

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 7.07	Blatt 0-1

KK KK AA TTTTTTTT RRRRRR IIII NN NN
 KK KK AA TTTTTTTT RRRRRR IIII NN NN
 KK KK AAAA TT RR RR II NNN NN
 KKKK AAAA TT RRRRRR II NNNN NN
 KKKK AA AA TT RRRRRR II NN NNNN
 KK KK AAAAAA TT RR RR II NN NNN
 KK KK AAAAAAA TT RR RR IIII NN NN
 KK KK AA AA TT RR RR IIII NN NN

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

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

	ab Blatt
Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Literaturhinweise	0-4
Vereinbarungen	0-5
Programmkenndaten	0-7
Aufgabenbeschreibung	1-0
Auszuwertende Daten	1-1
Konzeption der Auswertung	2-0
Struktur des Programmsystems	3-0
Datenfluß	4-0
Verfahrensablauf	5-0
Automatische Verfahrensablaufsteuerung	5-1
Abbrüche	5-2
Druckerausgabe	6-0
Format	6-1
Sortierungen	6-2
Fehlermeldungen, Warnungen	6-3
Statistischer Test	7-0
Redundanzanteile	7-0
Normierte Verbesserung und grober Fehler	7-1
Einfluß der Beobachtungen	7-2
Ausgleichungsstatistiken	8-0

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

=====
AENDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	11.83
Erweiterung um Mittelung von Beobachtungen Blätter 0-5, 3-3, 5-1, 6-2 geändert	7.85
Erweiterung um Modul =KARNET= u. a. Blätter 0-7, 1-1, 3-0, 3-4, 4-0, 4-1, 7-2 geändert	3.86
Erweiterung um Modul =KOUKIV= Blätter 0-5, 0-7, 3-0, 3-4, 4-0, 4-1 geändert	2.87
Verallgemeinerung der Umsetzmodule =KOUKIV= u. a. nur noch in selbständiger Beschreibung Blätter 3-0, 3-4, 4-0, 4-1 geändert	2.88
Erweiterung um wählbare Abbildungsparameter, Reduktion von Richtungswinkeln um Meridiankonvergenz sowie Zentrierung und Mittelung von Richtungswinkeln Blätter 0-2, 1-1, 3-1, 3-2, 3-3, 5-1 geändert Blätter 1-2, 1-3 eingefügt	3.96
Ersetzen des Moduls =KARNET= durch das selbständige Programm =KATNET= Blätter 3-0, 3-3, 3-4, 4-0, 4-1 geändert	3.97
Redaktionelle Überarbeitung	10.97
Anpassung von Grenzwerten für den statistischen Test an den VPErl. NRW vom 12. 1. 1996 Blätter 0-4, 6-3, 7-0, 7-1, 7-2 geändert Blatt 0-4.1 eingefügt	11.97
Erweiterung um Berücksichtigung von Undulationen, Ersetzen der Programmnamen =KOUKIV= und =KATVAL= durch =KATKIV= und =KATDIV= Blätter 1-3, 3-2, 3-4, 4-0, 4-1 geändert Blatt 1-4 eingefügt	1.98

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 3.00	Blatt 0-3.1

Erweiterung um Auffelderung der freien Netzausgleichung auf die Anschlußpunkte und Restklaffenverteilung Blatt 3-3 geändert	4.98
Erweiterung um Berücksichtigung von Undulationen für Höhenmessungen Abschnitt "Bezugssysteme" als gesonderter Teil des Anwendungshandbuchs Blätter 0-2, 1-1, 1-2 geändert Blätter 1-3, 1-4 entfallen	5.99
Neue Undulationsdatei nach Neuberechnung des NWREF 1999 Abschnitte "Bezugssysteme" und "Installation UNIX und Windows" geändert	9.99
Freigabe der Version von 5.99 Blatt 0-7 geändert	10.99
Neuer Steuerparameter zur Definition eines Standardbezugssystems Abschnitte "Bezugssysteme", "Steuerdatei" und "Formelsammlung" geändert	10.99
Codierung der Stützpunktangaben für DREF- und NWREF- Punkte Abschnitt "Undulationsdatei" geändert	11.99
Neues Modul =KATPFI= Blatt 3-4 geändert Abschnitt "Steuerdatei" geändert Abschnitt "Algorithmen =KATPFI=" eingefügt	1.00
Neue Undulationsdatei nach Neuberechnung Dezember 1999 Abschnitte "Bezugssysteme" und "Installation UNIX und Windows" geändert	2.00
Integration der ausgleichenden Ebene in alle Modelle der Multiquadratischen Interpolation Abschnitte "Bezugssysteme" und "Algorithmen TRINA2" geändert	3.00
Einschränkungen bei der Übernahme von Ziffern für unvollständig eingegebene Koordinaten Abschnitt "Algorithmen LESEIN" geändert	3.00

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 4.02	Blatt 0-3.2

Überarbeitung des Export-Moduls KATMAR Abschnitt "Algorithmen KATMAR" geändert	7.00
Wegfall der Überprüfung der Bestimmbarkeit der Zentren und Ferziele im Netz vor den Stationsausgleichungen Abschnitt "Algorithmen OERMES" geändert	7.00
Anpassung der Formel für den Gruppenbrechungsindex für elektrooptische Distanzen an die Empfehlungen der XXII. Generalversammlung der IUGG (Zeitschrift für Vermessungs- wesen 7/2000) Abschnitt "Formelsammlung" geändert	9.00
Statistischer Test auch für Beobachtungen mit Kontrolliert- heit EVi kleiner 10 % Blatt 7-0 geändert Blatt 7-0.1 eingefügt	9.00
Lokaler Mittlerer Punktfehler im Datenfluss zur ALK-Punktdatei Abschnitte "Algorithmen KATDIV" und "Installation UNIX und Windows" geändert	9.00
Diverse Änderungen im Zuge der Umstellungen der Speicherung von Punktstatusangaben sowie von punkt- und beobachtungs- bezogener Werte in den Verfahrensdateien als Vorbereitung für neue Graphikausgaben Abschnitte "Algorithmen HOEHE", "Algorithmen TRINA2" und "Installation UNIX und Windows" geändert	5.01
Abschluss der Umstellung der Nachweisführung beim Landes- vermessungsamt NRW von ALF auf PfiFF Blatt 3-4 geändert Abschnitt "Anbindung an den LFP-Nachweis ALF" (KATALF) entfällt	5.01
Auffelderung freier Höhensysteme auf die Anschlusshöhen Abschnitt "Algorithmen HOEHE" geändert	3.02
Ausschluss von einfach bestimmten Netzpunkten und Tachy- meterpunkten in freien Ausgleichungen nur noch für gegebene Neupunkte Abschnitt "Algorithmen TRINA2" geändert	4.02

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 7.07	Blatt 0-3.3

Ausschluss grob-fehlerhafter Beobachtungen nur, wenn Einfluss EP auf die relative Punktlage größer Grenzwert Abschnitt "Algorithmen TRINA2" geändert	4.02
Neue Verfahrensabläufe zur Darstellung von Netzrissen, Stationsskizzen, Berechnungsergebnissen Exportmodul =KATZEI= und Programm =ZEIBER= ersetzen =KATNET= Blatt 3-4 geändert Abschnitt "Algorithmen KATZEI" eingefügt	5.02
Änderungen im Datensatz Objekte in der Graphikdatei für =ZEIBER= Abschnitt "Algorithmen KATZEI" geändert	8.02
Implementation des (NHN-)Undulationsmodells 2003 Abschnitt "Bezugssysteme" geändert	5.03
Vorgabe der Ordnung von Aufnahmepunkten zur Darstellung in Netzrissen Abschnitte "Auftragsdatei" und "Steuerdatei" geändert	10.03
Erweiterungen für örtliche Koordinaten, örtliche Höhen mit Einheit ungleich Meter alle Abschnitte geändert	12.03
Implementation des (NHN-)Undulationsmodells 2004 Abschnitt "Bezugssysteme" geändert	1.04
Graphische Darstellung von Punkten anderer Punktart als Aufnahmepunkte Abschnitt "Auftragsdatei" geändert	2.04
Untersuchung der Koordinatenänderungen der Stations- ausgleichungen zur Verfahrensablaufsteuerung Blatt 5-1 geändert	6.06
Erweiterung um Interpolation von Undulationen im Stützpunktgitter Abschnitte "Bezugssysteme", "Steuerdatei", "Undulationsdatei", "Algorithmen HOEHE", "Algorithmen REDUZ" geändert	1.07
Implementation des Undulationsmodells 2007 Abschnitt "Bezugssysteme" geändert	7.07

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 11.97	Blatt 0-4

=====

LITERATURHINWEISE

=====

- (1) Baarda, W., Statistical Concepts in Geodesy, Netherlands Geodetic Commission, Vol. 2, No. 4, 1967.
- (2) Baarda, W., A Testing Procedure for Use in Geodetic Networks, Netherlands Geodetic Commission, Vol. 2, No. 5, 1968.
- (3) Baarda, W., Reliability und Precision of Networks, Presented Paper to the VIIth International Course for Engineering Surveys of High Precision, Darmstadt 1976.
- (4) Benning, W., Komplexe Auswertung Trigonometrischer Netze - Das Programmsystem KATRIN -, Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 2, 1979, S. 59-75.
- (5) Benning, W., Verfahrenssteuerung und Datenorganisation im Programmsystem KATRIN, Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 2, 1979, S. 76-106.
- (6) Benning, W., Ahrens, B., Konzept und Realisierung eines Systems zur automatisierten Fehlerlokalisierung und automatischen Berechnung von Näherungskoordinaten, Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 2, 1979, s. 107-124.
- (7) Benning, W., Das Programmsystem KATRIN für die Höhen- und Lageauswertung trigonometrischer und tachymetrischer Netze, Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 3, 1980, S. 113-124.
- (8) Förstner, W., Das Programm TRINA zur Ausgleichung und Gütebeurteilung geodätischer Lagenetze, Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 2, 1979, S. 61-72.
- (9) 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.

LANDESMERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 11.97	Blatt 0-4.1

(10) Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Die Bestimmung von Vermessungspunkten der Landesvermessung in Nordrhein-Westfalen, Vermessungspunkterlaß - VPErl. -, RdErl. d. Innenministeriums vom 12. 1. 1996.

Weitere Literaturangaben bei der Beschreibung der Module und in der Formelsammlung.

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

=====

VEREINBARUNGEN

=====

In den =KATRIN=-Handbüchern haben folgende Zeichen und Zeichenkombinationen spezielle Bedeutung:

Arithmetische Operatoren

$a * b$ = a multipliziert mit b
 a / b = a dividiert durch b
 $a **b$ = a hoch b
summe (ai) = Summe der ai
sqrt (a) = Quadratwurzel aus a
lg (a) = Dekadischer Logarithmus von a
abs (a) = Betrag von a
sin (a) = Sinus von a (a im Bogenmaß)
cos (a) = Cosinus von a (a im Bogenmaß)
usw. usw.
arc tan (a) = Arkus Tangens von a
usw. usw.

Logische Operatoren

a .EQ. b = a gleich b
a .NE. b = a ungleich b
a .LT. b = a kleiner b
a .LE. b = a kleiner gleich b
a .GT. b = a größer b
a. GE. b = a größer gleich b

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

Einheiten

(m) = Meter
(cm) = Zentimeter
(mm) = Millimeter
(cm**2) = Quadratzentimeter
usw. usw.
(gon) = Gon
(grad) = Altgrad
(p) = Pond
(kp) = Kilopond
(Grad C) = Grad Celsius
(Grad K) = Grad Kelvin
(mbar) = Millibar
(mmHg) = Millimeter Quecksilbersäule = Torr
(%) = Prozent

Sonstige Vereinbarungen

(Ziffer) = Literaturhinweis

Entscheidungstabellen sind nach DIN 66241 dargestellt.

LANDESMERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 10.99	Blatt 0-7

=====
KENNDATEN DES PROGRAMMSYSTEMS
=====

Name: =KATRIN=

Version: 2... vom 27. Mai 1999

Freigabe: 29. September 1999

Aufgabe: Berechnen von ausgeglichenen Koordinaten und
----- Höhen für Punkte des Trigonometrischen
 Festpunktfeldes und des Aufnahmepunktfeldes.
 Aufbereiten der Beobachtungen von der Ab-
 lesung zum auszugleichenden Bestimmungs-
 stück. Anzeige grober Messungs- und Ein-
 gabefehler, u. a. durch statistischen Test.

Gerätebedarf: 1 Magnetplattenstation
----- 1 Drucker (132 Zeichen)
 weitere Geräte je nach Installation

Programmiersprache: FORTRAN
----- DIN 66027 , zusätzlich Double Precision und
 IBM/SIEMENS/DEC-kompatible Befehle für
 Direct-Access-Dateien,
 1 Schnittstelle für inkompatible Datei-
 definitionen usw.

Betriebsart: Stapel (Dialog je nach Installation)

Aufbewahrungsbedarf: ca. 360 Unterprogramme,
----- insgesamt ca. 27000 Sätze zu 80 Zeichen

Zuständigkeiten: Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen,
----- Dezernat 42.1

LANDESVERMESSUNGSA NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 10.97	Blatt 1-0

=====
AUFGABENBESCHREIBUNG
=====

=KATRIN= steht für komplexe (=K) Auswertung (=A) trigonometrischer (=TRI) Netze (=N). D. h. es können alle geodätischen Berechnungen ausgeführt werden, die bei der Bearbeitung trigonometrischer Verfahren (TP-Feld) auftreten. Das Anwendungsspektrum umfaßt Arbeiten von der Analyse des Netzentwurfs über die Prüfung der Feldbücher, die Aufbereitung der Beobachtungen von der Eingabe in unterschiedlichem Aufbereitungsstand zum auszugleichenden Bestimmungsstück, die Berechnung von Näherungskoordinaten und Höhen, die Netzausgleichung unter Variation des mathematischen und stochastischen Modells bis zur Ausgabe der Ergebnisse für die Fortführung der amtlichen Nachweise.

Damit sind aber auch Aufgaben abgedeckt, die bei der Verdichtung des Aufnahmepunktfeldes (AP-Feld), in der Topographie und der Katastertachymetrie und bei Ingenieurvermessungen vorkommen. Auch für Sonderfälle aus diesen Verfahren ist das Programm eingerichtet. Der Datenfluß von beliebigen selbstregistrierenden Tachymetern in das =KATRIN= sowie anschließend in weitere Auswerteprozesse (z. B. Höhenlinieninterpolation) ist bereits realisiert.

Auf das Anzeigen von Datenfehlern wird in =KATRIN= besonderer Wert gelegt. Dabei sollen die Fehler an frühestmöglicher Stelle erkannt und ausgewiesen werden. Ein Abbruch des Verfahrensablaufs darf jedoch erst dann -kontrolliert- erfolgen, wenn das Weiterrechnen nicht mehr sinnvoll erscheint.

Nach den Ausgleichungen werden die beteiligten Beobachtungen einem statistischen Test unterworfen. Dieser Test berücksichtigt neben der Genauigkeit der Beobachtungen auch ihre Kontrolliertheit durch die Netzkonfiguration und liefert gleichzeitig Kriterien zur Beurteilung der Zuverlässigkeit des Ausgleichungsergebnisses.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 5.99	Blatt 1-1

=====
AUSZUWERTENDE DATEN
=====

Entsprechend dem Anwendungsspektrum sind als Beobachtungen Richtungen und Richtungswinkel, Meßbandstrecken, elektrooptische, Mikrowellen- oder andere Distanzen, Zenitwinkel und Höhenunterschiede zugelassen.

Abhängig von der Entfernung zwischen den Punkten einer Beobachtung und den Anforderungen an die Rechengenauigkeit sind gemessene Beobachtungen wegen verschiedener Ursachen zu korrigieren und zu reduzieren. Wegen des unterschiedlichen Ursprungs der Daten werden bei der Eingabe Aufbereitungs- und Reduktionsstände individuell für jede Beobachtung unterschieden und ausgewertet. So ist es z. B. möglich neben Strecken, die noch nicht aufbereitet sind, auch Strecken, die bereits bei der Messung korrigiert oder teilreduziert wurden, einzugeben. Für die Korrektur von Meßbandstrecken und Distanzen können Instrumentennummern und Wetterdaten bei den Beobachtungen sowie Kenndaten der Geräte und Eichergebnisse eingegeben werden. Die in =KATRIN= angewendeten Formeln entsprechen den Anforderungen bei der Bestimmung von trigonometrischen Netzen. D. h. bei einer Punktdichte von 50 km und mehr liegt die Rechenschärfe unter einem Millimeter (dies kann selbstverständlich nur genutzt werden, wenn die verwendeten Parameter mit der entsprechenden Genauigkeit aufgenommen wurden).

Weiterhin ist die Eingabe mittlerer Beobachtungsfehler für die Berechnung der Gewichte vor den Ausgleichungen individuell zu jeder Beobachtung möglich.

Die auszuwertenden Punkte gliedern sich hinsichtlich ihrer Lagekennung in Anschlußpunkte mit endgültigen Koordinaten, Punkte mit beweglichen Koordinaten, Neupunkte mit und ohne Näherungskordinaten und nicht zu koordinierende Punkte. Gleiches gilt für die Höhenkennung, wobei Lage- und Höhenkennung beliebig kombinierbar sind.

