einzelnen wird untersucht

- der Numerierungsbezirk NB (7.-14. Stelle des PKZ),
- die Punktart PA (6. Stelle des PKZ),
- die Punktnummer PNR (3.-5. Stelle des PKZ),
- die Unternummer UNR (1.+2. Stelle des PKZ).

Von der Untersuchung hinsichtlich Zentrum-Exzentrum sind ausgeschlossen

- Punkte mit Numerierungsbezirk NB .LT. 100 ,
- Punkte mit Numerierungsbezirk NB .GE. 10000 ,
- Punkte mit Punktnummern PNR .EQ. 000 sowie

bei entsprechender Belegung des Steuerparameters 2.3

- Punkte mit Punktart PA .NE. 0 .

Diese Punkte werden als Zentren, denen keine Exzentren zugeordnet sind, behandelt. Sie werden in den Beschreibungen als sonstige Punkte bezeichnet.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 4.98	Blatt 6-1

Für die übrigen Punkte werden der Numerierungsbezirk NB, die Punktart PA und die Punktnummer PNR zusammengefaßt zu

- dem Stationskennzeichen SKZ (3.-14. Stelle des PKZ).

Eine Station umfaßt alle Punkte mit demselben Stationskennzeichen SKZ.

Für jede Station wird ein Punkt als Ausgleichszentrum definiert. Alle übrigen Punkte einer Station werden dem Ausgleichszentrum als Exzentren zugeordnet.

Das Zentrum einer Station ist

- der Punkt, der in der speziellen Zentrumsdefinition (Netzdefinitions-kennung 3) angegeben wurde oder,

sofern keine spezielle Zentrumsdefinition vorgenommen wurde,

- der Punkt mit der größten Unternummer $UNR = n * 10$, wobei n eine beliebige ganze Zahl zwischen 0 und 9 darstellt, oder
- der Punkt mit der kleinsten Unternummer, sofern kein Punkt mit $UNR = n * 10$ in der Station vorgefunden wird.

Eine Ausnahme von den vorbeschriebenen Regeln zur Definition des Zentrums einer Station findet sich auf Stationen, für die nur Lageneupunkte und ein oder mehrere Punkte mit beweglichen Koordinaten, aber keine Anschlußpunkte mit endgültigen Koordinaten eingegeben wurden: In diesem Fall wird das Zentrum der bewegliche Anschlußpunkt mit dem kleinstem Punktkennzeichen. Dabei wird auch eine explizite Zentrumsdefinitionen außer Kraft gesetzt. Das Zentrum bleibt jedoch erhalten, wenn es selbst als beweglicher Anschlußpunkt eingegeben wurde. Durch diese Sonderregelungen wird erreicht, daß die beweglichen Koordinaten des Zentrums nur in der Netzausgleichung unter Berücksichtigung der durch die Auftrags-datei vorgegebenen mittleren Fehler verändert werden, nicht in den Stationsausgleichungen.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =LESEIN=	Stand 10.97	Blatt 6-2

In einem Auswerteverfahren sind sowohl die explizite Exzentrums-Zentrum-Definition wie auch die Definition durch Punktkennzeichen für verschiedene Stationen erlaubt.

Bei Anwendung beider Methoden für die gleiche Station lassen sich die Regelungen der Zuordnung durch Punktkennzeichen durch die explizite Zuordnung wie folgt beeinflussen:

Ist ein Exzentrums-Zentrum bereits explizit einem anderen Ausgleichszentrum zugeordnet worden, so bleibt diese Zuordnung erhalten.

Sind in einer expliziten Exzentrums-Zentrum-Definition für Exzentrums-Zentrum dieselben Punktkennzeichen eingegeben worden, so wird dieser Punkt als selbständige Station (sonstiger Punkt) behandelt.

Ist das durch Punktkennzeichen definierte Stationszentrum bereits explizit als Exzentrums-Zentrum eines anderen Ausgleichszentrums definiert worden, so gilt dieser Punkt als Ausgleichszentrum für alle Punkte der Station.

Bei gleichzeitiger Auswertung von trigonometrischen und Aufnahme-punkten (TP, AP) können zum Beispiel AP, die in der Nähe einer TP-Station liegen und nur von ihr aus bestimmt werden, als Exzentrums-Zentrum definiert werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =METKOR=	Stand 12.03	Blatt 0-1

```

MM      MM  EEEEE  TTTTTT  KK   KK  OOOO  RRRRR
MM      MM  EEEEE  TTTTTT  KK   KK  OOOOOO RRRRRR
MMM     MMM  EE      TT     KK  KK  OO   OO  RR   RR
MMMM  MMMM  EEEEE  TT     KKKK  OO   OO  RRRRR
MM  MM  MM  EEEEE  TT     KKKK  OO   OO  RRRRR
MM  M  MM  EE      TT     KK  KK  OO   OO  RR  RR
MM      MM  EEEEE  TT     KK   KK  OOOOOO RR   RR
MM      MM  EEEEE  TT     KK   KK  OOOO  RR   RR

```

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =METKOR=	Stand 10.97	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

	ab Blatt
Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Aufgabe im System	0-4
Streckenkorrekturen	1-0
Meßbandstrecken	1-1
Elektrooptisch gemessene Distanzen	1-2
Mikrowellendistanzen	1-3

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =METKOR=	Stand 12.03	Blatt 0-3

=====
AENDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	11.83
Erweiterung um Prüfung der Maßstabs- konstanten Blatt 1-2	8.85
Redaktionelle Überarbeitung	10.97
Erweiterungen für örtliche Koordinaten mit Einheit ungleich Meter Blatt 1-0 geändert	12.03

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =METKOR=	Stand 10.97	Blatt 0-4

=====
AUFGABE IM SYSTEM
=====

Im Modul =METKOR= werden die in der Auftragsdatei eingegebenen Strecken nach dem jeweiligen Reduktionsstand korrigiert.

In die Berechnung der Korrektionsbeträge gehen ein

- die Meß- und meteorologischen Daten der Streckenmessungen aus den Beobachtungsdaten der Auftragsdatei,
- die - ggf. durch Standardwerte ergänzten - Gerätekonstanten und Eichergebnisse aus den Eichdaten der Auftragsdatei sowie
- Parameter aus der Steuerdatei.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =METKOR=	Stand 12.03	Blatt 1-0

=====
STRECKENKORREKTIONEN
=====

Das Ergebnis der Streckenkorrekturen sind die aus den eingegebenen Strecken abgeleiteten geradlinigen Verbindungen zwischen Stand- und Zielpunktinstrument. Die korrigierten Strecken entsprechen den Strecken der Auftragsdatei, die nach dem zugehörigen Reduktionsstand vorab vollständig korrigiert worden sind.

Die Korrekturbeträge ergeben sich nach den in der Formelsammlung zum Programmsystem =KATRIN= angegebenen Formeln. Alle Berechnungen werden in der Einheit Meter ausgeführt. Ist für die Lagekoordinaten und damit auch für die Streckenmessungen eine andere Einheit als Meter gewählt worden, werden zunächst die eingegebenen Strecken mit dem Steuerparameter 4.2 in Meter überführt. Die resultierenden korrigierten Strecken und Korrekturbeträge werden für die Speicherung in den Verfahrensdateien sowie für die Druckerausgabe mit dem selben Steuerparameter in die Einheit der Eingabe zurückgerechnet. Alle anderen Größen, auch die Eich- und Instrumentendaten, sind stets in den vorgegebenen Einheiten einzugeben.

Für eine zu korrigierende Strecke werden anhand der Kennung der Beobachtungsart, der Instrumentennummer im Standpunkt und des Meßdatums die Eichdaten durchsucht. Für die Korrektur von Mikrowellendistanzen wegen Additionskonstanter wird zusätzlich die Instrumentennummer im Zielpunkt hinzugezogen.

Finden sich die beiden Eichungen, die jeweils vor und nach dem Meßdatum durchgeführt worden sind, können die Eichergebnisse interpoliert bzw. gemittelt werden.

Liegt das Meßdatum außerhalb des durch die Eichungen abgedeckten Zeitabschnittes, so wird die Eichung mit dem geringsten Zeitabstand zum Meßdatum verwendet. Strecken, die wegen fehlender Eichdaten nicht korrigiert werden können, werden in der Druckerausgabe gesondert ausgewiesen.

Die unveränderlichen Angaben zu den Instrumenten (z. B. Meßbandlänge, Feinmaßstab elektrooptischer Instrumente) werden jeweils der älteren Eichung entnommen, die zur Korrektur der Strecke herangezogen wird.

Je nach Beobachtungsart gelten die nachstehenden Besonderheiten.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =METKOR=	Stand 10.97	Blatt 1-1

=====
MESSBANDSTRECKEN
=====

Für die Korrektur einer Meßbandstrecke wird zunächst die sog. Normierte Bandkonstante berechnet. Das ist die Abweichung des Meßbandes, bezogen auf 1 m Länge und 0 Grad C Temperatur, wenn das Band aufliegend und ohne Zugspannung geeicht wäre.

Ist die Strecke als korrigiert wegen Meßbandkonstanter eingegeben worden, so wird bei dieser Berechnung die Bandkonstante aus den Eichdaten nicht berücksichtigt.

Liegen Eichergebnisse vor, deren Eichdatum das Meßdatum einschließen, wird die Normierte Meßbandkonstante zum Zeitpunkt der Messung durch Interpolation ermittelt.

Nach der Korrektur der Meßbandstrecke wegen der Normierten Meßbandkonstanten werden die Einflüsse von Durchhang, Temperatur und Zugspannung bei der Messung mit den Angaben aus den Beobachtungsdaten ermittelt und angebracht. Ist die Zugspannung bei der Messung nicht angegeben, so wird dieselbe Zugspannung wie bei der Eichung angenommen.

Der Einfluß des Durchhangs bei der Messung wird ohne Berücksichtigung des Höhenunterschiedes zwischen den Meßmarken berechnet. Der dadurch entstehende Fehler bleibt unter 0.5 mm, wenn der Höhenunterschied 10.8 m bei 50 m, 7.6 m bei 25 m nicht übersteigt.

Für eine Strecke, die bereits wegen Durchhang, Temperatur und Zugspannung korrigiert eingegeben wurde, berechnet sich der Korrektionsbetrag lediglich aus dem Anteil der Meßbandkonstanten aus den Eichdaten.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =METKOR=	Stand 10.97	Blatt 1-2

=====

ELEKTROOPTISCH GEMESSENE DISTANZEN

=====

An elektrooptisch gemessene Distanzen, die wegen Additionskonstanter noch zu korrigieren sind, werden sowohl die Additionskonstante als auch die Korrektur des zyklischen Phasenfehlers angebracht. Die Korrektur des zyklischen Phasenfehlers kann jedoch nur gerechnet werden, wenn der Feinmaßstab bei den Eichdaten angegeben wurde.

Bei Auswertung von zwei Eichergebnissen werden die angegebenen Additionskonstanten gemittelt, die Fourierkoeffizienten für den zyklischen Phasenfehler durch Interpolation berechnet.

Die meteorologische Korrektur umfaßt die 1. Geschwindigkeitskorrektur bzw. die Maßstabskorrektur sowie die 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur.

Die 1. Geschwindigkeitskorrektur berücksichtigt die Temperaturverhältnisse und den Luftdruck bei der Messung sowie die Ergebnisse der Eichung. Sie kann nur gerechnet werden, wenn die effektive Wellenlänge bei den Eichdaten angegeben wurde.

Werden zwei Eichungen bei einer Streckenkorrektur ausgewertet, ergibt sich die Gerätekonstante N_0 des Instrumentes zum Zeitpunkt der Messung durch Interpolation.

Ist keine Feuchttemperatur bei den Beobachtungsdaten eingegeben worden, so wird der Dampfdruck auf 14.66542 mbar festgesetzt.

Für Distanzmesser, die die Meteorologie bereits im Instrument berücksichtigen, ist als Maßstabskonstante statt der Gerätekonstanten N_0 die lineare Maßstabsverbesserung (als ppm-Wert) einzugeben. An die entsprechenden Distanzen wird statt der 1. Geschwindigkeitskorrektur eine Maßstabskorrektur angebracht. Die Maßstabsverbesserungen werden ggf. interpoliert.

Wurde für die Eichungen vor und nach dem Meßdatum einer Strecke einmal eine Gerätekonstante N_0 und einmal eine Maßstabsverbesserung eingegeben, wird zur Vermeidung unrichtiger Interpolationen nur die Maßstabskonstante der älteren Eichung verwendet.

Für die 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur kann der Refraktionskoeffizient für Lichtwellen im Steuerparameter 5.2 angegeben werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =METKOR=	Stand 10.97	Blatt 1-3

=====
MIKROWELLENDISTANZEN
=====

Mikrowellendistanzen werden entsprechend ihres Reduktionsstandes um die Additionskonstante und, als meteorologische Korrektur, um die 1. Geschwindigkeitskorrektur und die 2. Geschwindigkeits- einschließlich Bahnkrümmungskorrektur verbessert.

Die bei den Eichdaten anzugebende Additionskonstante bezieht sich stets auf die Instrumentenkombination in Stand- und Zielpunkt. Fällt die Messung in einen Zeitraum zwischen zwei Eichungen, werden die Additionskonstanten gemittelt.

Zeitlich verschiedene Gerätekonstanten N0 für das Standpunkt- instrument werden interpoliert.

Ist für die 1. Geschwindigkeitskorrektur keine Feuchttemperatur eingegeben worden, wird der Dampfdruck auf 14.66542 mbar fest- gesetzt.

Für die 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur kann der Refraktionskoeffizient für Mikrowellen im Steuerparameter 5.1 angegeben werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HORZON=	Stand 12.03	Blatt 0-1

```

HH   HH   OOOO   RRRRRR   ZZZZZZZ   OOOO   NN   NN
HH   HH   OOOOOO  RRRRRRR  ZZZZZZZ  OOOOOO  NN   NN
HH   HH   OO    OO  RR    RR    ZZ    OO    OO  NNN  NN
HHHHHHH  OO    OO  RRRRRR    ZZ    OO    OO  NNNN  NN
HHHHHHH  OO    OO  RRRRRR    ZZ    OO    OO  NN  NNNN
HH   HH   OO    OO  RR  RR    ZZ    OO    OO  NN  NNN
HH   HH   OOOOOO  RR  RR  ZZZZZZZ  OOOOOO  NN   NN
HH   HH   OOOO   RR    RR  ZZZZZZZ  OOOO   NN   NN

```

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HORZON=	Stand 10.97	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

ab Blatt

Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Aufgabe im System	0-4
Tachymeterstrecken (Begriffsdefinition)	1-0
Neigungsreduktionen	2-0
Neigungsreduktion aus Punkthöhen	2-1
Neigungsreduktion aus Höhenmeßwerten	2-2

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HORZON=	Stand 12.03	Blatt 0-3

=====
ÄNDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	11.83
Redaktionelle Überarbeitung	10.97
Erweiterungen für örtliche Koordinaten, örtliche Höhen mit Einheit ungleich Meter Blatt 2-0 geändert	12.03

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HORZON=	Stand 10.97	Blatt 0-4

=====
AUFGABE IM SYSTEM
 =====

Das Modul =HORZON= führt erstmals im Verfahrensablauf Neigungsreduktionen (Horizontierungen) an Strecken durch, die nach ihrem Reduktionsstand in der Auftragsdatei noch nicht reduziert sind.

Die Neigungsreduktion aus ausgeglichenen Punkthöhen wird, wie auch die anderen Beobachtungsreduktionen, im Modul =REDUZ= vorgenommen.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HORZON=	Stand 10.97	Blatt 1-0

=====
TACHYMETERSTRECKEN
=====

Während in TP-Netzen zugleich mit der Lage der Neupunkte auch deren Höhen bestimmt werden können, interessiert in anderen Verfahren meist nur die Lage, so daß Zenitwinkel nur zur Reduktion der Strecken, nicht zur Höhenbestimmung gemessen werden. Die verwendeten Tachymeter erlauben eine Koaxial- oder Parallelmessung von Zenitwinkel und Strecke, so daß oftmals keine Instrumentenhöhen in Stand- und Zielpunkt gemessen werden.

Das Programmsystem =KATRIN= trägt dieser Aufnahmemethode Rechnung, indem elektrooptische Distanzen, für die keine Instrumentenhöhen im Standpunkt eingegeben wurden, besonderen Algorithmen unterliegen. Zur Unterscheidung von den übrigen Beobachtungen wird hier der Begriff =Tachymeterstrecke= eingeführt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HORZON=	Stand 12.03	Blatt 2-0

=====
NEIGUNGSREDUKTIONEN
 =====

Das Ergebnis der Neigungsreduktionen sind die aus den korrigierten Strecken abgeleiteten geradlinigen Verbindungen zwischen den jeweiligen Endpunkten, näherungsweise bezogen auf die mittlere Höhe der Stand- und Zielpunktinstrumente über Bezugsfläche. Die reduzierten Strecken entsprechen den Strecken der Auftragsdatei, die nach dem zugehörigen Reduktionsstand vorab nur wegen Neigung reduziert worden waren.

Je nach Art und Umfang der zur Verfügung stehenden Informationen wird eine Neigungsreduktion aus Punkthöhen oder Höhenmeßwerten, das sind Zenitwinkel oder nivellierte Höhenunterschiede, gerechnet.

Die Beträge der Neigungsreduktionen ergeben sich nach den in der Formelsammlung zum Programmsystem =KATRIN= angegebenen Formeln. Alle Berechnungen werden in der Einheit Meter ausgeführt. Ist für Höhen in örtlichen Systemen und damit auch für die eingegebenen Höhenunterschiede eine andere Einheit gewählt worden, werden diese mit dem Steuerparameter 4.3 in Meter überführt. Die Instrumentenhöhen in Stand- und Zielpunkt sind stets in Metern einzugeben. Ist für die Lagekoordinaten und damit auch für die Streckenmessungen eine andere Einheit als Meter gewählt worden, werden zunächst die auszuwertenden Schrägstrecken mit dem Steuerparameter 4.2 in Meter überführt. Die resultierenden horizontierten Strecken sowie die Horizontierbeträge werden mit dem selben Steuerparameter wieder in die gewünschte Einheit gebracht. Für die Druckerausgabe werden alle Maße in diese Einheit umgerechnet.

Strecken, die wegen fehlender Daten nicht horizontiert werden können, werden in der Druckerausgabe gesondert ausgewiesen. Sie werden in den nachfolgenden Moduln unterschiedlich behandelt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HORZON=	Stand 10.97	Blatt 2-1

=====

NEIGUNGSREDUKTION AUS PUNKTHÖHEN

=====

Strecken, für deren Endpunkte Anschluß- oder Näherungshöhen eingegeben wurden, werden aus Punkthöhen horizontiert.