Das Lage- und das Höhenbezugssystem werden präsentiert durch die Koordinaten und Höhen der eingegebenen Punkte. Dabei ist zu beachten, daß =KATRIN= die Speicherung von Koordinaten und Höhen jeweils nur einer Netzdefinition, bei der Lage in nur ein und demselben Meridianstreifen erlaubt. Um auch große Gebiete in einem Streifen auswerten zu können, gewährleisten die implementierten Formeln für die Abbildungsreduktion noch die Millimetergenauigkeit bei einem gegenseitigen Punktabstand von 100 km, wenn die Punkte (z. B. nach einer Meridianstreifenumformung) 350 km vom Mittelmeridian entfernt liegen.

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

Weil sowohl die ellipsoidischen Beobachtungen Strecken, Richtungen und Richtungswinkel in die Abbildungsebene reduziert als auch Azimute nach Geographisch Nord durch Anbringen der Meridiankonvergenz zu Richtungswinkeln nach Gitternord umgerechnet werden können, kann das Beobachtungsmaterial völlig ungeachtet des Abbildungssystems der Koordinaten erfaßt werden. Soll derselbe Beobachtungsdatensatz in einer anderen Abbildung oder einem anderen Meridianstreifen ausgewertet werden, brauchen nur die Koordinaten der eingegebenen Punkte ausgetauscht zu werden. Bei den Höhenmessungen ist der Übergang von der Höhenbezugsfläche Normal-Null NN oder Normalhöhen-Null NHN auf ellipsoidische Höhenunterschiede programmiert, so daß auch hier derselbe Beobachtungsdatenbestand mit unterschiedlichen Anschlußhöhen ausgewertet werden kann.

Über die Verarbeitung unterschiedlicher Bezugssysteme informiert der gesonderte Teil des Anwendungshandbuchs "Bezugssysteme".

Die Reihenfolge der Eingabedatensätze ist an keine Vorschrift gebunden und beeinflußt vor allem nicht den Rechenablauf. Die Größe der Datenfelder kann nach der jeweiligen Anwendung des Programms ausgewählt werden.

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

=====
 KONZEPTION DER AUSWERTUNG
 =====

=KATRIN= bearbeitet in einem Berechnungslauf jeweils nur ein Verfahren. Dieses sollte wegen der Übersichtlichkeit der Ergebnislisten ein räumlich zusammenhängendes Gebiet abdecken. Bei dezentraler Datenerfassung mit periodischer Übertragung der Speicher auf die Rechenanlage (z. B. bei selbstregistrierenden Tachymetern) sind die Beobachtungsdaten zu selektieren und zu einer verfahrensspezifischen Eingabe zusammenzustellen.

Die Komplexität des Datenflusses erlaubt nicht die Korrektur von Daten während des Auswertevorgangs. Lediglich der Eingabedatenbestand darf geändert oder ergänzt werden. Danach ist der Verfahrensablauf erneut aufzustoarten. Hierdurch bleibt der Anwender vor unterschiedlichen Datenstrukturen verschont und nach abgeschlossenem Verfahrensablauf steht der fehlerfreie Eingabedatenbestand des Verfahrens für spätere Auswertungen zur Verfügung.

Die Eingabe der auszuwertenden Daten kann über beliebige seriell lesbare Datenträger erfolgen. Bei der Installation des Programms wird jedoch im Allgemeinen eine Magnetplatte als Eingabemedium festgelegt, um dem Anwender die Nutzung verfügbarer Dienstprogramme zu ermöglichen. Diese Eingabedatei wird im Folgenden als Auftragsdatei bezeichnet.

Zusätzlich ist vom Anwender eine sog. Steuerdatei für das auszuwertende Verfahren zu erstellen. Sie enthält den Namen des Auswerteverfahrens zur Kennzeichnung der Druckerausgaben und alle Informationen, die außer den Auftragsdaten zur Steuerung des Programmablaufs benötigt werden. Sie wird mehrmals gelesen und kann während des Auswertevorgangs geändert werden.

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

=====

STRUKTUR DES PROGRAMMSYSTEMS

=====

=KATRIN= wurde für den Einsatz auf dezentralen kleineren Rechenanlagen konzipiert (vergl. (4), (7)). Deshalb wurde der Berechnungsablauf in einzelne Funktionsbereiche gegliedert. Die Funktionsbereiche werden von sog. Modulen abgedeckt, die je nach Installation als Unterprogramme eines Steuerprogramms oder als selbständige Hauptprogramme realisiert sind.

Die modulare Struktur des Programmsystems begegnet dem Anwender im Verfahrensablauf, in der Druckerausgabe sowie auch in den Anwendungshandbüchern. Sie bietet den Vorteil, daß die Ergebnislisten übersichtlich strukturiert sind und der Anwender die Ausführung einzelner Funktionsbereiche gezielt steuern kann.

Es gibt neun Berechnungsmodule, die im Allgemeinen unter der Steuerung eines Hauptprogramms =KATRIN= aufgerufen werden. Weitere Module, die die Berechnungsergebnisse in unterschiedlicher Form ausgeben, z. B. die Druckerausgabe von Punktinformationen, Dateien für die automatische Kartierung von Netzzissen oder für den Datenfluß in andere Systeme, sind als selbständige Hauptprogramme explizit vom Anwender aufzustarten. Zusätzlich können je nach Systemumgebung weitere Programme für die Dateiverwaltung, die Bearbeitung der Steuerparameter im Dialog usw. installiert werden.

Nachstehend werden die Berechnungsmodule mit der Beschreibung ihres Funktionsbereiches in der Reihenfolge des Standardablaufs aufgeführt. Von den Ausgabemodulen werden die gebräuchlichsten genannt.

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

=LESEIN=

=====

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.

=METKOR=

=====

Im Modul =METKOR= werden die eingegebenen Meßbandstrecken und Distanzen wegen physikalischer Einflüsse bei der Messung und gerätebedingter Abweichungen nach dem jeweiligen Reduktionsstand korrigiert.

=HORZON=

=====

Das Modul =HORZON= führt erstmals im Verfahrensablauf Neigungsreduktionen (Horizontierungen) an Strecken durch, die nach ihrem Reduktionsstand in der Auftragsdatei noch nicht reduziert sind. Je nach Art und Umfang der zur Verfügung stehenden Informationen wird eine Neigungsreduktion aus Punkthöhen oder Höhenmeßwerten, das sind Zenitwinkel oder nivellierte Höhenunterschiede, gerechnet.

=NAEKO2=

=====

=NAEKO2= berechnet Näherungskoordinaten für

- die Berechnung von Höhen aus Zenitwinkeln,
- die Reduktion und Zentrierung von Strecken und Richtungen,
- die Ausgleichung örtlicher Messungen,
- die Lagenetzausgleichung.

Darüberhinaus können von der Netzausgleichung ausgeschlossene Punkte (z. b. Polarpunkte) mit Anschluß an ausgeglichene Koordinaten abschließend berechnet werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 1.98	Blatt 3-2

=HOEHE=

=====

Die Berechnung der Höhen von Verfahrenspunkten erfolgt im Modul =HOEHE=. Dazu werden neben den nivellierten Höhenunterschieden die aus Zenitwinkeln und zugehörigen Stand-Zielpunkt-Entfernungen ermittelten Höhenunterschiede herangezogen. Überbestimmte Höhenneupunkte und Standpunkte von Höhenmessungen nehmen an einer Höhenausgleichung teil, einfach bestimmte Zielpunkte werden polar berechnet.

=REDUZ=

=====

=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). Für die Neigungs- und Höhenreduktion kann auf Wunsch für jeden Verfahrenspunkt die Undulation zwischen Höhenbezugsfläche und Lagebezugsellipsoid berechnet werden. Die Richtungen und Richtungswinkel werden auf die Abbildungsebene reduziert, an Richtungswinkel nach Geographisch Nord (Azimute) wird die Meridiankonvergenz angebracht.

=OERMES=

=====

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 gegebenen festen Anschlußpunkte und der im Netz auszugleichenden Zentren angehalten, die Koordinaten der durch die Zentrierung von der Netzausgleichung ausgeschlossenen Stationspunkte werden bestimmt.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 4.98	Blatt 3-3

=ZENTRI=
=====

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. 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.

=TRINA2=
=====

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	
	Allgemeines	Stand 5.02	Blatt 3-4

=KOVERZ=

=====

Das Ausgabemodul =KOVERZ= hat die Aufgabe, die Informationen zu den im Verfahren befindlichen Punkten in einer Drucker Ausgabe zusammenzustellen. Es kann zu beliebigem Zeitpunkt im Auswerteablauf aufgestartet werden. Nach dem Abschluß des Verfahrens liefert es eine analoge Unterlage zur Fortführung der amtlichen Nachweise.

=KATZEI=

=====

Mit dem Modul =KATZEI= wird eine sogenannte Graphikdatei erstellt als Eingabemedium für das Programm =ZEIBER= (ZEICHNE BERECHNUNGSERGEBNISSE). Soweit sie in dem jeweiligen =KATRIN=-Verfahren berechnet wurden, können damit Lage- und Höhenänderungen, Restklaffungen, Fehlerellipsen usw. auf dem Bildschirm oder als Plott dargestellt werden.

Weiterhin können Netzrisse und Stationsskizzen erzeugt werden. Für Beobachtungen, die an der Lagenetz- bzw. Höhenausgleichung teilgenommen haben, werden die Ergebnisse des statistischen Tests (EV, NV, EP /EH) übergeben. Sie sind bei Bedarf in =ZEIBER= abrufbar, so dass die Programmkombination auch zur Beurteilung des Netzes und zur Grobfehlersuche eingesetzt werden kann.

Die Ausgabemodule im Datenfluß zu anderen Systemen werden des öfteren erweitert und können darum hier nur beispielhaft aufgeführt werden: =KATKIV= nach "KIV" (IBM), =KATKAF= nach "KAFKA" (RWTH Aachen), =KATDIV= nach "DIVA" (LVerma NRW), =KATPFI= nach "PfiFF" (LVerma NRW) usw.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 1.98	Blatt 4-0

=====
DATENFLUSS
=====

Den Datenfluß zwischen den Modulen sichern die sog. Verfahrensdateien, in denen alle Eingabedaten, die Berechnungsergebnisse und Informationen für die Datenorganisation abgelegt werden.

Sie dienen darüberhinaus auch als Zwischenspeicher.

Nach dem Verfahrensablauf stehen in den Verfahrensdateien die Berechnungsergebnisse für weitere Auswertungen (z. B. Ableitung von Querprofilen) zur Verfügung.

Der Datenfluß ist umseitig schematisiert dargestellt. Es bedeuten:

au = Auftragsdatei
st = Steuerdatei
un = Undulationsdatei
zw = Temporäre Zwischendateien
vd = Permanente Verfahrensdateien
nb = Zusätzliche Ausgabedateien

Zusätzlich erstellt jedes Modul eine Druckerausgabe.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 1.98	Blatt 4-1

```

au          st          zw          nb          vd

I          I          +-----+
O--->-----I          I---<-----O
I          I          I L E S E I N I          I
I          O--->-----I          I          I
          I          +-----+          I
vom Anwender zu          Verfahrendateien
erstellende          +-----+          I
Dateien I          I          I          I
          I          I M E T K O R I          I
          I          .          .          .          I
un          O--->-----I          I---<-----O
          I          .          .          .          I
I          I          I R E D U Z I          I
O--->-----I          I          I          I
I          I          +-----+          I
          I          I          I          I
Systemdatei          +-----+          I
          I          I          I---<-----O
O--->-----I O E R M E S I          I
          I          I          I---<-----O          I
          I          +-----+          I
          I          I          I          I
          I          +-----+          I
          I          I          I          I
O--->-----I Z E N T R I I---<-----O
          I          I          I          I
          I          +-----+          I
          I          I          I          I
          I          +-----+          I
O--->-----I T R I N A 2 I          I
          I          I          I---<-----O          I
          I          +-----+          I
          I          I          I          I
          I          +-----+          I
O--->-----I K O V E R Z I---<-----O
          I          I          I          I
          I          +-----+          I
          I          I          I          I
          I          +-----+          I
O--->-----I weitere I---<-----O
          I          Ausgabe- I          I
          I          module I--->-----O          I
          I          +-----+          I          I
          I          I          I          I

```

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

=====
VERFAHRENSABLAUF
=====

Bei der Funktionsbeschreibung der Module wurde bereits der Standardfall des Verfahrensablaufs aufgezeigt. Diese Folge der Auswertemodule =LESEIN= bis =TRINA2= gilt für einfache Messungsanordnungen, wie z. B. der Tachymeteraufnahme. Der Anwender hat ggf. noch zu entscheiden, welche Funktionsbereiche nicht benötigt werden (z. B. Streckenkorrekturen oder Zentrierungen, Näherungskordinaten oder Höhenberechnungen) und braucht die entsprechenden Module nicht aufzuzustarten.

Bei den meisten Messungsanordnungen jedoch erfolgt die Aufbereitung der Beobachtungen für die Netzausgleichung aus Näherungswerten. Gemeint sind

- die Umrechnung der Zenitwinkel zu auszugleichenden Höhenunterschieden aus Näherungskordinaten,
- die Reduktion der Beobachtungen aus Näherungskordinaten und -höhen,
- die Zentrierung aus Näherungskordinaten.

Änderungen der Näherungswerte in den Ausgleichungen ziehen somit Änderungen der auszugleichenden Beobachtungen nach sich. Um die Auswirkungen abzuschätzen bzw. auszuschließen, muß die Programmfolge =HOEHE= bis =TRINA2= nochmals, bei schwach konvergierenden Verfahren mehrmals, durchlaufen werden (äußere Iteration). Diese Iteration kann erst sicher abgeschlossen werden, wenn sich die ausgeglichenen Werte gegenüber den Näherungswerten vor der Ausgleichung nicht mehr wesentlich ändern, d. h. die Koordinatenänderungen für die Zentrierung der Beobachtungen unerheblich sind.

Wurden zur Verringerung der Anzahl der Neupunkte Punkte aus der Lagenetzausgleichung ausgeschlossen (z. B. massenhaft aufgenommene Polarpunkte), so sind diese abschließend mit =NAEKO2= zu koordinieren.

Um die durchgeführten Berechnungen mit anderen Steuerparametern zu wiederholen, kann jedes einzelne Modul zu jedem Zeitpunkt nach Änderung der Steuerdatei erneut aufgestartet werden. Dabei werden jedoch die aktuellen Neupunktkoordinaten als Näherungswerte beibehalten. Die Module, die Beobachtungsdaten aufbereiten, setzen auf dem Korrektions- und Reduktionsstand wieder auf, der vor dem erstmaligen Aufstarten des Moduls gespeichert war.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 6.06	Blatt 5-1

=====

AUTOMATISCHE VERFAHRENSABLAUFSTEUERUNG

=====

Vom Programm wird die Steuerung des Verfahrensablaufs unterstützt, indem dem Anwender im Dialogbetrieb der nächste Auswerteschritt langschriftlich auf Bildschirm und in der Drucker- ausgabe vorgeschlagen wird. Für die Steuerung in einem den Modulen übergeordneten Programm werden interne Kennungen verwendet. Diese Verfahrensablaufsteuerung arbeitet nach den folgenden Regeln:

Beim Einlesen der Streckenmessungen wird festgestellt, ob die Funktionsbereiche Korrektur und Horizontierung benötigt werden. Entsprechend werden die Module =METKOR= und =HORZON= vor dem Durchlauf ausgeschaltet.

=NAEKO2= schaltet sich nach dem Durchlauf selber aus, wird aber nach dem Ablauf der äußeren Iteration von =TRINA2= bzw. =OERMES= wieder verlangt, falls noch Neupunkte ohne Koordinaten vorliegen.

=HOEHE= meldet sich aus der äußeren Iteration nur ab, wenn alle Höhenänderungen unterhalb des programmintern gesetzten Grenzwertes von 5 mm liegen oder keine Höhenunbekannten zu bestimmen sind.

=OERMES= schaltet sich aus, wenn nach den Steuerparametern keine Ausgleichungen örtlicher Messungen und damit auch keine Zentrierungen gewünscht werden. Aus der äußeren Iteration wird es abgemeldet, wenn die Stationsausgleichungen nur Koordinatenänderungen kleiner 1 mm ergeben.

=ZENTRI= wird im Verfahrensablauf nach dem ersten Durchlauf nur noch aufgerufen, wenn Zentrierungen oder Mittelungen gewünscht werden.

=TRINA2= wird nicht mehr verlangt, wenn die Lagenetzausgleichung nur Koordinatenänderungen kleiner 1 mm erbracht hat oder wenn festgestellt wird, daß keine Lageneupunkte auszugleichen sind. Bei Koordinatenänderungen größer 1 mm wird grundsätzlich bei gewünschten Zentrierungsberechnungen auch =OERMES= (wieder) eingeschaltet.

Wird festgestellt, daß weder =TRINA2= noch =OERMES= weiterhin verlangt werden, ist die äußere Iteration abgeschlossen. Sofern nicht noch Koordinaten in =NAEKO2= berechnet werden müssen, ist damit auch der gesamte Verfahrensablauf beendet.