Ist infolge eines Eingabefehlers der Höhenunterschied zwischen Stand- und Zielpunktinstrument größer als die Schrägstrecke, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

Tachymeterstrecken werden nicht aus Punkthöhen horizontiert (siehe Neigungsreduktion aus Höhenmeßwerten).

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HORZON=	Stand 10.97	Blatt 2-2

=====

NEIGUNGSREDUKTION AUS HÖHENMESSWERTEN

=====

Für Strecken, die nicht neigungsreduziert eingegeben und nicht aus Punkthöhen horizontalisiert worden sind, werden zunächst die Stand- und Zielpunktidentischen Zenitwinkel und eingegebenen Höhenunterschiede und die Gegensichten zusammengestellt.

Jeder dieser Höhenmeßwerte wird umgerechnet zum sog. reduzierten Zenitwinkel zwischen Stand- und Zielpunktinstrument bei der Streckenmessung. Die reduzierten Zenitwinkel werden gemittelt. Aus diesem Mittelwert wird der Horizontierbetrag für die Strecke berechnet.

Die Gewichte bei der Mittelung werden aus den eingegebenen mittleren Fehlern der Meßwerte bestimmt.

Gibt es mehr als acht Höhenmeßwerte für eine Stand-Zielpunkt-Kombination, werden überschüssige Meßwerte nicht berücksichtigt.

Aus jedem einzelnen Höhenmeßwert wird zusätzlich der Horizontierbetrag abgeleitet und mit dem Horizontierbetrag aus dem Mittelwert verglichen. Bei einer Differenz von 5 mm und größer wird der Horizontierbetrag in der erweiterten Druckerausgabe gekennzeichnet.

Ist infolge eines Eingabefehlers der aus dem reduzierten Zenitwinkel resultierende Höhenunterschied zwischen Stand- und Zielpunktinstrument größer als die Schrägstrecke, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

Tachymeterstrecken werden nur mit standpunktidentischen Zenitwinkeln ohne Standpunktinstrumentenhöhe ($g = i = 0.0$) reduziert, Gegensichten werden nicht ausgewertet. Die eingegebenen Instrumentenhöhen im Zielpunkt werden nicht berücksichtigt ($r = t = 0.0$).

Für die Horizontalisierung der anderen Strecken werden Zenitwinkel ohne Standpunktinstrumentenhöhen nicht verwendet.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 0-1

```

NN   NN   AA   EEEEEE KK   KK   00000  2222
NN   NN   AA   EEEEEE KK   KK   0000000 222222
NNN  NN   AAAA  EE     KK  KK   00   00  22  22
NNNN NN   AAAA  EEEEEE KKKK   00   00   22
NN NNN  AA  AA  EEEEEE KKKK   00   00   22
NN  NNN  AAAAAA EE     KK  KK   00   00   22
NN   NN  AAAAAAA EEEEEE KK   KK   0000000 222222
NN   NN  AA    AA  EEEEEE KK   KK   00000  222222

```

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

ab Blatt

Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Literaturhinweise	0-4
Aufgabe im System	0-5
Näherungskoordinatenberechnungen	1-0
Berechnungsfolge	1-1
Orientierung von Richtungssätzen	2-0
Einzelpunkteinschaltung	3-0
Gewichte der Beobachtungen	3-1
Subkoordinatensysteme	3-2

LANDESMESSTUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 0-3

=====
AENDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	11.83
Überarbeitung der Orientierung von Richtungssätzen, Erweiterung um mittleren Zeileinstellfehler und orientiert eingegebene Richtungen Blätter 1-1, 2-0, 3-1	6.89
Redaktionelle Überarbeitung	10.97

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 0-4

=====
LITERATURHINWEISE
=====

- (1) Benning, W., Ahrens, B., Konzept und Realisierung eines Systems zur automatisierten Fehlerlokalisierung und automatischen Berechnung von Näherungskoordinaten, Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungswesen des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 2, 1979, S. 107-124.

Benning, W., Förstner, W., Datenbereinigung und automatische Berechnung von Näherungskoordinaten in geodätischen Lage-netzen - Das Programm NAEKO -, Zeitschrift für Vermessungs-wesen, Heft 2, 1979, S. 52-60.

Benning, W., Zur EDV-unterstützten trigonometrischen Einzel-punkteinschaltung, Der Vermessungsingenieur, Heft 1, 1979, S. 6-9 (nicht realisiert).

Benning, W., Programmablaufplan und Entscheidungstabellen für das Beispiel der Einzelpunkteinschaltung, Der Vermessungs-ingenieur, Heft 3, 1979, S. 61-65 (nicht realisiert).

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 0-5

=====
AUFGABE IM SYSTEM
=====

=NAEKO2= berechnet die Lagekoordinaten derjenigen Punkte, die durch die Auftragsdatei als Lageneupunkte ohne Näherungskordinaten definiert sind. Diese werden benötigt für die erstmalige Durchführung

- der Berechnung von Höhenunterschieden aus Zenitwinkeln,
- der Gauß-Krüger-Reduktion und der Zentrierung von Richtungen und Strecken,
- der Ausgleichung der örtlichen Messungen und des Lagenetzes

Darüberhinaus können die von der Netzausgleichung ausgeschlossenen Punkte (z. B. Polarpunkte) mit Anschluß an ausgeglichene Koordinaten abschließend berechnet werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 1-0

=====
NAEHERUNGSKOORDINATENBERECHNUNGEN
=====

Die Koordinaten der Neupunkte werden fortlaufend mit Anschluß an die bereits koordinierten Punkte berechnet (fortgesetzte Einzelpunkteinschaltung).

Bei Überbestimmung des Neupunktes im jeweiligen Berechnungsstand wird eine Einzelpunktausgleichung durchgeführt. Ein statistischer Test ermittelt Größen für die Kontrolliertheit und die Zuverlässigkeit der beteiligten Beobachtungen. Diese Informationen werden zur Datenbereinigung für die jeweilige Einzelpunktausgleichung und zur Steuerung des Berechnungsablaufs in =NAEKO2= genutzt.

Die Berechnungsfolge der Neupunkte wird durch eine jedem Neupunkt zugeordnete Priorität geregelt.

Richtungssätze werden in gesonderten Rechenschritten orientiert.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 1-1

=====
BERECHNUNGSFOLGE
=====

Als erster bzw. nächster Punkt wird der Punkt mit den meisten Bestimmungsstücken berechnet.

Hierbei gelten als Bestimmungstücke Strecken, unabhängig von ihrem Korrektions- und Reduktionsstand, und alle Richtungen, die als orientiert eingegeben wurden. Weiterhin zählen alle Außenrichtungen aus Richtungssätzen, die widerspruchsfrei orientierbar sind, und alle Innenrichtungen, wobei pro Richtungssatz je eine Richtung für die Orientierungsunbekannte in Abzug gebracht wird. Ziel- bzw. Standpunkt einer jeden Beobachtung müssen mit endgültigen, beweglichen oder Näherungskoordinaten bekannt sein.

Bei gleicher Anzahl der Bestimmungstücke wird derjenige Punkt als Berechnungspunkt ausgewählt, der auf kürzestem Rechenweg von einem gegebenen Anschlußpunkt ableitbar ist.

Die Parameter für die Priorität der Neupunkte werden in einer arbeitsspeicherinternen Datei der redundanten Punkte gelistet. Durch die Dimensionierung des Programms ist ihre Kapazität begrenzt. Bei Überlauf wird eine Warnung ausgegeben, weil die Berechnungsfolge verfälscht werden kann.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 2-0

=====
ORIENTIERUNG VON RICHTUNGSSÄTZEN
=====

Vor der ersten Einzelpunkteinschaltung werden die Richtungssätze orientiert, die auf Punkten gemessenen wurden, für die bereits Koordinaten vorliegen, und die mindestens eine Richtung zu einem weiteren koordinierten Punkt enthalten. Nach einer Einzelpunkteinschaltung werden die Richtungssätze mit dem berechneten Punkt als Standpunkt orientiert. Dabei wird auch untersucht, ob Richtungssätze, in denen der berechnete Punkt als Zielpunkt auftritt, erstmals, gegebenenfalls auch nach Zurückstellung wegen nicht aufzudeckender Widersprüche, orientiert werden können.

Der Orientierungswinkel berechnet sich als Differenz aus dem aus Koordinaten abgeleiteten Richtungswinkel und dem Beobachtungswert der zugehörigen Richtung.

Bei mehr als einer Richtung zu koordinierten Punkten im Richtungssatz werden die Orientierungswinkel unter Ansatz der Richtungsgewichte vor der Ausgleichung gemittelt. Zudem werden alle Richtungen einem statistischen Test unterzogen. In die Berechnung der Normierten Verbesserung geht neben der Richtungsverbesserung und dem Gewicht ein Redundanzanteil ein. Dieser wird jedoch nur aus der Orientierungsberechnung abgeleitet, Redundanzanteile aus einer eventuell zuvor durchgeführten Einzelpunktausgleichung werden nicht berücksichtigt.

Übersteigt die Normierte Verbesserung einer Richtung den kritischen Wert k (Steuerparameter 9.3), wird die Orientierungsberechnung unter Ausschluß dieser Richtung wiederholt. Finden sich keine zwei Richtungen, die die Orientierung widerspruchsfrei festlegen, so wird der Richtungssatz als nicht orientiert gekennzeichnet. Seine Orientierung wird erst wieder versucht, wenn ein weiterer Zielpunkt koordiniert wurde.

Nicht überbestimmte und bestätigte Orientierungen bleiben auch nach Koordinierung weiterer Zielpunkte unverändert erhalten.

Die Anzahl der einzelnen Orientierungswinkel pro Richtungssatz ist auf 30 begrenzt. Bei Überschreiten dieser Dimensionierungsgrenze werden überschüssige Beobachtungen nicht ausgewertet.

Vor der ersten Einzelpunkteinschaltung werden auch Strecken kontrolliert, die zu Neupunkten mit vorliegenden Näherungskordinaten oder zur besseren Bestimmung des Netzmaßstabs zwischen Anschlußpunkten gemessen wurden. Weiterhin werden die orientiert eingegebenen

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 2-1

nen Richtungen zwischen koordinierten Punkten einer Prüfung unterzogen. Übersteigt die Normierte Verbesserung, berechnet als Verhältnis der Differenz zwischen gemessener und gerechneter Beobachtung zum mittleren Fehler den kritischen Wert k , so wird eine Fehlermeldung ausgegeben. Dabei berechnet sich der mittlere Fehler entsprechend der Berechnung der Gewichte vor der Ausgleichung.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 3-0

=====

EINZELPUNKTEINSCHALTUNG

=====

Für den zur Berechnung anstehenden Neupunkt wird zunächst geprüft, ob Art und Anzahl der Bestimmungsstücke ausreichen, den Punkt eindeutig zu berechnen. Stellt sich bereits hier heraus, daß der Neupunkt nicht bestimmbar ist, wird versucht, ihn in einem Subkoordinatensystem zu berechnen. Ist der Punkt berechenbar, werden zunächst mit zwei Bestimmungsstücken die ersten Näherungskordinaten berechnet.

Bei Überbestimmung des Neupunktes wird nun eine Einzelpunktausgleichung durchgeführt.

Nach der Ausgleichung werden die beteiligten Beobachtungen im statistischen Test auf ihre Zuverlässigkeit geprüft. Ggf. wird die Ausgleichung nach Verwerfen der als grob fehlerhaft erkannten Beobachtungen wiederholt.

Finden sich keine drei Bestimmungsstücke, die den Neupunkt widerspruchsfrei bestimmen, oder konvergiert die Ausgleichung auch nach versuchsweisem sukzessiven Ausschließen von Beobachtungen nicht, so wird die Berechnung des Punktes im weiteren Berechnungsablauf zurückgestellt und ein entsprechender Kommentar ausgedruckt.

Ebenfalls zurückgestellt wird die Berechnung eines Punktes, dessen Bestimmungsstücke zwei oder - wegen Datenfehlern - keine Lösungen zulassen.

Ein zurückgestellter Neupunkt wird erst dann wieder in die Berechnungsfolge eingegliedert, wenn durch die Berechnung weiterer Neupunkte zusätzliche Bestimmungsstücke zur Verfügung stehen.

Die Anzahl der Bestimmungsstücke in einer Einzelpunktausgleichung ist auf 30 Beobachtungen und 7 Orientierungsunbekannte begrenzt. Bei Überschreiten einer Dimensionierungsgrenze wird eine Warnung ausgegeben, überschüssige Beobachtungen werden nicht ausgewertet.

Der kritische Wert k für den statistischen Test wird vom Anwender durch den Steuerparameter 9.3 eingegeben. In Verfahren mit inhomogenen Netzstrukturen oder mit Polygonnetzen empfiehlt sich eine Überhöhung des Wertes.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 3-1

=====

GEWICHTE DER BEOBACHTUNGEN VOR DER AUSGLEICHUNG

=====

Die Beobachtungsgewichte, die für die Einzelpunktausgleichungen und die überbestimmte Orientierung von Richtungssätzen benötigt werden, werden aus den eingegebenen mittleren Fehlern berechnet. Bei Richtungen wird zusätzlich der Zieleinstellfehler (Steuerparameter 9.5) berücksichtigt, sein Einfluß ist entfernungsabhängig. Der Anwender kann die mittleren Fehler für Strecken und Richtungen gruppenweise mit den Steuerparametern 9.1 und 9.2 überhöhen (vergl. Formelsammlung zum Programmsystem =KATRIN=).

Nicht horizontierte Strecken können nicht generell von der Koordinatenberechnung ausgeschlossen werden, weil sie eventuell für die Bestimmung des Punktes notwendig sind. Um jedoch ihren Einfluß gegenüber anderen Beobachtungen zu mindern, wird ihr mittlerer Fehler vor der Überhöhung auf 1 m gesetzt.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =NAEKO2=	Stand 10.97	Blatt 3-2

=====
SUBKOORDINATENSYSTEME
=====

Stehen für den zur Berechnung anstehenden Neupunkt nicht genügend Bestimmungsstücke, jedoch mindestens eine Verbindung zum Koordinierten Netz zur Verfügung, so versucht das Programm in einem Subkoordinatensystem zu rechnen.

Dafür werden zunächst ergänzend zu den vorhandenen Beobachtungen willkürlich ein Richtungswinkel zu 0 gon und/oder eine Strecke zu 1000 m angenommen. An den somit berechenbaren Neupunkt und seinen Anschlußpunkt werden weitere Punkte angehängt. Für jeden Berechneten Punkt wird jetzt geprüft, ob er bereits im Anschlußnetz vorgegeben ist und der tatsächliche Wert der angenommenen Bestimmungsstücke durch Drehung oder Verschiebung des Subsystems berechnet werden kann (vergl. (1), Abb. 4).

Ist das nicht der Fall, wird die Einrechnung mithilfe von Beobachtungen zu den im Anschlußnetz koordinierten Punkten versucht.

Die zusätzliche Annahme von Beobachtungsgrößen (1000 m-Strecken) läßt weitere Subsysteme entstehen und ermöglicht damit die Lösung von Messungsanordnungen wie die kombinierte Stand-Ziel-punkt-Zentrierung oder die Richtungsübertragung.

Nach Ersetzen der anfangs angenommenen Beobachtungen durch die abgeleiteten Beobachtungsgrößen wird die Berechnungsfolge des Subsystems nun im übergeordneten Koordinatensystem wiederholt.

Läßt sich im Subsystem kein Punkt mehr berechnen und findet sich kein geeigneter Abschluß für die eindeutige Einrechnung, bricht die Berechnung des Subsystems mit einer Fehlermeldung ab. Bei Überbestimmung in den Abschlußbeobachtungen werden Widersprüche gesucht. Dazu werden die Streckenverbesserungen bzw. die Querabweichungen der Richtungen mit dem Steuerparameter 9.4 verglichen. Ein Überschreiten des Grenzwertes führt ebenfalls zum Abbruch der Berechnung im Subsystem.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 1.07	Blatt 0-1

```

HH   HH   00000  EEEEE  HH   HH  EEEEE
HH   HH  000000  EEEEE  HH   HH  EEEEE
HH   HH  00   00  EE     HH   HH  EE
HHHHHHH  00   00  EEEEE  HHHHHHH  EEEEE
HHHHHHH  00   00  EEEEE  HHHHHHH  EEEEE
HH   HH  00   00  EE     HH   HH  EE
HH   HH  000000  EEEEE  HH   HH  EEEEE
HH   HH   00000  EEEEE  HH   HH  EEEEE

```

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 3.02	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

	ab Blatt
Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Aufgabe im System	0-4
Höhenberechnungen	1-0
Auswahl der Punkte	2-0
Ausgleichung ohne Berücksichtigung der einggegebenen Höhen der Anschlusspunkte	2-1
Auswahl der Höhenmessungen	2-2
Berechnung der Höhenunterschiede vor der Ausgleichung	3-0
Ausgleichung	4-0
Fehlergleichungen	4-1
Gewichte der Beobachtungen	4-2

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 1.07	Blatt 0-3

=====
AENDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	11.83
Änderungen in Umrechnung der Zenitwinkel Blatt 3-0 geändert Blatt 3-1 eingefügt	7.85
Redaktionelle Überarbeitung	10.97
Erweiterung um Berücksichtigung von Undulationen für Höhenmessungen Blätter 0-4, 2-2, 3-0, 3-1, 4-2 geändert Blatt 3-2 eingefügt	5.99
Programmabbruch bei Überschreiten der maximalen Anzahl der Neupunkte in der Ausgleichung Blatt 2-0 geändert	5.01
Auffelderung freier Höhensysteme auf die Anschlusshöhen Blätter 0-2, 2-1 geändert	3.02
Erweiterungen für örtliche Koordinaten, örtliche Höhen mit Einheit ungleich Meter Blätter 0-4, 3-1, 4-2 geändert Blatt 3-1.1 eingefügt	12.03
Erweiterung um Interpolation von Undulationen im Stützpunktgitter Blätter 0-4, 3-2 geändert	1.07

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 1.07	Blatt 0-4

=====
AUFGABE IM SYSTEM
 =====

Die Berechnung der Höhen von Verfahrenspunkten erfolgt im Modul =HOEHE=. Dazu werden neben den in die Auftragsdatei eingegebenen Höhenunterschieden die aus Zenitwinkeln berechneten Höhenunterschiede herangezogen.

Die Höhenberechnungen finden je nach eingegebenen Anschlußhöhen in einem örtlichen oder einem amtlichen Höhensystem statt. Amtliche Höhensysteme können Höhen über der Höhenbezugsfläche, z. B. Normal-Null NN oder Normalhöhen-Null NHN, oder über dem Bezugsellipsoid der Lagevermessung, z. B. dem ETRS 89, sein. Dabei werden sowohl Höhenmessungen über der Höhenbezugsfläche als auch abgeleitete, auf das Ellipsoid bezogene Messungen, z. B. aus GPS-Messungen, verarbeitet. Die Messungen werden je nach eingegebener Reduktionskennung entsprechend umgerechnet. Dazu werden die punktspezifischen Undulationen durch Interpolation in einem vorgegebenen Feld diskreter Stützpunkte oder einem Stützpunktgitter ermittelt.

Es kann sowohl eine Ausgleichung mit als auch ohne Berücksichtigung der eingegebenen Höhen der Anschlußpunkte (angeschlossenes - freies Netz) gerechnet werden.

Überbestimmte Höhenneupunkte und Standpunkte von Höhenmessungen nehmen an einer Höhenausgleichung teil, einfach bestimmte Zielpunkte werden polar berechnet.

Die Umrechnung der Zenitwinkel zu Höhenunterschieden erfolgt ggf. mittels Strecken, die aus Näherungskoordinaten abgeleitet wurden. Änderungen der Näherungskoordinaten in den Ausgleichungen haben somit Änderungen der auszugleichenden Höhenunterschiede zur Folge. Diese Abhängigkeiten bedingen einen iterativen Auswertelauf. Die automatische Verfahrensablaufsteuerung schließt =HOEHE= aus der äußeren Iteration erst aus, wenn alle Höhenänderungen unter 5 mm bleiben.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 10.97	Blatt 1-0

=====
HOEHENBERECHNUNGEN
=====

Die Berechnung der Höhen von Verfahrenspunkten erfolgt zunächst durch eine Höhenausgleichung, in der die Höhen der überbestimmten Höhenneupunkte wie aller Standpunkte von Höhenmessungen bestimmt werden. Anschließend werden die einfach bestimmten Zielpunkte an die ausgeglichenen Neupunkte und die Anschlußpunkte polar angehängt.

Die Zenitwinkel werden mittels Stand-Zielpunkt-Entfernung ebenfalls zu Höhenunterschieden umgerechnet. Die somit linearisierten Beziehungen zwischen den Messungen und den Neupunkthöhen erfordern keine Näherungshöhen für die Ausgleichung. Beim erstmaligen Aufstarten von =HOEHE= wird für Neupunkte ohne Höhe die mittlere Verfahrenshöhe als Näherungswert angenommen.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 5.01	Blatt 2-0

=====

AUSWAHL DER PUNKTE

=====

Über die Teilnahme eines Punktes an der Höhenberechnung entscheiden zunächst seine Höhenkennung in der Auftragsdatei und die eingegebenen Höhenmessungen: Von der Höhenberechnung sind die Nicht-Höhenpunkte ausgeschlossen. Höhenneupunkte, die nicht durch Höhenmessungen mit dem auszugleichenden Netz verbunden sind, scheiden ebenfalls aus. Diese nicht berechenbaren Höhenneupunkte werden in der Druckerausgabe abschließend gelistet.

Die Anschlusspunkte mit beweglichen Höhen werden im Allgemeinen wie Neupunkte behandelt. Zusätzlich jedoch wird die in der Auftragsdatei eingegebene Höhe als Beobachtung aufgefasst und zur Berechnung einer Fehlergleichung verwendet. Die Höhen üben so einen Zwang auf das Netz aus, der aber nicht so stark ist wie bei endgültigen Höhen. Dies kann zur besseren Anpassung an ein spannungsbehaftetes Netz oder zur leichteren Aufdeckung von fehlerhaften Anschlüssen genutzt werden.

Die Dimensionierung des Programms begrenzt die maximale Größe der Höhenausgleichung. So kann es zu einem Programmstop unter Ausgabe einer Fehlermeldung kommen, wenn die Anzahl der Neupunkte den Maximalwert überschreitet.

Der Status eines Punktes in der Höhenberechnung wird neben seiner Höhenkennung auch durch die Art der durchzuführenden Höhenberechnung (Steuerparameter 10.2) festgelegt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 3.02	Blatt 2-1

=====

AUSGLEICHUNG OHNE BERUECKSICHTIGUNG DER
EINGEGEBENEN HOEHEN DER ANSCHLUSSPUNKTE

=====

Bei entsprechender Stellung des Steuerparameters 10.2 wird eine Ausgleichung ohne Berücksichtigung der eingegebenen Höhen der Anschlusspunkte gerechnet (freie Ausgleichung).

Dabei werden in der Höhenberechnung und in allen nachfolgenden Modulen alle endgültigen und beweglichen Höhen in Näherungshöhen von Neupunkten überführt.

Während bei einer angeschlossenen Ausgleichung das einheitliche Bezugssystem durch die Anschlusshöhen gegeben ist, können jetzt mehrere örtliche Höhensysteme ohne Verbindung untereinander entstehen. Zur Vermeidung der Singularität des Normalgleichungssystems wird für jedes örtliche System eine fingierte Fehlergleichung eingeführt (Niveaubedingung). Die Zugehörigkeit eines Punktes zu einem örtlichen System wird in der Liste der ausgeglichenen Höhen angegeben, die Anzahl der örtlichen Systeme wird in der Ausgleichungsstatistik als Anzahl der Niveaubedingungen ausgewiesen.

Weil die derzeit in =KATRIN= implementierten Algorithmen für eine freie Ausgleichung mit gleichzeitiger Auffelderung auf ausgewählte Punkte keine Lösung anbieten, wird ein örtliches Höhensystem zur Zeit zunächst immer auf die Höhen aller zugehörigen Punkte vor der Ausgleichung aufgefildert (bei Punkten, für die noch keine Höhe bekannt ist, wird die mittlere Verfahrenshöhe eingesetzt). Hierbei entstehen für alle Punkte, auch die Anschlusspunkte, neue Höhen. Eine Auffelderung auf die Anschlusshöhen erfolgt nach der Ausgleichung in einem separaten Schritt.

Dazu werden alle Höhen eines örtlichen Systems um jeweils einen Betrag korrigiert. Der Korrekturbetrag ergibt sich als Mittel aus allen Differenzen zwischen eingegebenen und ausgeglichenen Höhen der Anschlusspunkte. In die Mittelbildung gehen alle Differenzen gleichgewichtet ein. Anschlusspunkte mit beweglichen Höhen werden dabei nicht berücksichtigt.

Wird mittels Steuerparameter 10.2 nach einer freien Ausgleichung auf eine Ausgleichung unter Berücksichtigung der eingegebenen Höhen der Anschlusspunkte umgeschaltet, so werden die endgültigen und beweglichen Höhen und der Punktstatus aus der Auftragsdatei wieder hergestellt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 5.99	Blatt 2-2

=====

AUSWAHL DER HOEHENMESSUNGEN

=====

Für eingegebene Höhenunterschiede und Zenitwinkel wird geprüft, ob Stand- und Zielpunkt an der Berechnung teilnehmen.

Bei Zenitwinkeln wird weiterhin untersucht, ob sie zur Höhenberechnung verwendet werden sollen. Das setzt die Eingabe der Instrumentenhöhe im Standpunkt ungleich Null voraus. Zenitwinkel, die nur zur Horizontierung von Tachymeterstrecken, also mit Instrumentenhöhen = 0.0, eingegeben wurden, werden hier nicht ausgewertet.

Weitere Voraussetzung für die Teilnahme eines Zenitwinkels ist, daß die Stand-Zielpunkt-Entfernung entweder aus einer Streckenmessung oder aus Koordinaten abgeleitet werden kann.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 5.99	Blatt 3-0

=====
BERECHNUNG DER HOEHENUNTERSCHIEDE VOR DER AUSGLEICHUNG
=====

Die Zenitwinkel werden mittels Stand-Zielpunkt-Entfernung vor der Ausgleichung zu Höhenunterschieden umgerechnet.

Für die Umrechnung wird eine Strecke mit gleicher Stand-Zielpunkt-Kombination ausgesucht, die weitestgehend zunächst auf das Ellipsoid und dann auf die durchschnittliche Zielstrahlhöhe des Zenitwinkels umgerechnet werden kann. Dabei wird nach folgender Prioritätenregelung vorgegangen:

1. Eine gemessene Strecke wird stets der Entfernungsberechnung aus Koordinaten vorgezogen. Dadurch wird vermieden, daß sich Lage-netzspannungen und Maßstabsdifferenzen aus den Koordinaten der Streckenendpunkte auf das Höhennetz übertragen. Nur wenn keine zugehörige Strecke für einen Zenitwinkel gemessen wurde, wird die Entfernung aus Koordinaten abgeleitet.

2. Die gemessene Strecke sollte im aktuellen Auswertestand korrigiert und neigungsreduziert sein. Eine nicht korrigierte oder (wegen Datenfehlers) nicht neigungsreduzierte Strecke wird nur ausgewählt, wenn sich keine andere findet.

3. Weiterhin werden diejenigen Strecken vorgezogen, die vor der Eingabe am wenigsten reduziert wurden. Wurden bereits Reduktionen in =KATRIN= durchgeführt, können sie mit den zwischengespeicherten Reduktionsbeträgen rückgängig gemacht werden.

4. Bei Strecken gleicher Priorität wird die zuerst eingegebene Strecke für die Umrechnung des Zenitwinkels ausgewählt.

Zenitwinkel, für deren Umrechnung weder eine gemessene Strecke noch Koordinaten vorliegen, nehmen nicht an der Höhenberechnung teil.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 12.03	Blatt 3-1

Um die aus Koordinaten abgeleiteten Stand-Zielpunkt-Entfernungen oder die bereits vor Eingabe weitergehend reduzierten Strecken auf das Ellipsoid umzurechnen, sind die Reduktionsbeträge abzuschätzen und in Abzug zu bringen. Dazu wird der Steuerparameter 12.2 interpretiert, der i. A. die Beobachtungsreduktionen angibt, durch die die Bezugsfläche der Anschlußkoordinaten erreicht wird. So kommt hier die Reduktion ins Meter des TP-Feldes nur in Abzug, wenn auch die eingegebenen Strecken ins Meter des TP-Feldes reduziert werden sollen. Gleiches gilt für die Gauß-Krüger-Reduktion, die jedoch zusätzlich bedingt, daß die Koordinaten von Stand- und Zielpunkt vorliegen.

Wenn die ellipsoidische Stand-Zielpunkt-Entfernung bekannt ist und die Höhen der Punkte vorliegen, kann die Umrechnung auf die durchschnittliche Zielstrahlhöhe erfolgen. Bei dieser Umrechnung wird auch der Steuerparameter 12.3 interpretiert, nach dem bei der Streckenreduktion eine mittlere Verfahrensundulation oder punktspezifische Undulationen anzubringen sind.

Liegen noch keine Punkthöhen vor, wird ggf. die ellipsoidische Strecke für die Umrechnung des Zenitwinkels verwendet. Kann die ellipsoidische Entfernung nicht ermittelt werden, wird ggf. eine horizontierte Strecke genutzt.

Ist für die Lagekoordinaten in örtlichen Systemen und damit auch für die Streckenmessungen eine andere Einheit als Meter gewählt worden, wird die Stand-Zielpunkt-Entfernung mit dem Steuerparameter 4.2 in Meter überführt.

Bei der Umrechnung zum Höhenunterschied werden die Instrumentenhöhen in Stand- und Zielpunkt angebracht. Diese sind stets in Metern einzugeben.

Wurde der Zenitwinkel nach seinem Reduktionsstand in der Auftragsdatei als nicht korrigiert eingegeben, wird eine Korrektur wegen Erdkrümmung und Refraktion angebracht. Programmintern wird der Refraktionskoeffizient mit 0.13 angesetzt.

Die gesamte Umrechnung des Zenitwinkeln erfolgt in Metern. Der resultierende Höhenunterschied wird in die nach Steuerparameter 4.3 gewünschte Einheit der Höhen überführt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 12.03	Blatt 3-1.1

Bei eingegebenen Höhenunterschieden gehen zusätzlich zum eingegebenen Beobachtungswert die Instrumentenhöhen in Stand- und Zielpunkt in die Berechnung ein. Bei nivellierten Höhenunterschieden mit nur einer Aufstellung oder eines mittels Theodolit gemessenen geometrischen (Schnell-)Nivellements können so als Beobachtungswert 0.00 m, als Instrumentenhöhe im Standpunkt der Rückblick und als Instrumentenhöhe im Zielpunkt der Vorblick in die Auftragsdatei eingegeben werden. Weitere Vorberechnungen sind dabei nicht notwendig.

Die Höhenunterschiede sind in der Einheit einzugeben, die für die Höhen gewählt wurde. Die Instrumentenhöhen sind stets in Metern einzugeben. Sie werden für die Berechnung und auch für die Drucker- ausgabe mit Steuerparameter 4.3 umgerechnet.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 1.07	Blatt 3-2

Die soweit berechneten Höhenunterschiede aus Zenitwinkeln und eingegebenen Höhenunterschieden unterliegen nun noch bei Bedarf der Überführung auf ein anderes Bezugssystem: Besagt Steuerparameter 12.3, daß mit Anschlußhöhen über einer Höhenbezugsfläche gearbeitet wird (Kennung = 2), werden von allen Höhenmessungen, die nach eingegebener Reduktionskennung auf ein Bezugsellipsoid abgeleitet wurden, die Differenzen zwischen der Undulation des Standpunktes und der des Zielpunktes substrahiert. Wird nach Steuerparameter 12.3 mit Anschlußhöhen über dem Lage Bezugsellipsoid gearbeitet (Kennung = -2), wird die Undulationsdifferenz bei Höhenmessungen über der Höhenbezugsfläche zum ermittelten Höhenunterschied addiert.

In beiden Fällen wird vorab für jeden Punkt eine Undulation in einem durch die Undulationsdatei vorgegebenen Feld diskreter Stützpunkte bzw. einem Stützpunktgitter interpoliert (siehe Teil "Bezugssysteme" des Anwendungshandbuchs). Die die Undulationsdatei beschreibenden Kommentare, die Abbildungsparameter und ggf. die verwendeten Transformationsparameter werden - wie auch die beim Einlesen der Undulationsdatei aufgetretenen formellen Fehler - in der Drucker Ausgabe von =HOEHE= ausgegeben. Die interpolierten Undulationen können den Abschnitten ENDGÜLTIGE HOEHEN DER ANSCHLUSSPUNKTE, AUSGEGLICHENE HOEHEN und POLAR BERECHNETE HOEHEN entnommen werden. Hier werden auch Hinweise auf extrapolierte Undulationen oder den Ansatz der mittleren Verfahrensundulation bei nicht koordinierten Punkten ausgegeben. Bei Verfahrenshöhen über Höhenbezugsfläche werden zusätzlich die ellipsoidischen Höhen für die Streckenreduktion auf Dezimeter ausgewiesen.

Höhenunterschiede aus Höhenmessungen, die bereits mit der Eingabe dem gewünschten Höhenbezugssystem entsprechen, bleiben bei der Behandlung mit Undulationsunterschieden unverändert. Ebenso werden keine weiteren Umrechnungen vorgenommen, wenn nach Steuerparameter 12.3 keine Undulationen (Kennung = 0) oder für die Streckenreduktionen nur eine vorgegebene mittlere Verfahrensundulation (Kennung = 1) berücksichtigt werden sollen. In diesen Fällen wird die Information über das Bezugssystem der Höhenmessung in der jeweiligen Reduktionskennung nicht ausgewertet.

Alle Umrechnungen erfolgen nach den in der Formelsammlung zum Programmsystem =KATRIN= angegebenen Formeln.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 10.97	Blatt 4-0

=====
AUSGLEICHUNG
=====

Die ausgewählten Beobachtungen werden als vermittelnde Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen.

Wegen der linearen Beziehungen zwischen den Höhenunterschieden und den Neupunkthöhen wird hier keine interne Iteration durchgeführt. Die Höhenänderungen werden der erstmaligen Lösung des Normalgleichungssystems entnommen.

Zur Vermeidung einer eventuellen Singularität des Normalgleichungssystems werden jedoch fingierte Fehlergleichungen aufgestellt, in die die Höhenänderungen eingehen. Aus diesem Grund kann beim erstmaligen Aufstarten von =HOEHE= die in der Ausgleichungsstatistik ausgewiesene Summe der gewogenen Verbesserungsquadrate pvv aus Normalgleichungen gegenüber der Summe der pvv aus Verbesserungsgleichungen erheblich abweichen. In einem zweiten Durchlauf, der ohnehin zur Feststellung der Konvergenz in der äußeren Iteration nötig ist, haben sich die Werte angeglichen. Die Fehlerrechnungen werden ausschließlich mit der Summe der pvv aus Verbesserungsgleichungen durchgeführt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 10.97	Blatt 4-1

=====
FEHLERGLEICHUNGEN
=====

Für jeden auszugleichenden Höhenunterschied und jede bewegliche Höhe wird eine Fehlergleichung nach den in der Formelsammlung zum Programmsystem =KATRIN= angegebenen Formeln aufgestellt. Ist an einer Höhenmessung ein Anschlußpunkt mit endgültiger Höhe beteiligt, entfällt der entsprechende Fehlergleichungskoeffizient.

Weiterhin werden fingierte Fehlergleichungen sowohl für jede Neupunkthöhe als auch für den aus Näherungshöhen ermittelten Höhenunterschied zwischen je zwei Neupunkten berechnet. Wegen ihres geringen Gewichts (mittlerer Fehler vor der Ausgleichung größer 300 m) beeinflussen sie das Ausgleichungsergebnis nicht störend, verhindern jedoch eine eventuelle Singularität des Normalgleichungssystems.

Bei einer freien Ausgleichung wird zunächst die Anzahl der örtlichen Höhensysteme festgestellt. Für jedes System wird eine Fehlergleichung aufgestellt, durch die die Summe der beteiligten Näherungshöhen konstant gehalten wird. Die Anzahl dieser Niveaubedingungen wird in der Ausgleichungsstatistik ausgewiesen und geht in die Berechnung der Redundanz des Netzes ein.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =HOEHE=	Stand 12.03	Blatt 4-2

=====

GEWICHTE DER BEOBACHTUNGEN VOR DER AUSGLEICHUNG

=====

Die Beobachtungsgewichte berechnen sich aus den in der Drucker-
ausgabe angegebenen mittleren Fehlern vor der Ausgleichung.