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

=====

ABBRUCH DES VERFAHRENSABLAUFS

=====

Um Programmläufe zu vermeiden, die aus vermessungs- und dv-technischer Sicht nicht sinnvoll sind, wurden Sollabbruchstellen eingesetzt. Die Abbruchkriterien sind

- Fehler in den Auftragsdaten,
- Mehr als 30 % der Strecken nicht zu korrigieren,
- Mehr als 30 % der Lageneupunkte nicht zu koordinieren,
- Mehr als 30 % der Beobachtungen nicht zu reduzieren,
- Fehler im mathematischen Modell der Höhen- oder Lagenetz-
ausgleichung (Diagonalelement null oder negativ),
- Mehr als 5 äußere Iterationsschleifen mit derselben Aus-
gleichungsart (angeschlossenes - freies Netz).

Die numerischen Bestandteile der Abbruchkriterien können bei der Installation des Programms den Anwenderwünschen angepaßt werden.

Weiterhin kommt es zu Abbrüchen, wenn die Verfahrensdateien oder Bereiche im Arbeitsspeicher zu klein dimensioniert sind. Die Maximalwerte sind in den Deckblättern der Druckerausgaben der Module angegeben. In einem solchen Fall müssen das auszuwertende Datenmaterial reduziert oder das Programm höher dimensioniert werden.

Fehler in der Dateiverwaltung können nur installationsabhängig abgefangen werden.

Die kontrollierten Programmabbrüche werden in der Druckerausgabe langschriftlich kommentiert.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 10.97	Blatt 6-0

=====
DRUCKERAUSGABE
=====

Jedes Modul erzeugt eine eigene Druckerausgabe.

Diese gliedert sich in Deckblatt, Ergebnislisten und Statistik.

Das Deckblatt enthält Angaben zum jeweiligen Modul, insbesondere über den durch die Dimensionierungen festgelegten maximalen Umfang des auszuwertenden Datenmaterials. Es folgen als Angaben zum Programmablauf der Verfahrensname, Datum und Uhrzeit der Auftragsdatei, d. h. des Programmablaufs von =LESEIN=, und die Anzahl der bisher vollständig durchlaufenen äußeren Iterationsschleifen. Nach dem Platz für den Prüfvermerk werden die Kurzbeschreibung des Funktionsbereichs und langschriftlich die verwendeten Steuerparameter ausgegeben.

Die Ergebnislisten sind in verschiedene Abschnitte entsprechend den Aufgaben des Moduls gegliedert. Der Umfang der Listen kann durch Steuerparameter variiert werden. Jedem Abschnitt sind die Erklärungen zu den abgekürzten Spaltenüberschriften vorangestellt. Neue Seiten werden mit den Angaben zum Programmablauf eingeleitet.

Die Statistik enthält die Anzahl der durchgeführten und nicht durchführbaren Berechnungen. In =HOEHE= und =TRINA2= wird eine Statistik zur durchgeführten Ausgleichung ausgegeben.

Die Druckerausgabe schließt mit der Angabe des nächsten Moduls im Verfahrensablauf.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 10.97	Blatt 6-1

=====
FORMAT
=====

Das Druckbild aus einem fehlerfreien Eingabedatenbestand umfaßt maximal 114 Zeichen pro Zeile, paßt also bei einem Drucker mit 10 Zeichen pro Zoll auf das DIN A4-Querformat. Als Schneidemarke wird in der rechten oberen Ecke der Deckblätter ein 'I' gedruckt. Die linke Kante des DIN A4-Blattes liegt 29.7 cm links der Schneidemarke.

Die Anzahl der Zeilen pro Blatt ist durch Steuerparameter für das Verfahren festzulegen. Fehlt diese Angabe, drucken die Module 60 Zeichen pro Blatt (Standardwert). Ein zweiter Steuerparameter gibt die Anzahl der Zeilen auf einem DIN A4-Blatt an (Standardwert 36 Zeilen). Diese Zahl kommt zum Tragen, wenn eine DIN A4-Ausgabe auf größerem Endlospapier gewünscht wird, indem der Steuerparameter für den Umfang der Ergebnislisten eines Moduls negativ eingegeben wird. In diesem Fall drucken die Module auf die Deckblätter und jedes zweite folgende Blatt die Differenz der Zeilen pro ganzes und pro DIN A4-Blatt als Leerzeilen. Wurden die Zeilenangaben auf die Einstellung des Druckers abgestimmt, so liegt der Schnitt für DIN A4 21 cm über dem unteren Falz des Endlospapieres, der Falz braucht für die Aktung der Druckerausgabe nicht abgeschnitten zu werden.

Um eine Sichtung der Druckerausgabe auch auf dem Bildschirm zu ermöglichen, sind im allgemeinen in den Spaltenbereichen 70 - 71 und 80 - 82 keine übergreifenden Informationen abgelegt. Spalten gleichen Inhalts stehen in den Ausgaben verschiedener Module in gleichen Spaltenbereichen.

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

=====
SORTIERUNGEN
=====

Innerhalb der Abschnitte der Ergebnislisten sind die ausgegebenen Informationen sortiert.

Punktinformationen werden im Allgemeinen nach aufsteigenden Punktkennzeichen geordnet.

Richtungssätze werden nach aufsteigenden Punktkennzeichen der Standpunkte sortiert. Innerhalb der Richtungssätze wird die Reihenfolge der Eingabe beibehalten. Für Zentrierungen und Mittelbildungen gelten gesonderte Regeln.

Strecken, Zenitwinkel und nivellierte Höhenunterschiede unterliegen besonderen Regeln. Ohne die Zuordnung bei der Ausgabe zu verändern, werden in der Sortierfolge die Punktkennzeichen einer Messung gegeneinander vertauscht, wenn das Punktkennzeichen des Zielpunktes kleiner ist als das des Standpunktes. Sodann werden alle Messungen nach aufsteigenden (kleineren) Standpunktkennzeichen, innerhalb eines Standpunktes nach den aufsteigenden (größeren) Zielpunktkennzeichen sortiert. Diese Methode bietet den Vorteil, daß Gegensichten stets zusammenhängend ausgegeben werden. Zum anderen braucht beim Suchen bestimmter Messungen nur der Bereich betrachtet zu werden, in dem Stand- und Zielpunkte nicht kleiner bzw. nicht größer sind als das kleinere bzw. größere Punktkennzeichen aus der gesuchten Beobachtung.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 11.97	Blatt 6-3

=====

FEHLERMELDUNGEN, WARNUNGEN

=====

Als Hinweise auf Datenfehler dienen dem Anwender

- Abbrüche,
- Fehlermeldungen,
- Warnungen,
- Grenzwertüberschreitungen.

Sie heben sich vom allgemeinen Druckbild ab durch die Zeichenfolge '****' am rechten DIN A4-Blattschnitt.

Fehlermeldungen sind Hinweise auf Daten, die wegen inplausibler Eingabedatensätze oder aus technischen Gründen (z. B. Division durch Null) nicht ausgewertet werden. Sie enthalten, wie bei Abbrüchen, nach der Zeichenfolge '**** FEHLER.' bzw. '**** ABRUCH.' eine langschriftliche Begründung.

Warnungen werden ausgegeben bei fehlerhaften oder fehlenden Daten, die durch programmintern gesetzte Werte (Standardwerte) ersetzt werden können, oder wenn eine Berechnung mit den verbleibenden Eingabedaten möglich ist.

Grenzwertüberschreitungen werden bei der Analyse der Beobachtungen durch den statistischen Test festgestellt.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 9.00	Blatt 7-0

=====
STATISTISCHER TEST
=====

Nach jeder Ausglei chung in den Ausglei chungsmodulen =NAEKO2=, =HOEHE=, =OERMES= und =TRINA2= werden die Verbesserungen einem statistischen Test unterzogen, um Hinweise auf grobe Fehler zu erhalten. Es handelt sich hier um das 'data-snooping' von Baarda ((1),(2),(3)), eine ausfuehrliche Beschreibung ist in (6), (8), (9) und (10) zu finden. Die verwendeten Formeln sind der Formel-sammlung zum Programmsystem =KATRIN= zu entnehmen.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 9.00	Blatt 7-0.1

=====
REDUNDANZANTEILE
=====

Für den Test wird zunächst der Redundanzanteil r_i der jeweiligen Beobachtung i berechnet. Diese Größe gibt an, welcher Anteil eines etwa vorhandenen Fehlers der Beobachtung durch die zugehörige Verbesserung aufgezeigt wird, spiegelt also die Kontrolliertheit der Beobachtung durch die anderen Bestimmungsstücke in der entsprechenden Netzkonfiguration wieder. Ist die Beobachtung schwach kontrolliert, zeigen sich etwaige Fehler nur kaum in der Verbesserung, r_i ist klein. Bei der Berechnung von Punkten ohne Überbestimmungen werden die Verbesserungen wie auch die Redundanzanteile zu Null, Fehler sind nicht aufdeckbar. $r_i = 1$ tritt nur auf, wenn der wahre Wert der Beobachtung bekannt ist, z. B. bei einer Strecke zwischen Festpunkten, falls keine Maßstabsunbekannte angesetzt ist. Dann zeigt sich ein Fehler voll in der Verbesserung.