Für eingegebene Höhenunterschiede sind die mittleren Fehler in
der Auftragsdatei in der Einheit vorzugeben, die für die Höhen
gewählt wurde. Sie können mit dem Steuerparameter 11.1 überhöht
werden.

In die Berechnung des mittleren Fehlers für einen Höhenunter-
schied aus einem Zenitwinkel gehen neben dem eingegebenen mittleren
Fehler des Zenitwinkels auch der mittlere Fehler für die Stand-
Zielpunkt-Entfernung mit 0.10 m, der mittlere Fehler der Instru-
mentenhöhen (0.01 m) und der mittlere Fehler des Refraktions-
koeffizienten (0.04) ein. Die Berechnung des mittleren Fehlers
erfolgt in Metern; er wird mit Steuerparameter 4.3 in die für die
Höhen gewählte Einheit überführt. Das Resultat kann mit Steuer-
parameter 11.2 überhöht werden.

Die ebenfalls in der gewünschten Einheit der Höhen einzugebenen
mittleren Fehler für die beweglichen Höhen können mit Steuerpara-
meter 11.3 variiert werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 1.07	Blatt 0-1

```

RRRRRR  EEEEE  DDDDD  UU   UU  ZZZZZZ
RRRRRRR EEEEE  DDDDDDD UU   UU  ZZZZZZ
RR  RR  EE    DD   DD  UU   UU   ZZ
RRRRRRR EEEEE  DD   DD  UU   UU   ZZ
RRRRRR  EEEEE  DD   DD  UU   UU   ZZ
RR RR   EE    DD   DD  UU   UU   ZZ
RR  RR  EEEEE  DDDDDDD UUUUUU  ZZZZZZ
RR  RR  EEEEE  DDDDD  UUUUU  ZZZZZZ

```

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 5.99	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

ab Blatt

Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Literaturhinweise	0-4
Aufgabe im System	0-5
Reduktionen	1-0
Streckenreduktionen	2-0
Neigungsreduktion	2-1
Höhen- und Erdkrümmungsreduktion	2-2
Reduktion auf die Abbildungsebene	2-3
Reduktion ins Meter des TP-Feldes	2-3
Richtungsreduktionen	3-0
Umfang der Druckerausgabe	4-0

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 1.07	Blatt 0-3

=====
AENDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	11.83
Erweiterung um Mittelung von Beobachtungen Blätter 2-3, 3-0 geändert	7.85
Änderungen aufgrund Erweiterung um unterschiedliche Abbildungssysteme und Reduktion von Richtungswinkeln um Meridiankonvergenz alle Blätter geändert	3.96
Redaktionelle Überarbeitung	10.97
Erweiterung um Berücksichtigung von Undulationen Blätter 0-2, 0-4, 0-5, 2-0, 2-1, 2-2 Blätter 0-6 bis 0-9 eingefügt	1.98
Erweiterung um Berücksichtigung von Undulationen für Höhenmessungen Abschnitt "Bezugssysteme" als gesonderter Teil des Anwendungshandbuchs Blätter 0-6 bis 0-9 entfallen alle anderen Blätter geändert	5.99
Höhen- und Erdkrümmungsreduktion wahlweise für örtliche Koordinaten und örtliche Höhen Blatt 2-2 geändert	12.03
Erweiterung um Interpolation von Undulationen im Stützpunktgitter Blätter 0-5, 2-1, 2-2 geändert	1.07

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 5.99	Blatt 0-4

=====
LITERATURHINWEISE
=====

- (1) Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, Richtlinien für die elektromagnetische Distanzmessung im Hauptdreiecksnetz (EDM-Richtlinien), 3. Auflage, Wiesbaden 1982.

LANDESVERMESSUNGSA NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 1.07	Blatt 0-5

=====
AUFGABE IM SYSTEM
=====

=REDUZ= reduziert je nach eingegebenem Reduktionsstand und Stellung eines Steuerparameters die Strecken eines Auswerteverfahrens wegen Neigung, wegen Höhe über Bezugsfläche und wegen Erdkrümmung, auf die Abbildungsebene sowie ins Meter des Trigonometrischen Festpunktfeldes (TP-Feld). Die Richtungen und Richtungswinkel werden auf die Abbildungsebene reduziert, an Richtungswinkel nach Geographisch Nord (Azimute) wird die Meridiankonvergenz angebracht.

Für die Neigungs- und Höhenreduktion der Strecken kann wahlweise eine vorgegebene verfahrensspezifische Undulation zwischen der Höhenbezugsfläche und dem Bezugsellipsoid der Lagevermessung berücksichtigt werden. Das Programm bietet aber auch die Berechnung punktspezifischer Undulationen an, die in einem vorgegebenden Feld diskreter Stützpunkte oder einem Stützpunktgitter interpoliert werden.

Für die Reduktion auf die Abbildungsebene wird in =KATRIN= eine konforme Abbildung nach C. F. Gauß berücksichtigt. Die Parameter zur Beschreibung des Bezugsellipsoides und des Abbildungssystems werden bereits in =LESEIN= genutzt, um mit den Koordinaten der eingegebenen Punkte die mittlere Geographische Breite des Verfahrensgebietes zu bestimmen. Von der Breite wiederum ist der mittlere Krümmungshalbmesser abhängig, der schon für die Beobachtungskorrekturen verwendet wurde. Bei einer Änderung der Parameter sollte daher das Verfahren von =LESEIN= ab neu aufgestartet werden.

Die Berechnung der Reduktionsbeträge erfolgt mit den Näherungswerten für Koordinaten und Höhen im aktuellen Auswertestand. Die Änderungen dieser Werte durch Ausgleichungen oder Neuberechnungen bedingen die Wiederholung der Reduktionsberechnungen in der Programmfolge =HOEHE=, =REDUZ=, =OERMES=, =ZENTRI=, =TRINA2= , ggf. wieder =HOEHE= usw.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 10.97	Blatt 1-0

=====
REDUKTIONEN
=====

=REDUZ= bearbeitet alle in der Auftragsdatei eingegebenen Beobachtungen eines Auswerteverfahrens.

Ist eine Beobachtung in vorangegangenen Programmläufen von =HORZON= oder =REDUZ= bereits reduziert worden, so werden diese Reduktionen mithilfe der in den Verfahrensdateien zwischengespeicherten Beträge zunächst rückgängig gemacht. Die Auswertung setzt also bei der meteorologisch und wegen Eichgrößen korrigierten Strecke bzw. bei der nicht reduzierten Richtung wieder auf. Bei bereits teilreduziert eingegebener Strecke wird der Reduktionsstand aus der Auftragsdatei wieder hergestellt. Damit wird erreicht, daß sich die Änderungen der Neupunktkoordinaten und -höhen im Auswerteablauf weitgehend in den Reduktionen niederschlagen.

Für die Teilreduktion der Beobachtungen (z. B. nur auf das Ellipsoid) läßt sich der Umfang der Berechnungen mit dem Steuerparameter 12.2 variieren.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 1.98	Blatt 2-0

=====
STRECKENREDUKTIONEN
=====

Die Reduktion einer Strecke wird in der Reihenfolge

- Reduktion wegen Neigung
- Reduktion wegen Höhe und Erdkrümmung
- Reduktion auf die Abbildungsebene
- Reduktion ins Meter des TP-Feldes

vorgenommen. Teilreduziert eingegebene Strecken werden nur noch um die fehlenden Reduktionen reduziert. Kann die Berechnung eines Reduktionsbetrages wegen fehlender oder fehlerhafter Daten nicht durchgeführt werden, so werden auch die anschließenden Reduktionen nicht angebracht.

Die Reduktionsbeträge ergeben sich nach den in der Formelsammlung zum Programmsystem =KATRIN= angegebenen Formeln. Die Neigungsreduktion und die Höhenreduktion zusammen ergeben die kombinierte Neigungs- und Höhenreduktion nach (1). Die Erdkrümmungsreduktion ergibt bei elektronisch gemessenen Distanzen zusammen mit der 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur die Krümmungskorrektur nach (1), (vergl. Modul =METKOR=). In der Druckerausgabe von =REDUZ= werden die Reduktionsbeträge wegen Neigung, Höhe und Erdkrümmung zusammengefaßt zur Reduktion auf das Ellipsoid.

Die im Modul =METKOR= ermittelten Beträge der Korrekturen wegen Meteorologie und Instrumentenabweichungen werden hier zusammengefaßt und als Korrekturbetrag ausgewiesen. Damit erübrigt sich u. U. die Aktung der =METKOR=-Druckerausgabe.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 1.07	Blatt 2-1

=====
NEIGUNGSREDUKTION
=====

Neigungsreduktionen werden nur an Strecken angebracht, die als nicht reduziert eingegeben wurden.

Für Tachymeterstrecken wird in =REDUZ= keine erneute Neigungsreduktion durchgeführt. Stattdessen wird der Reduktionsbetrag aus dem Modul =HORIZON= übernommen und mit einem Hinweis ausgewiesen.

Die übrigen Strecken werden unter Berücksichtigung der Instrumentenhöhen in Stand- und Zielpunkt aus Punkthöhen reduziert. Für die Neigungsreduktion kann gemeinsam mit der Höhenreduktion und ggf. der Umrechnung von Höhenunterschieden mit dem Steuerparameter 12.3 gewählt werden, ob an die in den Verfahrensdateien gespeicherten Höhen für Stand- und Zielpunkt eine vorgegebene verfahrensspezifische Undulation (Steuerparameter 13.2) angebracht wird. Das Programm bietet aber auch die Berechnung punktspezifischer Undulationen an, die durch Interpolation in einem vorgegebenen Feld diskreter Stützpunkte bzw. einem Stützpunktgitter ermittelt werden (siehe Teil "Bezugssysteme" des Anwendungshandbuchs).

Liegt für einen Streckenendpunkt keine Höhe vor, so bleibt eine bereits in =KATRIN= berechnete Neigungsreduktion erhalten bzw. die Strecke wird als nicht reduzierbar ausgegeben.

Ist infolge eines Eingabefehlers der Höhenunterschied zwischen Stand- und Zielpunktinstrument größer als die Schrägstrecke, wird eine Fehlermeldung ausgegeben.

Die Neigungsreduktion läßt sich durch den Steuerparameter 12.2 nicht unterbinden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 1.07	Blatt 2-2

=====

HOEHEN- UND ERDKRUEMMUNGSREDUKTION

=====

Die Höhen- und Erdkrümmungsreduktionen werden nur durchgeführt, wenn nach Steuerparameter 12.2 eine Reduktion auf das Ellipsoid gewünscht wird. Ihnen unterliegen nur Strecken, die als nicht auf das Ellipsoid reduziert eingegeben wurden, die aber in =KATRIN= oder vor der Eingabe neigungsreduziert worden sind.

Für die Höhenreduktion kann gemeinsam mit der Neigungsreduktion und ggf. der Umrechnung von Höhenunterschieden mit dem Steuerparameter 12.3 gewählt werden, ob an die in den Verfahrensdateien gespeicherten Höhen für Stand- und Zielpunkt eine vorgegebene verfahrensspezifische Undulation (Steuerparameter 13.2) angebracht wird. Das Programm bietet aber auch die Berechnung punktspezifischer Undulationen an, die durch Interpolation in einem vorgegebenen Feld diskreter Stützpunkte bzw. einem Stützpunktgitter ermittelt werden (siehe Teil "Bezugssysteme" des Anwendungshandbuchs).

Fehlt für die Reduktion die Punkthöhe des Stand- oder des Zielpunktes, so wird die ellipsoidische Höhe des anderen Streckenendpunktes übernommen. Fehlen beide Punkthöhen, wird die Summe aus mittlerer Höhe und mittlerer Undulation des Verfahrensgebietes eingesetzt.

Bei der Berechnung der Instrumentenhöhen über Bezugsfläche werden die Instrumentenhöhen auf Stand- und Zielpunkt aus der Auftragsdatei, ohne Interpretation nach Tachymetermessungen, ausgewertet.

Zusammen mit der Höhenreduktion wird die Erdkrümmungsreduktion angebracht.

Die so reduzierten Strecken entsprechen den Strecken der Auftragsdatei, die nach dem Reduktionsstand vorab auf das Ellipsoid reduziert worden sind.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 5.99	Blatt 2-3

=====
STRECKENREDUKTION AUF DIE ABBILDUNGSEBENE
=====

Für die Reduktion auf die Abbildungsebene wird die konforme Abbildung nach C. F. Gauß berücksichtigt. Mit den Steuerparametern 2.4 und 2.5 lassen sich die Standardabbildungssysteme Gauß-Krüger (3-Grad-Meridianstreifen) / Bessel- oder Krassowsky-Ellipsoid und UTM (6-Grad-Meridianstreifen) / internationales oder GRS 80-Ellipsoid einstellen. Die Steuerparameter 2.4, 2.5 und 7.1 bis 7.8 lassen aber auch andere Ellipsoide und Sonderfälle der Abbildung zu (siehe Teil "Bezugssysteme" des Anwendungshandbuchs).

Abbildungsreduktionen werden jedoch nur durchgeführt, wenn sie nach Steuerparameter 12.2 gewünscht werden. Ihr unterliegen nur Strecken, die nach ihrem Reduktionsstand nicht schon vor der Eingabe auf die Abbildungsebene reduziert wurden, die aber in =KATRIN= oder vor der Eingabe auf das Ellipsoid reduziert worden sind.

Weitere Bedingung ist das Vorliegen von Koordinaten für die Streckenendpunkte. Anderenfalls bleibt eine bereits früher in =REDUZ= berechnete Abbildungsreduktion erhalten bzw. die Strecke wird als nicht reduzierbar ausgewiesen.

Es wird keine Plausibilitätsprüfung auf die vollständige Schreibweise der Koordinaten entsprechend der Definition des Abbildungssystems durchgeführt. Unvollständige Rechtswerte fallen u. U. durch extrem große Reduktionsbeträge auf.

=====
REDUKTION IN DAS METER DES TP-FELDES
=====

Wird nach Steuerparameter 12.2 eine Reduktion in das Meter des TP-Feldes gewünscht, werden Strecken, die auf die Abbildungsebene reduziert wurden, mit dem Steuerparameter 13.1 in das Meter des Trigonometrischen Festpunktfeldes umgerechnet.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 5.99	Blatt 3-0

=====
RICHTUNGSREDUKTIONEN
=====

Für die Reduktion von Richtungen und Richtungswinkeln wird die konforme Abbildung nach C. F. Gauß berücksichtigt. Die Reduktionen werden jedoch nur durchgeführt, wenn nach Steuerparameter 12.2 eine Reduktion auf die Abbildungsebene gewünscht wird und nach dem individuellen Reduktionsstand die Reduktion nicht bereits vor der Eingabe erfolgte.

Richtungswinkel nach Geographisch Nord (Azimute) werden durch Anbringen der Meridiankonvergenz zu Richtungswinkeln nach Gitternord umgerechnet. Weil die übrigen Reduktionsbeträge stets zu den eingegebenen Beobachtungswerten addiert werden, die Meridiankonvergenz aber von den Azimuten subtrahiert wird, um den Richtungswinkel nach Gitternord zu erhalten, wird in der Drucker Ausgabe als Reduktionsbetrag die negative Meridiankonvergenz ausgegeben.

An Richtungswinkel, wie an nicht orientierte Richtungen, wird die Abbildungsreduktion angebracht. Dabei werden alle Richtungen, die nicht orientiert eingegeben wurden, in =REDUZ= auf die erste (abbildungsreduzierte) Richtung des jeweiligen Satzes umgerechnet.

Mit den Steuerparametern 2.4 und 2.5 lassen sich die Standardabbildungssysteme Gauß-Krüger (3-Grad-Meridianstreifen) / Bessel- oder Krassowsky-Ellipsoid und UTM (6-Grad-Meridianstreifen) / internationales oder GRS 80-Ellipsoid einstellen. Die Steuerparameter 2.4, 2.5 und 7.1 bis 7.8 lassen aber auch andere Ellipsoide und Sonderfälle der Abbildung zu (siehe Teil "Bezugssysteme" des Anwendungshandbuchs).

Für die Berechnungen müssen die Koordinaten von Stand- und Zielpunkt - zumindest in Näherung - bekannt sein. Anderenfalls bleibt eine bereits früher in =REDUZ= berechnete Abbildungsreduktion erhalten bzw. die Richtung wird als nicht reduzierbar ausgewiesen.

Eine Plausibilitätsprüfung auf die vollständige Schreibweise der Koordinaten entsprechend der Definition des Abbildungssystems wird nicht durchgeführt. Unvollständige Rechtswerte fallen u. U. durch extrem große Reduktionsbeträge auf.

Lotabweichungen, auch vergleichbare Reduktionen aufgrund des Undulationsmodells für die Streckenreduktionen, werden bei Richtungen in =KATRIN= nicht berücksichtigt.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =REDUZ=	Stand 10.97	Blatt 4-0

=====
UMFANG DER DRUCKERAUSGABE
=====

Mit dem Steuerparameter 12.1 läßt sich der Umfang der Druckerausgabe variieren.

Bei Setzen des Parameters 12.1 auf 3 (verkürzte Druckerausgabe ohne Fehlermeldungen) werden nur das Deckblatt und die Statistik von =REDUZ= ausgegeben. Die Fehlermeldungen erscheinen erst ab Setzen des Parameters auf 4 (verkürzte Druckerausgabe) oder höher. Ab 5 (Standardausgabe) wird das Protokoll zur Reduktion der Strecken ausgegeben, nur mit 6 (erweiterte Ausgabe) auch das Protokoll zur Reduktion der Richtungen.

Analog zu den anderen Modulen dient das Vorzeichen des Parameters 12.1 zur Steuerung, ob die Ausgabe auf dem ganzen Blatt (+) oder nur einem Teil erfolgen soll (-). Mit dem negativen Parameter kann zum Beispiel eine Ausgabe auf DIN A 4 Quer-Format bei 12-Zoll-Blättern erzeugt werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 7.00	Blatt 0-1

```

OOOOO  EEEEE  RRRRR  MM      MM  EEEEE  SSSSS
OOOOOO  EEEEE  RRRRRR  MM      MM  EEEEE  SSSSSS
OO  OO  EE      RR  RR  MMM  MMM  EE      SS  SS
OO  OO  EEEEE  RRRRR  MMMM  MMMM  EEEEE  SSS
OO  OO  EEEEE  RRRRR  MM  MMM  MM  EEEEE  SSS
OO  OO  EE      RR  RR  MM  M  MM  EE      SS  SS
OOOOOO  EEEEE  RR  RR  MM      MM  EEEEE  SSSSSS
OOOOO  EEEEE  RR  RR  MM      MM  EEEEE  SSSSS

```


LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 7.00	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

ab Blatt

Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Literaturhinweis	0-4
Aufgabe im System	0-5
Stationsausgleichungen	1-0
Lagerung des Netzes	2-0
Bestimmbarkeit der Stationspunkte	2-2
Örtliche Messungen	3-0

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 7.00	Blatt 0-3

=====
AENDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	11.83
Erweiterung um Status der Verfahrenspunkte Blätter 0-2, 1-0, 1-1, 1-2, 2-0	6.88
Wegfall der speziellen Parallelverschiebung einer Station, allgemeine Lösung in =TRINA2= Blätter 0-2, 2-0 geändert Blatt 4-0 entfällt	3.89
Redaktionelle Überarbeitung	10.97
Erweiterung um Auffelderung der freien Netzausgleichung auf die Anschlußpunkte und Restklaffenverteilung Blätter 0-2, 0-5 geändert Blätter 1-0 bis 2-5 vollständig überarbeitet	4.98
Wegfall der Überprüfung der Bestimmbarkeit der Zentren und Ferziele im Netz Blätter 2-2, 2-3 geändert Blätter 2-4, 2-5 entfallen	7.00

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 10.97	Blatt 0-4

=====

LITERATURHINWEISE

=====

- (1) Mittelstraß, G., Zur automatischen Berechnung örtlicher Messungen, Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 3, 1972, S. 125-132.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 4.98	Blatt 0-5

=====
AUFGABE IM SYSTEM
=====

Das Modul =OERMES= hat im Programmsystem =KATRIN= die Aufgabe, durch Ausgleichung der örtlichen Messungen die Homogenität der Stationspunktkoordinaten zu gewährleisten.

Dabei werden die Koordinaten der an der Lagenetzausgleichung teilnehmenden Zentren angehalten, die Koordinaten der durch die Zentrierung von der Netzausgleichung ausgeschlossenen Stationspunkte werden ermittelt.

Zusammen mit der Zentrierung aus Koordinaten und der Lagenetzausgleichung kann in iterativ zu durchlaufender Programmfolge die Ausgleichung örtlicher Messungen wiederholt werden, bis die Koordinatenänderungen für die Zentrierung der Beobachtungen unerheblich sind.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 4.98	Blatt 1-0

=====
STATIONS AUSGLEICHUNGEN
=====

=OERMES= braucht nur aufgerufen zu werden, wenn nach dem Steuerparameter 14.2 Stationsausgleichungen und Zentrierungsberechnungen gewünscht werden. Anderenfalls wird das Modul unter Ausgabe einer Meldung in die Druckerausgabe übersprungen.

Weitere Voraussetzung für die Stationsausgleichungen ist, daß in der Auftragsdatei die Exzentrum-Zentrum-Relationen explizit oder durch die Punktkennzeichen definiert wurden. Die zu einem Zentrum zugehörigen Exzentren und das Zentrum selbst bilden eine Station und sind untereinander durch die örtlichen Messungen verbunden (1).

Das Programm bearbeitet nacheinander alle im Verfahren enthaltenen Stationen nach aufsteigenden Punktkennzeichen.

Dazu werden die örtlichen Messungen stationsweise selektiert und nach den Algorithmen einer Lagenetzausgleichung unter Anschlußzwang ohne Berechnung der Maßstabsunbekannten ausgeglichen (Stationsausgleichung).

Für die Ausgleichung einer Station werden als feste Anschlußpunkte herangezogen:

- alle im aktuellen Auswertestand als feste Anschlußpunkte vorliegenden Stationspunkte,
- das Ausgleichungszentrum der Station, wenn kein anderer fester Anschlußpunkt der Station gegeben ist, und
- alle für die Orientierungsmessungen benutzten Fernziele.

Die übrigen Stationspunkte gehen als Neupunkte in die Stationsausgleichung ein.

In der anschließenden Lagenetzausgleichung werden stets nur die Zentren verwendet. Exzentrisch gemessene Netzbeobachtungen werden auf das Zentrum zentriert. Die übrigen Stationspunkte werden von der Netzausgleichung ausgeschlossen.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 4.98	Blatt 1-1

Die Zentren übernehmen in der Netzausgleichung im Allgemeinen ihre Lagekennung im aktuellen Auswertestand. Wenn aber das Zentrum als Neupunkt eingegeben wurde, und sich unter den übrigen Stationspunkten ein Anschlußpunkt mit festen oder beweglichen Koordinaten befindet, so überträgt dieser in der Netzausgleichung seinen Status auf das Zentrum.

Mit diesen Regeln lassen sich folgende in der Praxis der Grundlagenvermessung häufig wiederkehrende Fälle berechnen:

Herauflegung zur Überprüfung eines Anschluß(Hoch-)Punktes

Dieser Fall liegt vor, wenn mindestens ein Punkt der Station als Anschlußpunkt gegeben ist, das Zentrum jedoch als Neupunkt definiert wurde. Dabei wird das Zentrum durch die Stationsausgleichung neu koordiniert. In die Netzausgleichung geht das Zentrum mit den neuen Koordinaten als Anschlußpunkt ein.

Anschlußpunkt mit exzentrischen Netzbeobachtungen oder

Herablegung eines Anschlußpunktes

Ist das Zentrum als Anschlußpunkt mit endgültigen Koordinaten gegeben, so ist das Zentrum sowohl in der Netzausgleichung als auch in der Stationsausgleichung Anschlußpunkt. Die als Neupunkte definierten Stationspunkte werden in =OERMES= bestimmt.

Neupunkt mit exzentrischen Netzbeobachtungen oder

Herablegung eines Neupunktes

Ist zu einer Station kein Anschlußpunkt gegeben, so wird für die Stationsausgleichung das Zentrum als fest angenommen. In die Netzausgleichung geht das Zentrum jedoch als Neupunkt ein. Im anschließenden =OERMES=-Lauf werden die übrigen Stationspunkte dann wieder an die veränderten Koordinaten des Zentrums angepaßt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 4.98	Blatt 2-0

=====
LAGERUNG DES NETZES
=====

Auswahl und Status der an den Stationausgleichungen beteiligten Punkte ist u. a. abhängig von der Kennung zur Lagerung des Netzes, die in erster Linie die Netzausgleichung in =TRINA2= steuert. Die Kennung wirkt aber auch auf die Status aller Verfahrenspunkte einschließlich der sonstigen Stationspunkte. Darum ist bei einer Änderung der Lagerung bei Stationsausgleichungen und Zentrierungsberechnungen mindestens die Modulfolge =OERMES=, =ZENTRI=, =TRINA2= aufzurufen.

Beim erstmaligen Aufruf von =OERMES= nach einer Änderung der Lagerungskennung werden zunächst die Koordinaten und die Status der Anschlußpunkte aus der Auftragsdatei wiederhergestellt. Gegebenenfalls muß auch =NAEKO2= aufgerufen werden, um erneut Näherungskordinaten für die Punkte zu berechnen, die in der bisherigen Lagerung als nicht bestimmbar im Netz oder mit örtlichen Messungen ausgeschlossen waren.

Mit dem Steuerparameter 18.3 kann die Lagerung gewählt werden: Als angeschlossenes Netz die Ausgleichung unter Anschlußzwang oder die zwangsfreie Ausgleichung mit Auffelderung auf die gegebenen Anschlußkoordinaten und Restklaffenverteilung. Außerdem ist es möglich, als freies Netz für Analysezwecke die zwangsfreie Ausgleichung mit Auffelderung auf alle Näherungskordinaten vor der jeweiligen Ausgleichung oder auf die Anschlußkoordinaten ohne Restklaffenverteilung zu wählen.

Wird ein freies Netz gewünscht, werden für den nachfolgenden Berechnungsablauf alle gegebenen Anschlußpunkte mit endgültigen oder beweglichen Koordinaten als Verfahrensneupunkte betrachtet, so daß im nachfolgenden Berechnungsablauf nur noch Neupunktstationen vorkommen.

Es kann aber auch zu einer Änderung in der Definition des jeweiligen Ausgleichungszentrums kommen, nämlich bei einer zwangsfreien Netzausgleichung mit Auffelderung auf die Anschlußkoordinaten ohne Restklaffenverteilung. Hierbei wird derjenige Stationspunkt mit der höchstwertigen Lagekennung aus der Auftragsdatei zum Zentrum. So wird ein Anschlußpunkt mit endgültigen Koordi-

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 4.98	Blatt 2-1

naten zum Zentrum, wenn das definierte Zentrum nur mit beweglichen oder Näherungs-Koordinaten gegeben ist, ein Punkt mit beweglichen Koordinaten wird zum Zentrum, wenn das definierte Zentrum nur mit Näherungskoordinaten vorliegt. Bei mehreren Punkten in der Gruppe mit der höchstwertigen Lagekennung wird der Punkt mit dem kleinsten Punktkennzeichen als Zentrum ausgewählt. Gehört das Zentrum selbst dieser Gruppe an, bleibt die Definition erhalten.

Durch diese Regelungen wird erreicht, daß die gegebenen Anschlußkoordinaten bzw. beweglichen Koordinaten weitgehend überprüft werden können, ohne daß sich durch die Orientierungen der örtlichen Messungen Netzspannungen auswirken können.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 7.00	Blatt 2-2

=====

BESTIMMBARKEIT DER STATIONSPUNKTE

=====

Bei der Zusammenstellung der Punkte für jede Stationsausgleichung wird zunächst geprüft, ob im aktuellen Berechnungsablauf für das Zentrum mindestens Näherungskordinaten vorliegen. Anderenfalls wird die Station nicht ausgeglichen.

Ist das Zentrum einer Station Neupunkt im aktuellen Stand des Berechnungsablaufs, muss es - unabhängig davon, ob es in der Stationsausgleichung als Anschlusspunkt fungiert oder als Neupunkt - mit Hilfe der örtlichen Messungen bestimmbar sein. Sonst wird die Station ebenfalls nicht ausgeglichen.

Sind für einen der übrigen Stationspunkte keine Koordinaten vorhanden, wird der Punkt in den Stationsausgleichungen nicht berücksichtigt.

Jeder als Neupunkt an der Stationsausgleichung teilnehmende Punkt muss mit Hilfe örtlicher Messungen auf der Station bestimmbar sein, für jeden Anschlusspunkt muss mindestens eine örtliche Beobachtung vorliegen. Anderenfalls erfolgt ein Ausschluss des Punktes von der Stationsausgleichung. Diese Prüfung erfolgt iterativ zusammen mit der Prüfung der örtlichen Strecken und Richtungen solange, bis kein weiterer Stationspunkt mehr ausgeschlossen wird.

Bei der Überprüfung der Bestimmungsstücke wird die Geometrie einer Stationsausgleichung nicht untersucht. So können schleifende Schnitte auch bei quantitativ überbestimmten Punkten zu qualitativen Unterbestimmungen führen. Diese Neupunkte fallen durch sehr große mittlere Koordinatenfehler auf. Gegebenenfalls können fehlende Verbindungen zwischen auszugleichenden Netzteilen zu negativen Diagonalelementen der Normalgleichungsmatrix führen.

Bei Stationsneupunkten, die von einer Stationsausgleichung ausgeschlossen werden, werden die Koordinaten aus dem Berechnungsablauf gelöscht. Wird eine ganze Station nicht ausgeglichen, werden die Koordinaten aller Punkte der Station, die nicht mit festen oder beweglichen Koordinaten eingegeben wurden, gelöscht. Bei den übrigen Punkten wird davon ausgegangen, dass die eingegebenen Koordinaten homogen zueinander sind und auch bei freier Lagerung des Netzes durch eine Parallelverschiebung der Station in =TRINA2= homogen gehalten werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 7.00	Blatt 2-3

Falls die Anzahl der Stationspunkte die maximale Anzahl der Neu- und Anschlusspunkte insgesamt überschreitet, wird keine Ausgleichung der Station durchgeführt. Übersteigt die Anzahl der Neupunkte pro Station die Kapazität des Programms, werden überschüssige Punkte nicht ausgewertet.

Abbrüche der Ausgleichungen und Ausschlüsse führen stets zu selbsterklärenden Fehlermeldungen. Werden Koordinaten von Punkten wegen fehlender örtlicher Messungen aus dem Berechnungsablauf gelöscht, so wird in der Grund in der Stationausgleichung ausgewiesen, die den Magel feststellt. In späteren =OERMES=-Läufen wird der Punkt nur noch als nicht koordiniert angezeigt.

Punkte, die von der weiteren Berechnung ausgeschlossen werden, sind gegebenenfalls Fernziele in anderen Stationsausgleichungen. Ihr Ausschluss wirkt sich im aktuellen Lauf von =OERMES= nur auf die nachfolgenden Stationsausgleichungen, nicht auf die bereits berechneten aus. In einem weiteren =OERMES=-Lauf fehlen sie dann auch bei diesen und führen u. U. zu weiteren Unterbestimmungen.

Eine Überprüfung auf die Bestimmbarkeit der Zentren und Fernziele im Netz wird in =OERMES= nicht durchgeführt. Unterbestimmungen im Netz werden in =TRINA2= festgestellt und führen hier zum Löschen der Koordinaten aller Neupunkte einer Station. Ihr Ausschluss kann ebenfalls in einem weiteren =OERMES=-Lauf dazu führen, dass Stationen nicht mehr berechenbar sind.

Der Verzicht, in =OERMES= die Bestimmbarkeit im Netz zu überprüfen, hat den Vorteil, dass statt der Lagenetzausgleichung in =TRINA2= z. B. eine 3D-Netzausgleichung von GPS-Raumvektoren im Programmsystem =MARKUS= vorgenommen werden kann, ohne in den Datenfluss eingreifen zu müssen. Die Ausgleichung örtlicher Messungen bleibt dabei dem =KATRIN=-Modul =OERMES= vorbehalten.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 10.97	Blatt 3-0

=====
OERTLICHE MESSUNGEN
=====

Örtliche Strecken

Strecken gehen nur in die Stationsausgleichung ein, wenn sie zumindest horizontiert sind und Punkte derselben Station miteinander verbinden. Strecken, die zwischen verschiedenen Stationen gemessen wurden, werden als Netzbeobachtungen in =OERMES= nicht berücksichtigt.

Die Gewichte der Strecken berechnen sich aus den individuell eingegebenen mittleren Fehlern, die mit dem Steuerparameter 15.2 als verfahrensspezifischen Faktor überhöht werden können.

Sind für eine Station weder eine Strecke noch zwei Anschlußpunkte eingegeben worden, die den örtlichen Maßstab festlegen, so wird eine Warnung ausgedruckt.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =OERMES=	Stand 10.97	Blatt 3-1

Örtliche Richtungen und Orientierungsrichtungen

Es werden nur Richtungssätze verarbeitet, die auf Punkten der Station gemessen worden sind, und die mindestens eine örtliche Richtung enthalten.

Das Gewicht einer Richtung berechnet sich aus dem eingegebenen mittleren Fehler, dem Einfluß des Zieleinstellfehlers (Steuerparameter 15.1) und dem Überhöhungsfaktor (Steuerparameter 15.3).

Richtungen, die von einem Punkt der auszugleichenden Station zu einem Punkt außerhalb der Station gemessen wurden, werden zur Orientierung verwendet. Ihre Zielpunkte werden in der Stationsausgleichung als feste Anschlußpunkte angehalten, unabhängig davon, ob sie Zentrum oder Exzentrum, Neu- oder Anschlußpunkt innerhalb des Verfahrens darstellen.

Damit bei vorliegender Überbestimmung die Orientierungsrichtungen die relative Lage der Stationspunkte zueinander nicht beeinflussen, werden für diejenigen Orientierungsrichtungen, die auf auszugleichenden Exzentren gemessen wurden, die mittleren Fehler vor der Ausgleichung durch den Steuerparameter 15.4 überhöht.

Finden sich keine zwei Anschlußpunkte für die Orientierung einer Station, so wird die Ausgleichung der entsprechenden Station mit einer Fehlermeldung abgebrochen.

Der Umfang der auszuwertenden Beobachtungen ist begrenzt hinsichtlich der Anzahl der Strecken und Richtungen insgesamt, der Anzahl der Richtungssätze, der Anzahl der an einem Richtungssatz beteiligten Neupunkte und bei der Hinzunahme von Fernzielen für Orientierungsrichtungen hinsichtlich der Anzahl der Punkte pro Stationsausgleichung. Bei Überschreiten einer Kapazitätsgrenze wird eine Fehlermeldung ausgegeben und überschüssige Beobachtungen werden nicht ausgewertet.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 12.03	Blatt 0-1

```

ZZZZZZZ EEEEEEE NN  NN TTTTTT RRRRRR  IIII
ZZZZZZZ EEEEEEE NN  NN TTTTTT RRRRRR  IIII
      ZZ  EE      NNN  NN  TT  RR  RR  II
      ZZ  EEEEEEE NNNN NN  TT  RRRRRR  II
      ZZ  EEEEEEE NN  NNNN  TT  RRRRRR  II
      ZZ  EE      NN  NNN  TT  RR  RR  II
ZZZZZZZ EEEEEEE NN  NN  TT  RR  RR  IIII
ZZZZZZZ EEEEEEE NN  NN  TT  RR  RR  IIII

```

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 10.97	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

	ab Blatt
Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Literaturhinweise	0-4
Aufgabe im System	0-5
Zentrierung und Mittelbildung	1-0
Zurückführung auf originäre Beobachtungen	1-0.1
Bezugsflächen	1-1
Auswahl der Beobachtungen	1-2
Zentrierungen	2-0
Mittelbildungen	3-0
Mittelung von Strecken	3-0
Mittelung von Richtungen und Richtungswinkeln	3-2

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 12.03	Blatt 0-3

=====
AENDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	7.85
Zurückführung auf originäre Beobachtungen Blätter 0-2, 0-5, 1-0, 1-2 eingefügtes Blatt 1-0.1	10.87
Erweiterung um Zentrierung und Mittelbildung von Richtungswinkeln sowie wählbare Abbildungsparameter Blätter 0-2, 0-5, 1-1, 1-2, 2-0, 3-2	3.96
Hinweis eingefügtes Blatt 3-1.1	3.96
Redaktionelle Überarbeitung	10.97
Redaktionelle Änderung Blätter 1-1, 1-2 geändert	3.00
Erweiterungen für örtliche Koordinaten, örtliche Höhen Blätter 1-1, 1-2 geändert	12.03

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 10.97	Blatt 0-4

=====
LITERATURHINWEISE
=====

- (1) Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, Richtlinien für die elektromagnetische Distanzmessung im Hauptdreiecksnetz (EDM-Richtlinien), 3. Auflage, Wiesbaden 1982.
- (2) Wolf, H., Ausgleichsrechnung, Formeln zur praktischen Anwendung, Ferd. Dummlers Verlag, Bonn 1975

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 10.97	Blatt 0-5

=====
AUFGABE IM SYSTEM
 =====

Aufgabe des Moduls =ZENTRI= ist, die Menge der im Lagenetz auszugleichenden Beobachtungen zu reduzieren, indem eingegebene Richtungen und Strecken, für die bestimmte Messungsanordnungen vom Programm erkannt werden, durch abgeleitete Beobachtungen ersetzt werden. Zur Zeit ist die Zentrierung exzentrisch gemessener Strecken, Richtungen und Richtungswinkel realisiert sowie die Mittelung der zentrierten bzw. zentrisch gemessenen Beobachtungen.