In den Ergebnisabrissen werden die r_i in die Einheit % überführt und als Maß EV_i für die Kontrolliertheit ausgewiesen.

In Anlehnung an den VPErl. NRW (10) werden in allen Ausgleichsmodulen die Beobachtungen mit r_i kleiner 0.1 bzw. EV_i kleiner 10 % mit '****' am rechten Rand des Blattschnittes gekennzeichnet.

Die Teilredundanz r_i geht in die Berechnung der Normierten Verbesserung NV_i und des Einflusses EP_i der Beobachtung auf die relative Punktlage ein. In beiden Fällen wird durch r_i dividiert. Um eine Division durch Null zu verhindern, werden NV_i und EP_i nicht mehr berechnet, wenn r_i kleiner als $5 \cdot 10^{-4}$, ausgedrückt $EV_i = 0.0$ %, ist. In der Druckerausgabe erscheint dann an Stelle der zu berechnenden Werte '--- NK ---' für "nicht kontrolliert".

Die Summe der Redundanzanteile aller Bestimmungsstücke entspricht der Gesamtredundanz der Ausgleichung, die aus der Anzahl der Fehlergleichungen und der Unbekannten berechnet wird. Beide Werte werden in den Ausgleichsstatistiken als Kontrolle für die Konvergenz gegenübergestellt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 11.97	Blatt 7-1

=====

NORMIERTE VERBESSERUNG UND GROBER FEHLER

=====

Für jede kontrollierbare Beobachtung wird aus Verbesserung, mittlerem Fehler vor der Ausgleichung und Redundanzanteil r_i die Normierte Verbesserung NV berechnet und mit dem Kritischen Wert k verglichen. Durch Einbeziehung der r_i wird der statistische Test gegenüber dem einfachen Test empfindlicher, es lassen sich auch Fehler finden, die sich nur in kleinen Verbesserungen niederschlagen.

Überschreitet die Normierte Verbesserung den Kritischen Wert k , so wird angenommen, daß die Beobachtung grob fehlerhaft ist. Sie wird in der Druckerausgabe ebenfalls mit '****' am rechten Rand des Blattschnittes gekennzeichnet. Der vermutete grobe Fehler GF wird aus Verbesserung und Redundanzanteil ermittelt und ausgewiesen.

Der Test geht von der Annahme aus, daß nur ein grober Fehler in den Beobachtungsdaten vorliegt. Es lassen sich jedoch auch mehrere Fehler lokalisieren, wenn sie sich gegenseitig kaum beeinflussen.

In schwach überbestimmten Netzteilen (z. B. Polygonzügen) können mehrere Beobachtungen als grob fehlerhaft ausgewiesen werden. Hier weist meistens die größte Normierte Verbesserung auf den tatsächlichen groben Fehler hin.

Die Größe des Vergleichswertes k hängt ab vom Signifikanzniveau des Testes. Bei $k = 3.3$ liegt das Signifikanzniveau bei $1 - \alpha = 0.999$. Dies bedeutet, daß im Durchschnitt jede tausendste Beobachtung mit NV größer k zu unrecht als grob fehlerhaft klassifiziert wird. Wird k größer gewählt, werden weniger grobe Fehler aufgedeckt, wird k kleiner, werden mehr Fehler ausgewiesen, als tatsächlich vorhanden sind. k kann in allen Ausgleichungsmodulen durch Steuerparameter gewählt werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 11.97	Blatt 7-2

=====

EINFLUSS DER BEOBACHTUNGEN

=====

Als weitere Testgröße wird der Einfluß der Beobachtung auf die relative Punktlage berechnet. Um diesen Betrag EP würde sich die Querabweichung bei Richtungen, die Entfernung zwischen Stand- und Zielpunkt ändern, nähme die betreffende Beobachtung nicht an der Ausgleichung teil. Bei beweglichen Koordinaten / Höhen ist dies der Einfluß auf die Koordinate / Höhe nach der Ausgleichung. Bei Höhenmessungen wird die relative Höhenänderung EH zwischen Stand- und Zielpunkt ausgewiesen.

Der Einfluß ist umso größer, je schlechter die Beobachtung durch die Netzkonfiguration kontrolliert ist. EP bzw. EH bieten damit ein Maß für die Zuverlässigkeit der Punktbestimmung.

Die Größe von EP bzw. EH hat keinen weiteren Einfluß auf die Darstellung der Beobachtungen in den Ergebnisabrissen so wie die Teilredundanz ri oder die Normierte Verbesserung NV. Lediglich wird in den Modulen =HOEHE= und =TRINA= nach den Abrissen für jeweils eine Beobachtungsart ein Abschnitt MAXIMAL- UND DURCHSCHNITTSWERTE ausgegeben, in denen auch die Anzahl der Beobachtungen angezeigt wird, deren Einfluß einen Vergleichswert überschreitet. Im Modul =HOEHE= ist dieser Vergleichswert mit 10 cm fest vorgegeben. Für das Modul =TRINA2= kann er per Steuerparameter gewählt werden (vergl. (10)).

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 10.97	Blatt 8-0

=====
AUSGLEICHUNGSSTATISTIKEN
=====

Nach der Höhen- und der Lagenetzausgleichung sowie nach jeder stationsweisen Ausgleichung örtlicher Messungen wird eine Statistik zur Ausgleichung ausgegeben.

Zu jedem durchgeführten inneren Iterationsschritt - die innere Iteration ist wegen der Linearisierung der Fehlergleichungen notwendig - werden die Maximalwerte der Koordinatenänderungen ausgewiesen.

Alsdann werden die Anzahl der Unbekannten und die Anzahl der Fehlergleichungen aufgelistet. Die Differenz ergibt die Gesamt-redundanz. Die Redundanzanteile der Bestimmungsstücke werden, getrennt für jede Art, zur Beurteilung der Verteilung der Redundanz summiert. Die Summe aller Redundanzanteile sollte nicht von der Gesamt-redundanz abweichen. Falls doch eine Abweichung auftritt, hat der Anwender zu prüfen, ob genügend innere Iterationen gerechnet wurden, oder ob die fingierten Fehlergleichungen, die zur Beseitigung eventueller Singularitäten des Normalgleichungssystems eingeführt werden, zu großen Einfluß haben, weil einzelne Unbekannte nicht genügend bestimmt sind.

Aus der jeweiligen Summe der Redundanzanteile und der gewogenen Verbesserungsquadrate p_{vv} werden Gewichtseinheitsfehler m_0 für die Beobachtungsgruppen Strecken und Richtungen bzw. nivellierte und abgeleitete Höhenunterschiede, aber auch bewegliche Koordinaten bzw. Höhen, berechnet. Die m_0 sollten untereinander gleich sein und in der Größenordnung des Erwartungswertes 1 liegen. Die werte sind jedoch nur bei großen Redundanzen (größer 100) statistisch sicher. Bei Abweichungen ist zu prüfen, ob genügend innere und äußere Iterationen gerechnet wurden, ob systematische oder grobe Fehler vorliegen, oder ob der gewählte Gewichtsansatz falsch ist. Sollen Spannungen des übergeordneten Netzes bei der Prüfung ausgeschlossen werden, ist auf die in freien Ausgleichungen gewonnenen m_0 nach der Ausgleichung zurückzugreifen. Zur Schätzung der mittleren Beobachtungsfehler vor der Ausgleichung können in einem iterativen Prozeß die gewonnenen m_0 mit den Überhöhungsfaktoren der mittleren Fehler vor der Ausgleichung multipliziert und erneut als Steuerparameter eingeführt werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Allgemeines	Stand 10.97	Blatt 8-1

Die Gegenüberstellung der Summen der pvv aus den Fehlergleichungen und aus dem reduzierten Normalgleichungssystem erlaubt die Beurteilung, ob genügend innere Iterationen gerechnet wurden und die Rechenschärfe ausreicht.

Wird eine Ausgleichung mit der Meldung 'NEGATIVE DIAGONALELEMENTE' abgebrochen, ist das mathematische Modell zu überprüfen, d. h. es ist nach nicht bestimmbar Unbekannten zu suchen. Im Allgemeinen sind dann schwimmende Netzteile vorhanden, oder die Maßstabsunbekannte ist zu schwach bestimmt.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 7.07	Blatt 0-1

KK KK AA TTTTTTTT RRRRRR IIII NN NN
 KK KK AA TTTTTTTT RRRRRR IIII NN NN
 KK KK AAAA TT RR RR II NNN NN
 KKKK AAAA TT RRRRRR II NNNN NN
 KKKK AA AA TT RRRRRR II NN NNNN
 KK KK AAAAAA TT RR RR II NN NNN
 KK KK AAAAAAA TT RR RR IIII NN NN
 KK KK AA AA TT RR RR IIII NN NN

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 10.99	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

	ab Blatt
Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Literaturhinweise	0-4
Lagebezugssysteme	1-0
Höhenbezugssysteme und Undulationen	2-0
Berechnung punktspezifischer Undulationen	2-3
Undulationsdateien	2-5
Auswertung von Satellitenbeobachtungen	3-0
Standardbezugssysteme	4-0

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 7.07	Blatt 0-3

=====
AENDERUNGEN
=====

Erstellung des Handbuchs	5.99
Neue Undulationsdatei nach Neuberechnung des NWREF 1999 Blätter 2-5, 2-6	9.99
Erweiterung um Steuerparameter 2.6 zur Definition eines Standardbezugssystems Blatt 0-1 geändert Blätter 4-0, 4-1 eingefügt	10.99
Neue Undulationsdatei nach Neuberechnung Dezember 1999 Blätter 2-5, 2-6 geändert	2.00
Integration der ausgleichenden Ebene in alle Modelle der Multiquadratischen Interpolation, Neue Transformationsparameter für Undulationsdatei Blätter 0-4, 2-4, 2-5 geändert	3.00
Implementation des (NHN-)Undulationsmodells 2003 Blätter 0-4, 2-5, 2-6 geändert	5.03
Erweiterungen für örtliche Koordinaten, örtliche Höhen mit Einheit ungleich Meter Blätter 1-0, 1-1, 2-2 geändert	12.03
Implementation des (NHN-)Undulationsmodells 2004 Blätter 2-5, 2-6 geändert Blatt 2-7 eingefügt Hinweise auf Blatt 2-2 entfallen	1.04
Erweiterung um Interpolation von Undulationen im Stützpunktgitter Blätter 0-4, 2-0 bis 2-4, 2-7 geändert Blätter 2-4.1 und 2-4.2 eingefügt	1.07
Implementation des Undulationsmodells 2007 Blätter 2-5, 2-6 geändert Blatt 2-7 entfällt	7.07

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 1.07	Blatt 0-4

=====
LITERATURHINWEISE
=====

- (1) Fröhlich, H., Die Verteilung von Restklaffungen im Modell multiquadratischer Funktionen, Der Vermessungsingenieur, Heft 3, 1987, S. 117-119.
- (2) Roetzel, B., Die Einheitliche Meßdatenschnittstelle (EMDS). Ein Vorschlag zur Standardisierung des Meßdatenaustausches, Nachrichten aus dem Öffentlichen Vermessungsdienst Nordrhein-Westfalen, Heft 1, 1997, S. 3-10.
- (3) Stückmann, G., Multiquadratische Interpolation und Restklaffenverteilung nach Winkel- und Abstandsgewichten - Ein Vergleich zweier Verfahren, Nachrichten aus dem Öffentlichen Vermessungsdienst Nordrhein-Westfalen, Heft 4, 1986, S. 182-194.
- (4) Spata, M., Ahrens, B., Günther, G., Irsen, W., Ruf, B.: Die Verknüpfung ellipsoidischer Höhen und Landeshöhen durch Undulationen - Neues NN-Undulationsmodell 2000, Nachrichten aus dem Öffentlichen Vermessungsdienst Nordrhein-Westfalen, Heft 1, 2001, S. 59-67.
- (5) Holzer, S. M.: Spline-Interpolation, www.bauv.unibw-muenchen.de/~bauv1/download/lehre/IngInf/Skript/SplineInterpolation.pdf, 2006

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 12.03	Blatt 1-0

=====
LAGEBEZUGSSYSTEME
=====

Das Programmsystem =KATRIN= kennt keine Verwaltung von Koordinaten in verschiedenen Netzen, unterschieden z. B. durch den Lagestatus. Das heißt, in einem =KATRIN=-Verfahren können immer nur Koordinaten einer Netzgrundlage verarbeitet werden.

Dennoch stellt sich die Frage nach den Lagebezugssystemen. Sie ist eng verknüpft mit der Aufgabe der Beobachtungsaufbereitung. Denn abhängig von der Entfernung zwischen den Punkten einer Beobachtung und den Anforderungen an die Rechengenauigkeit sind gemessene Beobachtungen wegen verschiedener Ursachen zu korrigieren und zu reduzieren. Wegen des unterschiedlichen Ursprungs der Daten werden bei der Eingabe Aufbereitungs- und Reduktionsstände individuell für jede Beobachtung unterschieden und ausgewertet.

Das Ergebnis der Aufbereitungen sind zunächst Beobachtungen, die auf ein bestimmtes Erdellipsoid reduziert sind. Für die Berechnungen in =KATRIN= müssen die Dimensionen des Bezugsellipsoides bekannt sein. Aus mehreren Angeboten kann ausgewählt werden: Bessel, Hayford (internationales Erdellipsoid), Krassowsky, WGS 72, GRS 80 (WGS 84). Durch Angabe der Halbachsen können auch andere Ellipsoide definiert werden.

Die Berechnung und Ausgleichung von Lagekoordinaten erfolgt in =KATRIN= in einem kartesischen Koordinatensystem in der Ebene. Die ellipsoidischen Beobachtungen müssen daher auch noch in diese Abbildungsebene umgerechnet werden. =KATRIN= bietet hierfür die Reduktion auf eine konforme Abbildung nach C. F. Gauß an. Es kann dabei zwischen der Gauß-Krüger-Abbildung mit 3 Grad breiten Meridianstreifen und der Universal Transverse Mercator-Projection (UTM) mit 6-Grad-Meridianstreifen gewählt werden. Neben diesen Standardausprägungen können die Abbildungsparameter für andere Gauß'sche konforme Abbildungen eingegeben werden.

Die Kombination des Gauß-Krüger-Systems mit dem Ellipsoid nach Bessel ermöglicht Arbeiten im Deutschen Hauptdreiecksnetz DHDN, Zentralpunkt Rauenberg für die Preussische Landesaufnahme oder das Netz 77 in Nordrhein-Westfalen. Die Kombination Gauß-Krüger-System mit dem Krassowsky-Ellipsoid sowie des UTM mit dem GRS 80-Ellipsoid (im Europaen Terrestrial Reference System 1989 ETRS 89) oder dem internationalen Ellipsoid (im Europäischen Datum 1950 ED 50) stellen weitere Standardfälle der Bezugssysteme für Anwendungen in Deutschland dar. Weitere Kombinationen sind zulässig.

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

Zusätzlich zu den Ellipsoid- und Abbildungsparametern (Steuerparameter 2.4, 2.5, 7.1 bis 7.8) ist bei den Steuerdaten die Kennung für die durchzuführenden Beobachtungsreduktionen dem jeweiligen Koordinatensystem anzupassen (Steuerparameter 12.2):

- nur Neigungsreduktionen von Strecken
- Reduktionen von Strecken auf das Ellipsoid
- Reduktionen von Strecken und Richtungen auf die Abbildungsebene
- Reduktionen von Strecken ins Meter des TP-Feldes.

Z. B. entfällt im ETRS 89 die Reduktion in das Meter des TP-Feldes. Hier wird kein regional variierender Netzmaßstab (Steuerparameter 13.1), sondern das internationale Meter angesetzt (der Maßstab des Mittelmeridians des UTM wird in der Abbildungsreduktion automatisch durch die Abbildungsparameter berücksichtigt).

Der Steuerparameter 12.2 wird auch interpretiert, wenn z. B. für die Umrechnung von Zenitwinkeln zu Höhenunterschieden für die Höhenausgleichung oder für die Zentrierung und Mittelung von Beobachtungen Richtungen und Strecken aus Koordinaten abgeleitet und auf das Bezugsellipsoid zurückgeführt werden sollen. Hierbei wird das Meter des TP-Feldes nur angesetzt, wenn auch die gemessenen Beobachtungen damit den Anschlusskoordinaten angepasst werden sollen, die Abbildungsreduktionen werden bei der Zurückführung nur berücksichtigt, wenn die gemessenen Beobachtungen entsprechend reduziert werden sollen. (Ursprünglich war der Steuerparameter 12.2 nur dem Reduktionsmodul =REDUZ= zugeordnet und findet sich auch noch in dem entsprechenden Datensatz der Steuerdatei, wegen seiner vielseitigen Verwendung ist er in den jetzigen Dialogprogrammen zur Bearbeitung der Steuerdaten aber unter "Bezugssystem" zu finden.)