Die Zentrierung exzentrisch gemessener Beobachtungen bietet die Möglichkeit, in trigonometrischen Netzen örtliche Messungen von Netzbeobachtungen zu trennen und jeweils nur die Zentrumskoordinaten in der Netzausgleichung mit allen zur Verfügung stehenden Bestimmungselementen auszugleichen.

Die Zentrierung erfolgt aus Koordinaten (1). Zusammen mit der Lagenetzausgleichung und der Ausgleichung örtlicher Messungen kann in iterativ zu durchlaufender Programmfolge die Zentrierung wiederholt werden, bis die Koordinatenänderungen für die Zentrierung unerheblich sind.

Die Mittelbildung dient der Berücksichtigung von Korrelationen zwischen einzelnen Messungen und der Verringerung der Menge der auszugleichenden Beobachtungen. Dadurch ist eine realistischere Fehlerrechnung in der Lagenetzausgleichung zu erwarten.

Sie erschwert allerdings die Aufdeckung grober Datenfehler in den Einzelmessungen mittels statistischen Tests, so daß sie erst nach der Datenbereinigung aufgestartet werden sollte.

=ZENTRI= kann auch aufgerufen werden, wenn in allen nachfolgenden Auswertungen statt der abgeleiteten Beobachtungen wieder die originären Beobachtungen verwendet werden sollen.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 10.97	Blatt 1-0

=====

ZENTRIERUNG UND MITTELBILDUNG

=====

Zentrierungen werden nur bei entsprechender Belegung des Steuerparameters 14.2 durchgeführt.

Mittelungen werden durchgeführt, wenn der Steuerparameter 16.2 entsprechend gesetzt ist.

In Abhängigkeit vom Steuerparameter 16.3 und den zu den Beobachtungen eingegebenen Zeitangaben werden die Strecken unter Berücksichtigung von Korrelationen zu Gruppenmitteln zusammengefaßt. Für den durch Steuerparameter 16.4 definierten Zeitraum können aus nicht korrelierten Gruppenmitteln und Einzelmessungen Gesamtmittel gebildet werden. Richtungssätze werden ohne Berücksichtigung von Korrelationen zu Gesamtmitteln zusammengefaßt. Durch die Steuerparameter kann außerdem die Bildung von Gruppenmitteln oder Gesamtmitteln unterdrückt werden.

Bei der Mittelung werden die exzentrisch gemessenen Beobachtungen unmittelbar vor der Verarbeitung zum Mittel zentriert, d. h. Zentrierung und Mittelung erfolgen im gleichen Arbeitsgang. Entsprechend werden in der Druckerausgabe die Zentrierung und die Mittelbildung in gemeinsamen Abschnitten dokumentiert.

Die Mittelung ohne Zentrierung unterscheidet sich von der mit Zentrierung nur dadurch, daß alle Beobachtungen als zentrisch gemessen ausgewiesen werden.

Wird nur die Bildung von Gruppenmitteln, aber nicht von Gesamtmitteln gewünscht, erfolgt die Zentrierung der Richtungen in den Programmteilen, in denen keine Mittelbildung vorgenommen wird.

Ist die Zentrierung ohne Mittelbildung gewünscht, erfolgt die Bearbeitung in gesonderten Programmabläufen mit reduzierter Druckerausgabe. Hier kann der Anwender durch Veränderung des Steuerparameters 16.1 entscheiden, ob nur die zentrierten Beobachtungen in der Druckerausgabe ausgewiesen werden (Standarddruckerausgabe) oder ob alle (zentrierte und zentrische) Beobachtungen, die an die Lagenetzausgleichung übergeben werden, erscheinen (erweiterte Druckerausgabe). Der Steuerparameter 16.1 hat auf die Ausgabe bei Mittelbildung keinen Einfluß.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 10.97	Blatt 1-0.1

=====

ZURUECKFUEHRUNG AUF ORIGINAERE BEOBACHTUNGEN

=====

Auch nachdem =ZENTRI= ausgeführt wurde, verwenden einige Module (=NAEKO2=, =HOEHE=, =REDUZ=, =OERMES=) nur originäre Beobachtungen. Für die Module =TRINA2= und =KATKAF= werden jedoch die in die Zentrierungsberechnungen und Mittelungen eingehenden Beobachtungen gesperrt. Die abgeleiteten Beobachtungen bleiben bis zu einem erneuten =ZENTRI=-Lauf erhalten.

Wird =ZENTRI= aufgerufen, wenn nach den Steuerparametern weder die Zentrierung noch die Mittelung gewünscht werden, so werden alle abgeleiteten Beobachtungen gelöscht, und alle originären Beobachtungen werden für alle nachfolgenden Auswertungen wieder freigegeben. In diesem Fall erscheint in der Druckerausgabe nur eine entsprechende Meldung auf dem Deckblatt, weitere Listen werden nicht erzeugt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 12.03	Blatt 1-1

=====
 BEZUGSFLAECHEN
 =====

Bezugsfläche für Zentrierung und Mittelbildung ist im Regelfall das Ellipsoid. D. h. die in die Berechnung eingehenden, originären Beobachtungen werden auf das Ellipsoid umgerechnet.

Bei nicht reduziert eingegebenen und ggf. in =KATRIN= reduzierten Beobachtungen erfolgt die Umrechnung mithilfe der in den Verfahrensdateien zwischengespeicherten Reduktionsbeträgen (siehe Formelsammlung, Abschnitte Reduktionen).

Bei Beobachtungen, die bereits vor der Eingabe auf die Gauß'sche konforme Abbildungsebene bzw. ins Meter des TP-Feldes reduziert wurden, müssen die Reduktionsbeträge abgeschätzt und in Abzug gebracht werden. d. h. eine Strecke im Meter des TP-Feldes wird zunächst mit dem Steuerparameter 13.1 auf die Abbildungsreduzierte Strecke und dann mithilfe der (Näherungs-)Koordinaten im aktuellen Auswertestand auf die ellipsoidische Strecke zurückgeführt (siehe Formelsammlung, Abschnitt Berechnung ellipsoidischer Strecken). Abbildungsreduzierte Richtungen und Richtungswinkel werden durch Abzug der Abbildungsreduktion auf das Ellipsoid zurückgerechnet. Bei Richtungswinkeln wird auch die Meridiankonvergenz berechnet und abgezogen, so daß die Richtungen nach Geographisch Nord orientiert sind (Azimute).

Die Strecken und Richtungswinkel, die für die Zentrierungsberechnungen aus den Koordinaten abgeleitet werden, werden nach denselben Regeln auf das Ellipsoid umgerechnet.

Nachdem mit den ellipsoidischen Beobachtungswerten die Zentrierung und / oder die Mittelbildung durchgeführt wurden, werden die Ergebnisse wieder auf die nach Steuerparameter 12.2 gewünschte Bezugsebene reduziert.

Diese Umrechnungen werden jedoch nur durchgeführt, wenn die vorliegenden Koordinaten die entsprechende Qualität besitzen. Dazu wird der Steuerparameter 12.2 interpretiert, der i. A. die Beobachtungsreduktionen angibt, durch die die Bezugsebene der Koordinaten erreicht wird. Sollen die eingegebenen Beobachtungen nicht auf eine Gauß'sche konforme Abbildungsebene reduziert werden, weil z. B. nur unvollständige Koordinaten vorliegen, führt das Programm keine entsprechenden Zurückführungen und Reduktionen aus.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 12.03	Blatt 1-2

Dem Anwender werden i. d. R. die bereits auf die gewünschte Bezugsebene reduzierten Ergebnisse in der Druckerausgabe ausgewiesen. Für Anwendungen in der Landesvermessung lassen sich stattdessen auch z. B. die ellipsoidischen Beobachtungswerte abrufen. Dazu muß der Steuerparameter 16.5 entsprechend besetzt werden.

Ist nach Steuerparameter 12.2 keine Reduktion auf das Ellipsoid gewünscht, weil z. B. nur örtliche Höhen zu verarbeiten sind, werden die Zentrierungen und / oder Mittelbildungen mit neigungsreduzierten Strecken und den eingegebenen Richtungen ausgeführt. Steuerparameter 16.5 wird dann nicht mehr ausgewertet.

=====
 AUSWAHL DER BEOBACHTUNGEN
 =====

=ZENTRI= bearbeitet eine Beobachtung nur, wenn die Koordinaten von Stand- und Zielpunkt bekannt sind. Bei gewünschter Zentrierung müssen die Koordinaten der Zentren und Exzentren der auszuwertenden Netzbeobachtung vorliegen. Örtliche Messungen werden, wenn zentriert werden soll, in =ZENTRI= nicht ausgewertet. Weiterhin werden Strecken, die im aktuellen Auswertestand nicht horizontalisiert sind, und Richtungen, die laut Kennzeichnung in der Auftragsdatei von der Netzausgleichung auszuschließen sind, nicht bearbeitet. Nicht orientierte Richtungssätze werden nur aufgeführt, wenn sie mindestens zwei an die Netzausgleichung zu übergebende Richtungen enthalten.

Bei der Bildung eines Gruppenmittels aus Streckenmessungen und der Mittelung von Richtungssätzen ist die Anzahl der Einzelbeobachtungen durch die Programmkapazität begrenzt. Bei Überschreiten der Dimensionierung wird eine Warnung ausgegeben, überschüssige Beobachtungen gehen in die Mittelung nicht ein.

Zur Bereitstellung der abgeleiteten Beobachtungen für die Lage- netzausgleichung wird der Datenbestand der originären Beobachtungen in den Verfahrensdateien ergänzt. Überschreitet der gesamte Bestand die Datei- bzw. Programmkapazität, wird eine Fehlermeldung ausgegeben und es erfolgt ein Abbruch der Verfahrensablaufsteuerung. In diesem Fall muß das auszuwertende Datenmaterial reduziert, auf abgeleitete Beobachtungen verzichtet oder das Programm höher dimensioniert werden.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 10.97	Blatt 2-0

=====
ZENTRIERUNGEN
=====

Neben der entsprechenden Besetzung des Steuerparameters 14.2 ist die weitere Voraussetzung für die Zentrierungsberechnungen, daß in der Auftragsdatei die Exzentrum-Zentrum-Relationen explizit oder durch die Punktkennzeichen definiert wurden. Die zu einem Zentrum zugehörigen Exzentren und das Zentrum selbst bilden eine Station. Sind Stand- und/oder Zielpunkt einer Beobachtung als Exzentrum definiert und verbindet die Beobachtung verschiedene Stationen, so wird eine Zentrierung auf die jeweiligen Ausgleichszentren durchgeführt.

Die zentrierten Beobachtungen werden nach den in der Formelsammlung für das Programmsystem =KATRIN= angegebenen Formeln aus Anschluß- und Näherungskordinaten für Zentren und Exzentren abgeleitet (vergl. auch (1)).

Nicht orientierte Richtungssätze, die mindestens eine zentrierte Richtung enthalten, z. B. bei einer Zielpunktzentrierung, werden aus den unmittelbar gemessenen und den zentrierten Richtungen unter Ausschluß der örtlichen Messungen neu zusammengestellt. Dabei werden alle Richtungen auf das erste Ziel des Satzes reduziert.

Die mittleren Fehler werden unverändert von der exzentrisch gemessenen auf die zentrierte Beobachtung übertragen.

In der Druckerausgabe werden die Strecken nach den in =KATRIN= üblichen Sortierregeln (siehe Abschnitt =Allgemeines=), jedoch zweistufig, geordnet. Dabei bilden die Punktkennzeichen der Zentren das obere Sortierkriterium. Innerhalb einer Zentrumskombination werden dann die Strecken nach aufsteigenden Punktkennzeichen der Exzentren sortiert.

Die Richtungssätze werden nach aufsteigenden Punktkennzeichen der Standpunktzentren sortiert. Die Richtungssätze mit gleichem Standpunktzentrum sind nach aufsteigenden Punktkennzeichen der Beobachtungsstandpunkte (Exzentren) geordnet.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 10.97	Blatt 3-0

=====
MITTELBILDUNGEN
=====

Mittelung von Strecken

Für die Mittelbildung werden die Strecken zunächst nach aufsteigenden Punktkennzeichen der Zentren sortiert. Das Sortieren erfolgt zusammen mit den Gegenmessungen und unabhängig davon, ob zentrisch oder exzentrisch gemessen wurde. Die Strecken, die dieselben Ausgleichszentren miteinander verbinden, werden nach der Beobachtungsart (Meßbandmessungen unabhängig von der Meßbandlänge, elektrooptische Distanzen und Mikrowellendistanzen) geordnet. Nur Strecken, die zwischen identischen Ausgleichszentren in derselben Beobachtungsart gemessen wurden, können miteinander gemittelt werden.

Welche Strecken zusammengefaßt werden, entscheidet nun noch der durch Tagesdatum und Uhrzeit angegebene Zeitpunkt der Messung.

Für die Bildung von Gruppenmitteln gibt der Steuerparameter 16.3 die frei wählbare maximale Pausendauer zwischen zwei Einzelmessungen in Stunden an. D. h. beginnend mit der ältesten Messung werden alle zeitlich aufeinanderfolgenden Messungen zu einem Gruppenmittel zusammengefaßt, bis der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen größer ist als die maximale Pausendauer. Dabei hat ein eventueller Datumswechsel keine Bedeutung. Ausgehend von der ältesten der noch nicht gemittelten Messungen wird die nächste Gruppe zusammengestellt.

Für das Gruppenmittel werden die Streckenlänge und ihr mittlerer Fehler vor der Ausgleichung aus den in der Auftragsdatei eingegebenen mittleren Fehlern berechnet. Überhöhungsfaktoren werden nicht berücksichtigt. Die Beobachtungen eines Gruppenmittels werden - außer bei Meßbandmessungen - als korreliert angesehen (vergl. (2)). Als Korrelationskoeffizienten werden im Programm konstant 0.6 für elektrooptische Distanzen und 0.75 für Mikrowellendistanzen gesetzt.

Auf das Gruppenmittel wird der Zeitpunkt der letzten, d. h. jüngsten Einzelmessung übertragen.

Findet sich zu einer Einzelmessung keine zweite Strecke innerhalb der maximalen Pausendauer, werden Streckenlänge und mittlerer Fehler der Einzelmessung als Gruppenmittel übernommen.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 10.97	Blatt 3-1

Bei Eingabe von 0 Stunden als maximale Pausendauer unterbleibt die Bildung von Gruppenmitteln. Für die weitere Bearbeitung wird auf die Einzelmessungen zurückgegriffen.

Der Steuerparameter 16.4 steuert die Bildung von Gesamtmitteln. Hier wird jedoch eine Meßepoche definiert, in der alle zu einem Gesamtmittel zusammenzufassenden Strecken gemessen sein müssen.

Wird die Meßepoche in Tagen definiert, werden die Strecken so ausgewählt, daß der zeitliche Abstand zwischen ältester und jüngster Messung eines Gesamtmittels den angegebenen Zeitraum nicht überschreitet. Ausgehend von der ältesten der noch nicht gemittelten Messungen wird die nächste Epoche zusammengestellt.

Der Steuerparameter 16.4 kann auch so besetzt werden, daß alle in einem Kalenderjahr gemessenen Strecken oder alle im Verfahren befindlichen Strecken zu einem Gesamtmittel zusammengefaßt werden.

In die Berechnung eines Gesamtmittels gehen die Gruppenmittel und ihre mittleren Fehler ein. Sollen keine Gruppenmittel gebildet werden oder finden sich zu einem Gruppenmittel keine zwei Strecken, wird das Gesamtmittel mit Einzelmessungen berechnet.

Zwischen den Strecken eines Gesamtmittels werden keine Korrelationen angenommen. Es werden jedoch auch hier nur Strecken derselben Beobachtungsart gemittelt. Der in der Druckerausgabe ausgewiesene mittlere Fehler vor der Ausgleichung wird ohne Berücksichtigung von Überhöhungsfaktoren aus den mittleren Fehlern der in die Mittelung eingehenden Messungen abgeleitet.

Gesamtmittel aus nur einem Gruppenmittel bzw. einer Einzelmessung werden in der Druckerausgabe besonders gekennzeichnet. In den übrigen Fällen wird der Vertrauensbereich (BM) des Gesamtmittels berechnet. Die der Berechnung des Vertrauensbereichs zugrundeliegenden Verbesserungen und der mittlere Fehler aus der Mittelung werden in der Druckerausgabe nicht angezeigt.

Dem Gesamtmittel wird das Datum der letzten, d. h. jüngsten Strecke zugewiesen.

Steuerparameter 16.4 kann auch verwendet werden, um die Bildung von Gesamtmitteln zu unterdrücken.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 10.97	Blatt 3-1.1

Hinweis

Bei der Bildung von Gruppenmitteln kann es zu scheinbar nicht plausiblen Ergebnissen kommen, wenn die Strecken in der Auftragsdatei mit stark unterschiedlichen mittleren Fehlern eingegeben wurden. Durch den im Programm fest vorgegebenen Korrelationskoeffizienten (z. B. 0.75 für Mikrowellendistanzen) wird eine große Korrelation, d. h. ähnliche mittlere Fehler vorausgesetzt. Nach der Inversion der Q-Matrix können dadurch negative q entstehen. Im Extremfall führt das dazu, daß ein Mittel berechnet wird, das außerhalb des durch die Einzelwerte abgedeckten Bereichs liegt.

Diese Kuriosität ist nach der zugrundeliegenden Theorie und nach dem Datenfluß in =KATRIN= erreichbar. Lediglich vermessungstechnischer Sachverstand bei der Eingabe der mittleren Fehler oder der Definition der Gruppenmittel kann davor bewahren.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =ZENTRI=	Stand 10.97	Blatt 3-2

Mittelung von Richtungen und Richtungswinkeln

Richtungssätze, die auf das gleiche Ausgleichszentrum zentriert oder auf dem Zentrum selbst gemessen wurden, können in =ZENTRI= gemittelt werden. Voraussetzung ist jedoch, daß in den zu mittelnden Sätzen jeweils dieselben Zentren angezielt wurden. Die Reihenfolge der Ziele ist unerheblich, bei mehrmaligem Anmessen eines Zentrum muß jedoch die Anzahl der Zielungen übereinstimmen.

Eine Zusammenführung unvollständig gemessener Richtungssätze erfolgt nicht. Nicht orientierte Richtungssätze und Richtungswinkel auf demselben Standpunkt werden ebenfalls nicht zusammengeführt.

Durch den Steuerparameter 16.4 wird - wie bei den Strecken - die Meßepoche definiert, in der die jeweils zu mittelnden Richtungssätze gemessen sein müssen.

Nicht orientierte Richtungen werden vor der Mittelung auf ellipsoidische Richtungen zurückgeführt und auf das erste Ziel des ersten Satzes reduziert. Die gemittelten, an die Lagenetzgleichung zu übergebenden Richtungen werden auf die gewünschte Bezugsfläche und erneut auf das erste Ziel reduziert.

Für die Druckerausgabe kann der Anwender mit dem Steuerparameter 16.5 entscheiden, ob die ellipsoidischen oder die abbildungsreduzierten Beobachtungswerte der zu mittelnden Richtungen und der Gesamtmittel ausgegeben werden sollen. Bei nicht orientierten Richtungssätzen erfolgt jedoch stets eine Reduktion auf das erste Ziel des ersten Satzes (Reduktion auf Null). Dergleiche Parameter steuert, ob Richtungswinkel nach Geographisch Nord orientiert oder alternativ abbildungsreduziert und nach Gitternord orientiert ausgegeben werden.

Die Berechnung der Gesamtmittel und ihrer mittleren Fehler erfolgt nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz für nicht-korrelierte Beobachtungen. Die Formeln sind der Formelsammlung zum Programmsystem =KATRIN= zu entnehmen.

Bei überschüssigen Beobachtungen wird für jede gemittelte Richtung der Vertrauensbereich berechnet. Die der Berechnung zugrunde liegenden mittleren Fehler aus der Mittelung werden in der Druckerausgabe nicht ausgewiesen.

Wird nach Steuerparameter 16.4 keine Berechnung von Gesamtmitteln gewünscht, werden für die Richtungen nur die Zentrierungsberechnungen durchgeführt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.02	Blatt 0-1

```

TTTTTT RRRRRR  IIII NN  NN  AA  2222
TTTTTT RRRRRR  IIII NN  NN  AA  222222
TT  RR  RR  II  NNN  NN  AAAA  22  22
TT  RRRRRR  II  NNNN  NN  AAAA  22
TT  RRRRRR  II  NN  NNNN  AA  AA  22
TT  RR  RR  II  NN  NNN  AAAAAA  22
TT  RR  RR  IIII  NN  NN  AAAAAAA  222222
TT  RR  RR  IIII  NN  NN  AA  AA  222222

```

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.87	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

	ab Blatt
Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Literaturhinweise	0-4
Aufgabe im System	0-5
Netzausgleichung, Auffelderung und Restklaffenbeseitigung	1-0
Punkte in der Netzausgleichung	1-2
Bestimmbarkeit der Punkte in der Netzausgleichung	1-3.1
Auswahl der Beobachtungen	1-4
Ausgleichung	2-0
Fehlergleichungen	2-1
Gewichte der Beobachtungen	2-3
Aufbau und Lösung des Normalgleichungssystems	2-4
Auffelderung auf die Anschlußpunkte	3-0
Restklaffenverteilung	4-0

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.02	Blatt 0-3

=====
AENDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	11.83
Einschränkung bei Ausschluß von Punkten Blatt 1-3	8.85
Erweiterung um Status der Verfahrenspunkte Blätter 0-2, 1-1, 1-2 geändert Blatt 1-3 entfällt	6.88
Allgemeine Parallelverschiebung von Neupunkt-Stationen Blatt 1-2 geändert	3.89
Automatischer Ausschluß grob-fehlerhafter Beobachtungen Blatt 1-4 geändert Blatt 1-5 eingefügt	9.96
Redaktionelle Überarbeitung	10.97
Anpassung von Grenzwerten für den statistischen Test an den VPEr1. NRW vom 12. 1. 1996 Blätter 0-4, 1-4, 1-5	11.97
Erweiterung um Auffelderung der freien Netzausgleichung auf die Anschlußpunkte und Restklaffenverteilung Blätter 0-2, 0-4, 0-5 geändert Blätter 1-0 bis 1-3 vollständig überarbeitet Blätter 1-3.1 und 1-3.2 eingefügt Blätter 3-0, 3-1, 4-0 eingefügt	4.98
Integration der ausgleichenden Ebene in alle Modelle der Multiquadratischen Interpolation Blatt 4-0 geändert	3.00
Konkretisierung bezüglich der Verwendung von Punkten mit mit beweglichen Koordinaten bei der Auffelderung Blätter 3-0, 3-1, 4-0 geändert	5.01
Ausschluss von einfach bestimmten Netzpunkten und Tachy- meterpunkten in freien Ausgleichungen nur noch für gegebene Neupunkte Blatt 1-3.2 geändert	4.02

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.02	Blatt 0-3.1

Ausschluss grob-fehlerhafter Beobachtungen nur, wenn 4.02
Einfluss EP auf die relative Punktlage größer Grenzwert
Blätter 1-4, 1-5 geändert

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.98	Blatt 0-4

=====
LITERATURHINWEISE
=====

- (1) Ehlert, D., Das Dreiecksnetz im Raum Hannover-Göttingen-Hamm, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe B, Nr. 142, Verlag des Instituts für angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main 1967.
- (2) Ehlert, D., Ein weiterer Algorithmus zur Lösung linearer Gleichungssysteme, Zeitschrift für Vermessungswesen, 1971, S. 65-69.

Förstner, W., Das Programm TRINA zur Ausgleichung und Gütebeurteilung geodätischer Lagenetze, Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 2, 1979, S. 61-72.

Förstner, W., Das Rechenprogramm TRINA für geodätische Lagenetze in der Landesvermessung, Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 2, 1979, S. 125-166.

- (3) Pelzer, H., Neuere Ergebnisse bei der statistischen Prüfung von Deformationsmessungen, Paper 608.3, FIG-Kongress, Washington 1974.
- (4) Wrobel, W., Zur Steigerung der Auflösungsgenauigkeit durch Konditionsverbesserung mittels additiver Modifikation, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 199, Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in Kommission der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung, München 1974.

Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Die Bestimmung von Vermessungspunkten der Landesvermessung in Nordrhein-Westfalen, Vermessungspunkterlaß - VP Erl. -, RdErl. d. Innenministeriums vom 12. 1. 1996

- (5) Stückmann, G., Multiquadratische Interpolation und Restklaffenverteilung nach Winkel- und Abstandsgewichten, Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 4, 1986, S. 182-194.
- (6) Fröhlich, H., Die Verteilung von Restklaffungen im Modell multiquadratischer Funktionen, Der Vermessungsingenieur, Heft 3, 1987, S. 117-119.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.98	Blatt 0-5

=====
AUFGABE IM SYSTEM
=====

Nachdem in vorhergehenden Modulen durch Berechnung von Näherungskoordinaten und Aufbereitung der Beobachtungen die auszuwertenden Informationen beschafft wurden, erfolgt in =TRINA2= die Ausgleichung und statistische Analyse des Lagenetzes.

Außer der Ausgleichung mit Anschlußzwang an die gegebenen Festpunkte können zwangsfreie Ausgleichungen mit unterschiedlicher Auffelderung gerechnet werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, eine Netzanalyse ohne Einfluß der gespeicherten Beobachtungswerte durchzuführen.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.98	Blatt 1-0

=====
NETZAUSGLEICHUNG, AUFFELDERUNG UND RESTKLAFENBESEITIGUNG
=====

=TRINA2= ermöglicht zu entscheiden, welchen Zwang die eingegebenen Anschlußkoordinaten auf das Ergebnis der Netzausgleichung ausüben sollen, es kann also über die Lagerung des Netzes verfügt werden.

Mit dem Steuerparameter 18.3 kann gewählt werden: Als angeschlossenes Netz die Ausgleichung unter Anschlußzwang oder die zwangsfreie Ausgleichung mit Auffelderung auf die gegebenen Anschlußkoordinaten und Restklaffenverteilung. Außerdem ist es möglich, als freies Netz für Analysezwecke die zwangsfreie Ausgleichung mit Auffelderung auf alle Koordinaten vor der jeweiligen Ausgleichung oder auf die Anschlußkoordinaten ohne Restklaffenverteilung zu wählen.

Die Ausgleichung unter Anschlußzwang ist der Normalfall zur Bestimmung der Neupunktkoordinaten. Hierbei werden die gegebenen Anschlußkoordinaten festgehalten.

Eine zwangsfreie Ausgleichung mit Auffelderung auf die Anschlußkoordinaten und eine Verteilung der Restklaffungen kann ebenfalls zur Bestimmung der Neupunkte verwendet werden. Sie empfiehlt sich, wenn keine direkten Nachbarschaften im Netz gemessen wurden, sondern z. B. abgeleitete Richtungen und Strecken zu weit entfernten GPS-Referenzpunkten auszugleichen sind. Ein solcher Referenzpunkt selbst soll keinen Zwang auf das Ausgleichungsergebnis ausüben, während jedoch wegen vorhandener Netzspannungen (z. B. im Netz 77) andere Anschlußpunkte zu berücksichtigen sind. Bei einer Netzausgleichung unter Anschlußzwang würden sich die Widersprüche im Netz nur durch die Modellparameter Orientierungen und Maßstab auf die Neupunkte auswirken, während ein großer Teil der Spannungen durch die Beobachtungen zu den Anschlußpunkten abgefangen würde.

Die zwangsfreie Ausgleichung mit Auffelderung auf alle Koordinaten vor der Ausgleichung kann verwendet werden, um das Beobachtungsmaterial zu prüfen. Das Ausgleichungsergebnis wird beeinflusst durch die Näherungskordinaten der Neupunkte. Je nach deren Qualität kann keine Aussage über die Koordinaten der Anschlußpunkte gegeben werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.98	Blatt 1-1

Das kann erreicht werden mit einer Auffelderung eines freien Netzes auf die Anschlußkoordinaten. Das Ergebnis dieses Vorgehens liefert jedoch i. d. R. keine amtlichen Koordinaten für die Neupunkte, da die Spannungen zwischen Neupunktkoordinaten und vorgegebenen Anschlußwerten nicht verteilt werden.

Für eine Netzausgleichung mit gleichzeitiger Auffelderung auf ausgewählte Punkte bieten die in =KATRIN= implementierten Algorithmen derzeit keine Lösung an. Darum wird eine zwangsfreie Ausgleichung zur Zeit zunächst immer auf alle Koordinaten vor der Ausgleichung aufgefildert. Wird eine Auffelderung auf die Anschlußkoordinaten gewünscht, erfolgt nach der Ausgleichung in einem separaten Schritt eine 3- bzw. 4-Parameter-Transformation. Sollen die verbleibenden Restklaffungen auf die Neupunkte verteilt werden, wird eine multiquadratische Interpolation durchgeführt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.98	Blatt 1-2

=====
PUNKTE IN DER NETZAUSGLEICHUNG
=====

Für die Lagenetzausgleichung werden die auszuwertenden Daten aus den Verfahrensdateien selektiert.

Sog. Nicht-Lage-Punkte und Punkte, die im aktuellen Auswertestand keine Koordinaten haben, sind von der Ausgleichung ausgeschlossen.

Anschlußpunkte mit endgültigen und beweglichen Koordinaten sowie Neupunkte mit Näherungskordinaten nehmen im Allgemeinen entsprechend ihrer Lagekennung im aktuellen Auswertestand an der Netzausgleichung teil. Die Kennung für Stationsausgleichungen und Zentrierungen, die Lagerung des Netzes und die Art und die Anzahl der Bestimmungsstücke entscheiden weiterhin über Teilnahme und Status der Punkte.

Die Anschlußpunkte mit beweglichen Koordinaten werden im Allgemeinen wie Neupunkte behandelt. Zusätzlich jedoch werden die in der Auftragsdatei eingegebenen Koordinaten als Beobachtungen aufgefaßt und zur Berechnung von Fehlergleichungen verwendet. Die Koordinaten üben entsprechend ihrer Gewichtung einen Zwang auf das Netz aus, der aber nicht so stark ist wie bei endgültigen Koordinaten. Dies kann zur besseren Anpassung an ein spannungsbehaftetes Netz oder zur leichteren Aufdeckung von fehlerhaften Anschlüssen genutzt werden.

Sind nach Steuerparameter 14.2 Ausgleichungen örtlicher Messungen und Zentrierungsberechnungen durchgeführt worden, so unterliegen die Stationspunkte in der Netzausgleichung besonderen Regeln:

An der Netzausgleichung nehmen nur die Zentren teil. Sie übernehmen im Allgemeinen ihre Lagekennung aus dem aktuellen Auswertestand. Wenn aber das Zentrum als Neupunkt oder beweglicher Anschlußpunkt eingegeben wurde, und sich unter den Exzentren der Station ein fester Anschlußpunkt befindet, so überträgt dieser seinen Status auf das Zentrum (Herauflegung).

Wurden für eine Station nur Lageneupunkte und ein oder mehrere Punkte mit beweglichen Koordinaten, aber keine Anschlußpunkte mit endgültigen Koordinaten eingegeben, so führt dies von vornherein zu einer speziellen Definition des Zentrums (siehe Algorithmen =LESEIN=).

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.98	Blatt 1-3

Die übrigen Stationspunkte werden - unabhängig von ihrer Lagekennung in der Auftragsdatei - von der Netzausgleichung ausgeschlossen. Stationspunkte als Neupunkte unterliegen jedoch der gleichen Koordinatenänderung wie das zugehörige auszugleichende Zentrum in der Netzausgleichung.

Auswahl und Status der an der Netzausgleichung beteiligten Punkte sind auch abhängig von der Kennung zur Lagerung des Netzes. Die Kennung wirkt aber nicht nur auf die an der Netzausgleichung beteiligten Punkte wie die Ausgleichungszentren, sondern auch auf die Status der sonstigen Stationspunkte. Darum führt ein Aufruf von =TRINA2= unmittelbar nach einer Änderung des Steuerparameters 18.3 bei Stationsausgleichungen und Zentrierungsberechnungen zur Ausgabe einer Meldung und dem Abbruch des Modulablaufs. Es muß mindestens die Modulfolge =OERMES=, =ZENTRI=, =TRINA2= aufgerufen werden. Die Auswirkungen auf die Stationspunkte sind in den Algorithmen des Moduls =OERMES= beschrieben.

Ohne Stationsausgleichungen und Zentrierungsberechnungen kann nach einer Änderung der Lagerungskennung =TRINA2= direkt aufgerufen werden. Beim erstmaligen Aufruf werden zunächst die Koordinaten und die Status der Anschlußpunkte aus der Auftragsdatei wiederhergestellt. Gegebenenfalls muß noch =NAEKO2= aufgerufen werden, um erneut Näherungskordinaten für die Punkte zu berechnen, die in der bisherigen Lagerung als nicht bestimmbar im Netz ausgeschlossen waren.

Wird nach Steuerparameter 18.3 ein freies Netz gewünscht, werden für die Netzausgleichung sowie den nachfolgenden Berechnungsablauf alle gegebenen Anschlußpunkte mit endgültigen oder beweglichen Koordinaten als Verfahrensneupunkte betrachtet.

Wird die Kapazität des Programms hinsichtlich der Anzahl der Neu- und Anschlußpunkte insgesamt oder der Anzahl der Koordinatenunbekannten überschritten, erfolgt nach Ausgabe einer Fehlermeldung ein Programmstop.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.98	Blatt 1-3.1

=====

BESTIMMBARKEIT DER PUNKTE IN DER NETZAUSGLEICHUNG

=====

Vor der Netzausgleichung wird eine Analyse aller beteiligten Punkte auf ihre Bestimmbarkeit im Netz durchgeführt.

Bei dieser Prüfung muß ein Punkt, der als Neupunkt oder als Anschlußpunkt mit beweglichen Koordinaten an der Netzausgleichung teilnimmt, mindestens durch zwei Bestimmungstücke (einfach) im Netz bestimmt sein. Bei der Lagerung unter Anschlußzwang müssen Anschlußpunkte mit endgültigen Koordinaten ein, bei anderen Lagerungen ebenfalls zwei Bestimmungstücke vorweisen.

Hierbei gelten als Bestimmungstücke für einen Punkt p alle auszugleichenden Strecken zwischen p und einem anderen Netzpunkt, alle Netzrichtungen mit p als Ziel (Außenrichtungen) und alle auf p gemessenen Netzrichtungen (Innenrichtungen) unter Abzug je einer Unbekannten für jeden nicht orientierten Richtungssatz. Strecken zwischen denselben Endpunkten sowie stand- und zielpunktidentische Richtungen zählen jeweils nur einmal, d. h. Richtungssätze mit identischen Richtungen werden logisch zusammengeführt.

Bei der Wertung der Beobachtungen als Bestimmungstücke werden Strecken, die nicht horizontalisiert sind, und nicht orientierte Richtungssätze mit nur einer Netzrichtung ausgeschlossen.

Bei exzentrischen Messungen werden statt der Exzentren als Stand- bzw. Zielpunkt die zugehörigen Zentren eingesetzt. Die Netzbeobachtungen müssen unterschiedliche Stationen miteinander verbinden, örtliche Messungen sind von der Prüfung ausgeschlossen.

Natürlich zählt eine Beobachtung als Bestimmungstück für den Standpunkt nur, wenn auch der Zielpunkt an der Ausgleichung teilnimmt und umgekehrt.

Bei unterbestimmten Punkten werden die Koordinaten und bei den Zentren auch die Koordinaten der sonstigen Neupunkte auf der Station aus dem Berechnungsablauf gelöscht, d. h. sie sind auch in nachfolgenden Auswertemodulen nicht mehr verfügbar. Dadurch wird die Homogenität des Verfahrens gewährleistet. Die Prüfung der Punkte anhand der Bestimmungstücke im Netz erfolgt iterativ zusammen mit der Prüfung der Beobachtungen solange, bis kein weiterer Punkt mehr ausgeschlossen wird.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.02	Blatt 1-3.2

Bei der Überprüfung der Bestimmungsstücke wird die Geometrie des Netzes nicht untersucht. So können schleifende Schnitte oder fehlende Verbindungen zu auszugleichenden Netzteilen auch bei quantitativ überbestimmten Punkten zu qualitativen Unterbestimmungen führen. Diese Neupunkte fallen durch sehr große mittlere Koordinatenfehler auf.

Über diese Prüfung hinaus ermöglicht der Steuerparameter 18.5, einfach bestimmte (z. B. polar aufgenommene) Neupunkte und sog. Tachymeterpunkte von der Netzausgleichung auszuschließen. Als Tachymeterpunkte werden Neupunkte verstanden, die durch Außenrichtungen oder elektronisch gemessene Strecken mit höchstens zwei anderen Punkten des übrigen Netzes verbunden sind, selbst jedoch nicht Standpunkt von Richtungsmessungen waren. Somit lässt sich das Lagenetz von flächenhaft aufgenommenen Punkten befreien. Es können jedoch keine Punkte ausgeschlossen werden, die Zentrum zu einem oder mehreren Stationspunkten sind. Ebenso werden in freien Netzen eingegebene Anschlusspunkte mit endgültigen oder beweglichen Koordinaten nicht ausgeschlossen.

Auch dieser Ausschluss von Punkten und Beobachtungen erfolgt iterativ, bis kein weiterer Punkt mehr ausgeschlossen wird. So werden z. B. bei Ausschluss von Polarpunkten einseitig angeschlossene Polygonzüge (tote Züge) komplett aus der Auswertung herausgenommen. Die ausgeschlossenen Punkte werden nach der Netzausgleichung in =NAEKO2= berechnet.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.02	Blatt 1-4

=====

AUSWAHL DER BEOBACHTUNGEN

=====

Bei der Auswahl der auszugleichenden Beobachtungen werden zunächst Strecken, die nicht horizontalisiert sind, und Richtungssätze mit nur einer Netzrichtung ausgeschlossen. Weiterhin wird geprüft, ob Stand- und Zielpunkt an der Ausgleichung teilnehmen.

Die originären Messungen (z. B. exzentrische Beobachtungen, örtliche Messungen) werden durch die in =ZENTRI= abgeleiteten (zentrierten) Beobachtungen ersetzt.

Durch die Steuerparameter 18.6 und 18.7 können für Analysezwecke alle Strecken oder alle Richtungen des Verfahrens ausgeschlossen werden.

Mit dem Steuerparameter 18.2 kann entschieden werden, ob Beobachtungen, die als grob-fehlerhaft vermutet werden und die Auswirkungen auf die relative Punktlage haben, in der Ausgleichung verbleiben oder ausgeschlossen werden sollen.

Sollen keine Beobachtungen ausgeschlossen werden, so wird nach den Ergebnisabrissen eine Liste erzeugt, in der maximal 20 Beobachtungen mit den größten Normierten Verbesserungen NV über dem Grenzwert (kritischer Wert k) ausgegeben werden. Die Liste ist nach der Größe der NV sortiert. Durch den "Verschmierungseffekt" der Ausgleichung werden infolge eines groben Fehlers unter Umständen mehrere Beobachtungen als fehlerhaft angezeigt. Im Allgemeinen weist die größte Normierte Verbesserung auf den tatsächlichen groben Fehler hin.

Bei einem Ausschluss wird nach der ersten konvergenten Ausgleichung des Netzes geprüft, ob Beobachtungen sowohl mit einer Normierten Verbesserungen NV größer Grenzwert (kritischer Wert k) und einem Einfluss EP auf die relative Punktlage größer Grenzwert vorhanden sind (vergl. VP-Erl. NRW, Anlage 3). Wenn vorhanden, wird die Beobachtung mit der größten NV von der Ausgleichung ausgeschlossen. Anschließend wird die Auswertung von der Prüfung der Punkte und Beobachtungen bis zur erneuten Konvergenz der Ausgleichung wieder-

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 4.02	Blatt 1-5

holt. Bei mehreren fehlerhaften Beobachtungen erfolgt eine Iteration, bis keine Beobachtung mehr gefunden wird, deren NV und EP die Grenzwerte überschreiten. Die ausgeschlossenen Beobachtungen werden vor den Ergebnisabrissen mit ihren Werten aus dem statischen Test in der jeweils ausschließenden Ausgleichung gelistet. Die Ergebnisabrisse und die nachfolgenden Abschnitte der Druckerausgabe beziehen sich auf die letzte, d. h. die Ausgleichung ohne die ausgeschlossenen Beobachtungen.

Verbleiben nach dem Ausschluss Beobachtungen mit NV größer, aber EP kleiner Grenzwert, werden diese ebenfalls in der Liste der grobfehlerhaften Beobachtungen angezeigt.

Die Grenzwerte für NV und EP werden mit den Steuerparametern 19.7 und 19.8 vorgegeben.

Der Steuerparameter 18.2 wird auch genutzt, wenn statt der vollständigen Ausgleichung nur eine statistische Analyse des Netzentwurfs gerechnet werden soll (vergl. Abschnitt =Fehlergleichungen=).

Die Dimensionierung des Programms begrenzt die maximale Größe einer Netzausgleichung. So kann es zu einem Programmstop unter Ausgabe einer Fehlermeldung kommen, wenn die Anzahl der Fehlergleichungen, d. h. der Strecken, Richtungen und beweglichen Koordinaten, die Anzahl der Richtungsätze oder die Anzahl der Neupunkte pro Richtungsatz den Maximalwert überschreitet.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 10.97	Blatt 2-0

=====
AUSGLEICHUNG
=====

Die ausgewählten Beobachtungen werden als vermittelnde Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen.

Die Ausgleichung, d. h. die Berechnung der Fehlergleichungskoeffizienten und Normalgleichungsanteile, der Aufbau und die Lösung des Normalgleichungssystem sowie der Zuschlag der Koordinatenänderungen, wird wegen der Linearisierung der Fehlergleichungen solange wiederholt, bis alle Koordinatenänderungen unter 5 mm liegen (interne Iteration). Im Allgemeinen ist dieser Wert nach etwa zwei Iterationen erreicht.

Die maximalen Koordinatenänderungen werden für jede interne Iteration in der Statistik ausgegeben.

Wird der Grenzwert von 5 mm nach fünf Iterationen noch immer überschritten, wird keine erneute Iteration angestoßen. Danach folgt, wie nach der konvergenten Ausgleichung, die Aufstellung des Ergebnisabrisses für die Fehlersuche und die Fortführung der Verfahrensdateien. Der Anwender muß entscheiden, ob das Ergebnis so bestehen bleiben kann oder ob =TRINA2= bzw. ein anderes Auswertemodul aufgestartet wird, weil dann Konvergenz zu erwarten ist. Gegebenenfalls ist nach einer Fehlerbeseitigung in der Auftragsdatei der gesamte Auswerteablauf erneut aufzustarten.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 10.97	Blatt 2-1

=====
FEHLERGLEICHUNGEN
=====

Die Fehlergleichungskoeffizienten für Strecken, Richtungen und bewegliche Koordinaten werden nach den in der Formelsammlung zum Programmsystem =KATRIN= angegebenen Formeln berechnet. Ist an einer Beobachtung ein Anschlußpunkt mit endgültigen Koordinaten beteiligt, entfallen die entsprechenden Koeffizienten.

Mit dem Steuerparameter 18.4 kann die Berechnung einer Maßstabsunbekannten gesteuert werden. Bei der Berechnung ohne Maßstabsunbekannte entfällt der entsprechende Koeffizient. Der Einfluß der Maßstabsunbekannten und des Maßstabs des trigonometrischen Festpunktfeldes (Steuerparameter 13.1) auf die Länge der Strecke wird im Ergebnisabriß aufgezeigt.

Die Orientierungsunbekannten der Richtungssätze werden vorab durch Abriß berechnet.

Bewegliche Koordinaten werden ebenfalls als Beobachtungen aufgefaßt. Es wird je eine Fehlergleichung mit den in der Auftragsdatei eingegebenen Koordinaten aufgestellt.

Die Näherungskordinaten der Neupunkte werden ebenso behandelt. Sie erhalten jedoch ein sehr kleines Gewicht, das einem mittleren Koordinatenfehler von 30 m entspricht, und sind mit den Koordinaten der laufenden internen Iteration identisch. Damit beeinflussen sie das Ergebnis nicht störend, verhindern jedoch, daß das Normalgleichungssystem bei schwachen Bestimmungen singular wird (vergl. (4)). Diese Punkte sind nach der Ausgleichung an großen mittleren Koordinatenfehlern zu erkennen.

Soll nach Steuerparameter 18.2 nur eine statistische Analyse des Lagenetzes (z. B. Netzentwurf) ohne Ausgleichung gerechnet werden, so werden die Beobachtungswerte in den oben genannten Fehlergleichungsgruppen aus den Näherungskordinaten abgeleitet. Die Beobachtungswerte aus der Auftragsdatei haben also keinen Einfluß auf das Ergebnis. Aus den mittleren Fehlern vor der Ausgleichung werden jedoch die Kontrollierbarkeit der auszugleichenden Beobachtungen und mit angenommenen Gewichtseinheitsfehlern vom wert 1.0 die mittleren Fehler der Koordinaten ermittelt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 10.97	Blatt 2-2

Bei einer freien Ausgleichung bleibt durch Aufstellung von Bedingungsgleichungen für die Verschiebung in y und x der Schwerpunkt des Netzes vor der Ausgleichung erhalten. Die Bedingungsgleichungen werden als Fehlergleichungen mit hohen Gewichten eingesetzt (vergl. (1)). Ist für das Netz keine orientierte Richtung in der Auftragsdatei gegeben, so wird eine weitere fingierte Fehlergleichung für die Drehung um den Schwerpunkt berechnet. Ist keine Strecke gegeben oder wird mit Maßstabsunbekannter gerechnet, wird auch für den Maßstab eine Fehlergleichung aufgestellt. Die Anzahl der fingierten Fehlergleichungen wird als Lagerungsbedingungen ausgewiesen und geht in die Berechnung der Redundanz des Netzes ein.

Die vier Fehlergleichungen werden nur für das gesamte auszugleichende Netz angesetzt. Eine Untersuchung, ob ausreichende Verbindungen zwischen einzelnen Netzteilen gegeben sind, wird nicht durchgeführt.

Zur Berechnung der Gewichtsmatrix werden die Anteile der fingierten Fehlergleichungen nach der Inversion vom Normalgleichungssystem abgezogen (vergl. (3)).

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 10.97	Blatt 2-3

=====

GEWICHTE DER BEOBACHTUNGEN VOR DER AUSGLEICHUNG

=====

Die Beobachtungsgewichte berechnen sich aus den in der Drucker-
ausgabe ausgewiesenen mittleren Fehlern vor der Ausgleichung.
Diese sind nach den in der Formelsammlung angegebenen Formeln
abhängig von den mittleren Fehlern, die in der Auftragsdatei
definiert sind.

Bei Richtungen wird zusätzlich die Ungenauigkeit der Zielein-
stellung (Steuerparameter 19.1) berücksichtigt, der Einfluß auf
den mittleren Fehler vor der Ausgleichung ist entfernungsab-
hängig.

Die mittleren Fehler vor der Ausgleichung lassen sich durch
die Steuerparameter 19.2 bis 19.4 für die Gruppen Strecken,
Richtungen und bewegliche Koordinaten überhöhen.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 10.97	Blatt 2-4

=====

AUFBAU UND LOESUNG DES NORMALGLEICHUNGSSYSTEMS

=====

Mithilfe der Schreiber'schen Summgleichungen werden die Richtungssatzorientierungen vorab eliminiert, so daß das Normalgleichungssystem auf die Koordinatenunbekannten und ggf. die Maßstabsunbekannte reduziert ist.

Von dem Normalgleichungssystem wird nur das Dreieck unterhalb der Hauptdiagonalen und die Diagonale selbst in Vektorform im Arbeitsspeicher vorgehalten.

Dies erlaubt die Lösung nach (2), die gleichzeitig die Unbekannten und die Kofaktormatrix der Unbekannten liefert.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 5.01	Blatt 3-0

=====

AUFFELDERUNG AUF DIE ANSCHLUSSPUNKTE

=====

Weil die derzeit in =KATRIN= implementierten Algorithmen für eine freie Netzausgleichung mit gleichzeitiger Auffelderung auf ausgewählte Punkte keine Lösung anbieten, wird eine zwangsfreie Ausgleichung zur Zeit zunächst immer auf alle Koordinaten vor der Ausgleichung aufgefördert. Hierbei entstehen für alle Punkte, auch die Anschlusspunkte, neue Koordinaten. Eine Auffelderung auf die Anschlusskoordinaten erfolgt nach der Ausgleichung in einem separaten Schritt durch eine Transformation des frei ausgeglichenen Netzes auf die Anschlusskoordinaten.

Auffelderungspunkte (Stützpunkte) sind dabei die eingegebenen Anschlusspunkte mit endgültigen Koordinaten. Wird nach der Auffelderung keine Restklaffenverteilung gewünscht, nehmen auch die Punkte mit beweglichen Koordinaten an der Auffelderung teil.

Bei der Transformation wird für jede Koordinate eines Auffelderungspunktes eine Fehlergleichung aufgestellt. Die Fehlergleichungen werden einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate unterzogen.

Die Unbekannten sind dabei die drei bzw. vier Transformationsparameter: der Rechts- und der Hochwert des Koordinatenursprungs des frei ausgeglichenen Netzes und der Drehwinkel zwischen den Koordinatenachsen des frei ausgeglichenen Netzes und den Koordinatenachsen des Anschlusssystemes. Wird bei der Auffelderung auf die Anschlusspunkte die Berechnung einer Maßstabsunbekannten gewünscht, so wird diese nicht in der Netzausgleichung, sondern als vierte Unbekannte in der Transformation bestimmt.

Bei den verwendeten Programmen zur Bestimmung der Transformationsparameter lassen sich die Fehlergleichungen punktspezifisch gewichten. Zur Berechnung des Gewichtes werden die mittleren Koordinatenfehler, wie sie durch die Auftragsdatei vorgegeben wurden, zu einem mittleren Punktfehler aus der Eingabe zusammengefasst. Dieser wird nach Fehlerfortpflanzungsgesetz mit dem mittleren Punktfehler aus der freien Netzausgleichung kombiniert. Der resultierende Punktfehler wird gleichmäßig auf die beiden Fehlergleichungen eines Anschlusspunktes verteilt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 5.01	Blatt 3-1

Sofern Punkte mit beweglichen Koordinaten an der Transformation teilnehmen, unterscheiden sie sich von den Anschlusspunkten mit endgültigen Koordinaten nur durch ihre Gewichte aus der Eingabe.

Die Ausgleichung erfolgt iterativ, bis die Auswirkungen der Änderungen der Parameter auf die Verbesserungen der Stützpunktkoordinaten unter 1 mm bleiben. Anschließend werden für jede Stützpunktkoordinate für den statistischen Test nach Baarda ('data snooping') die Kontrolliertheit EV, die Normierte Verbesserung NV und, falls NV den Kritischen Wert k überschreitet, der grobe Fehler GF berechnet und ausgewiesen.

Die berechneten Transformationsparameter werden mit ihren mittleren Fehlern und weiteren statistischen Angaben in der TRINA2-Statistik auf der letzten Seite der Druckerausgabe aufgeführt.

Wird keine Restklaffenverteilung gewünscht, erfolgt nach der Bestimmung der Parameter die Umformung und die Listung der Neupunkte sowie die Fortführung der verfahrensspezifischen Punktdatei. Hier werden auch die Koordinaten der Auffelderungspunkte im weiteren Berechnungsablauf, nicht jedoch im eingegebenen Anschlusssystem, mit ihren transformierten Koordinaten überschrieben. Handelt es sich bei einem Neupunkt wie bei einem Auffelderungspunkt um das Zentrum einer Station, so unterliegen auch hier alle übrigen Punkte der Station dergleichen Koordinatenänderung wie das Zentrum.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Algorithmen =TRINA2=	Stand 5.01	Blatt 4-0

=====
RESTKLAFENVERTEILUNG
=====

Soll eine zwangfreie Ausgleichung mit Auffelderung auf die Anschlußkoordinaten besser an das gegebene Anschlußnetz angepaßt werden, so kann mit Steuerparameter 18.3 zusätzlich eine Verteilung der Restklaffungen gewählt werden. Die zu verteilenden Klaffungen werden bei den Auffelderungspunkten als Verbesserungen ausgewiesen.

In dieser Berechnungsvariante werden als Auffelderungspunkte nur die Anschlußpunkte mit endgültigen Koordinaten verwendet, Punkte mit beweglichen Koordinaten werden als umzuformende Neupunkte behandelt.

Als Methode für die Verteilung wurde die multiquadratische Interpolation realisiert. Dabei wird nach STÜCKMANN (5) durch die 3D-Modelle, die durch die Lagekoordinaten der Auffelderungspunkte und ihre Restklaffungen, jeweils in y- und x-Komponente, beschrieben werden, eine ausgleichende Ebene gelegt. Der sich für jeden Punkt individuell aus der ausgleichenden Ebene ergebende sogenannte Trendanteil wird zunächst bei den Restklaffungen der Auffelderungspunkte in Abzug gebracht und später bei den interpolierten Werten der Umformungspunkte wieder addiert. In dem nach Abzug der Trendanteile verbleibenden Restklaffenmodell werden die Umformungspunkte multiquadratisch interpoliert. Dieses Vorgehen ist bei FRÖHLICH (6) beschrieben.

Die sich hieraus ergebenden Zuschläge werden an die umgeformten Neupunktkoordinaten angebracht. Weil die Extrapolation bei diesem Ansatz zu fraglichen Ergebnissen führen kann, werden Neupunkte, die außerhalb des durch die Auffelderungspunkte abgedeckten Bereichs liegen, besonders gekennzeichnet.

Bei der Fortführung der verfahrensspezifischen Punktdaten werden hier nur die Neupunkte bearbeitet, das so bestimmte Netz wird als homogen zum Anschlußnetz betrachtet. Auch hierbei unterliegen alle übrigen Punkte einer Station dergleichen Koordinatenänderung wie das Zentrum.