Neben den amtlichen Bezugssystemen können in =KATRIN= auch örtliche Koordinatensysteme ausgewertet werden. Für Ingenieurvermessungen höherer Genauigkeiten kann für die Eingabe und die Ausgabe der Lagekoordinaten eine andere Einheit als die "amtlichen" Meter verwendet werden, z. B. Dezimeter oder Zentimeter (Steuerparameter 4.2). In dieser Einheit sind dann auch die Streckenmessungen zu erfassen. Davon unabhängig kann ebenso die Einheit der Höhen variiert werden.

In örtlichen Koordinatensystemen werden als Beobachtungsreduktionen nur die Horizontierung von Strecken durchgeführt, auf weitere Reduktionen muss verzichtet werden.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 1.07	Blatt 2-0

=====

HOEHENBEZUGSSYSTEME UND UNDULATIONEN

=====

Wie bei den Koordinaten verwaltet =KATRIN= auch nur Höhen eines Höhenbezugssystems in einem Verfahren. Es wird sich hierbei i. d. R. um Höhen über einer Höhenbezugsfläche wie Normal-Null NN oder Normalhöhen-Null NHN handeln. Auf diese Bezugsfläche beziehen sich auch die nivellierten Höhenunterschiede und die gemessenen Zenitwinkel, so daß Anschlusshöhen und Höhenmessungen direkt gemeinsam ausgewertet werden können und für die Höhenneupunkte wiederum Höhen über der Höhenbezugsfläche erzeugen.

Mehr und mehr werden in Zukunft Höhen über der Oberfläche des Bezugsellipsoides der Lagevermessung an Bedeutung gewinnen, z. B. für die Umrechnung zu 3D-Koordinaten im ETRS89. Ellipsoidische Anschlußhöhen im ETRS89 können in =KATRIN= direkt kombiniert werden mit ellipsoidischen Höhenunterschieden, die z. B. aus GPS-Basislinien abgeleitet wurden (Bezugssystem der GPS-Basislinien ist das WGS84, für das das ETRS89 eine Präzisierung darstellt). Es entstehen ellipsoidische Neupunkthöhen im ETRS89.

Sollen aber ellipsoidische Höhen und Höhenunterschiede zusammen mit terrestrisch gemessenen Höhenunterschieden und Zenitwinkeln ausgewertet werden, so sind bei diesen die vertikalen Abstände zwischen der Höhenbezugsfläche und dem Lagebezugsellipsoid zu berücksichtigen. Diese punktspezifischen Höhendifferenzen werden als Undulationen oder Geoidhöhen bezeichnet. In die Umrechnung der Höhenmessungen gehen die Undulationsunterschiede zwischen dem Standpunkt und dem Zielpunkt ein. Dazu bietet das Programm die Berechnung punktspezifischer Undulationen an, die in einem vorgegebenen Feld diskreter Stützpunkte oder einem Stützpunktgitter interpoliert werden.

Umgekehrt können die punktspezifischen Undulationen genutzt werden, um für Berechnungen über einer Höhenbezugsfläche abgeleitete, ellipsoidische Höhenunterschiede umzurechnen in auf die Höhenbezugsfläche bezogene Höhenunterschiede.

Bei der Eingabe der Höhenmessungen ist in der Reduktionskennung anzugeben, ob es sich um eine terrestrische Messung über der Höhenbezugsfläche oder eine abgeleitete Messung über dem Bezugsellipsoid des Lagebezugssystems handelt. Darüberhinaus entscheidet die verfahrensspezifische Kennung (Steuerparameter 12.3) über die Berücksichtigung von Undulationen.

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

Sollen in einem =KATRIN=-Verfahren Punkthöhen über der Höhenbezugsfläche berechnet werden, stehen unmittelbar nur diese für die Reduktion von Streckenmessungen zur Verfügung. Die Reduktion erfolgt dabei also nicht auf das Bezugsellipsoid der Lagevermessung, die Undulationen zwischen der Höhenbezugsfläche und dem Lagebezugsellipsoid werden vernachlässigt. Im Allgemeinen ist dieses Vorgehen bei Arbeiten im DHDN (Undulationen in Nordrhein-Westfalen zwischen -1.0 m und +1.7 m) ausreichend.

Bei anderen Arbeiten, insbesondere im ETRS89 mit Werten zwischen 35 m und 50 m in Deutschland, sollten die Undulationen auch bei kurzen Strecken berücksichtigt werden.

Mit dem Steuerparameter 12.3 kann in Abhängigkeit von den auszuwertenden Höhen über die Berücksichtigung von Undulationen sowohl für die Höhenberechnungen als auch für die Streckenreduktionen entschieden werden. Es kann gewählt werden, ob

- keine Undulationen zu berücksichtigen sind (Kennung = 0) oder
- in kleinräumigen Verfahren die Streckenmessungen mit einer vorzugebenden mittleren Verfahrensundulation reduziert werden (Kennung = 1) oder
- durch Interpolation punktspezifische Undulationen berechnet und damit sowohl ellipsoidische Höhenmessungen auf die Höhenbezugsfläche umgerechnet als auch ellipsoidische Höhen für die Streckenreduktion berechnet werden (Kennung = 2) oder
- durch Interpolation punktspezifische Undulationen berechnet werden und terrestrische Höhenmessungen auf das Bezugsellipsoid umgerechnet werden (Kennung = -2).

Die Berücksichtigung einer mittleren Verfahrensundulation (Steuerparameter 13.2) bei der Streckenreduktion (Kennung = 1) hat für den Bezugssystemübergang der Höhenmessungen keine Bedeutung, weil hierbei nur Undulationsunterschiede angebracht werden. Die Interpolation für die Umrechnung terrestrischer Höhenmessungen auf das Bezugsellipsoid (Kennung = -2) hat für die Streckenreduktion keine Bedeutung, da ja bereits ellipsoidische Höhen vorliegen.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 12.03	Blatt 2-2

Als Besonderheit für Ingenieurvermessungen höherer Genauigkeiten kann auch bei örtlichen Höhen eine andere Einheit als Meter gewählt werden. Diese Einstellung (Steuerparameter 4.3) kann unabhängig von der Einheit der Lagekoordinaten vorgenommen werden. Jedoch sind damit korrespondierend die gemessenen Höhenunterschiede in der gleichen Einheit zu erfassen.

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

=====
BERECHNUNG PUNKTSPEZIFISCHER UNDULATIONEN
=====

Die Berechnung individueller Undulationen für jeden Punkt des Verfahrens geschieht durch die Interpolation von Undulationswerten, die für ein Stützpunktfeld vorliegen. Die Interpolation erfolgt an Hand der Lagekoordinaten des Verfahrenspunktes. Voraussetzung dafür ist, daß die Stützpunkte in einer Undulationsdatei abgelegt sind. Sie enthält im Wesentlichen für jeden Stützpunkt einen Datensatz mit seinen Koordinaten und seinem Undulationswert.

Je nach verwendeter Undulationsdatei kommen zwei unterschiedliche Interpolationsverfahren zur Anwendung:

Besteht das Stützpunktfeld aus diskreten Punkten, wird eine multi-quadratische Interpolation durchgeführt. Hierfür ist es notwendig, eine quadratische Matrix mit den Strecken zwischen allen Stützpunkten aufzubauen und zu invertieren. D. h. das Verfahren ist sehr arbeitsspeicher- und rechenzeitintensiv. Die Anzahl der auszuwertenden Stützpunkte ist in KATRIN auf 300 begrenzt.

Alternativ kann ein Gitter mit äquidistanten Stützpunkten vorgegeben werden. Dieses Verfahren benötigt im Arbeitsspeicher nur einen Undulationswert für jeden Gitterpunkt im umschließenden Fenster des abzudeckenden Gebietes. In KATRIN kann das Fenster bis zu 90000 Gitterpunkte umfassen. In diesem Modus wird im Allgemeinen die Undulation für einen beliebigen Punkt durch eine bikubische Spline-Interpolation ermittelt.

Die Art des Stützpunktmodells wird durch Vorlaufdatensätze in der Undulationsdatei beschrieben.

Um stets mit der gleichen Datei arbeiten zu können, auch wenn die Undulationen und die Koordinaten der Stützpunkte nicht in dem Bezugs- oder Abbildungssystem wie das =KATRIN=-Verfahren vorliegen, wenn doch, nicht im gleichen Meridianstreifen, sind Umrechnungen und Umformungen im Programm integriert. Dafür werden die Abbildung und das Bezugsellipsoid der Stützpunkte in der Undulationsdatei beschrieben. Für den Übergang vom geodätischen Datum der Stützpunkte in das Datum des Verfahrens können mehrere Sätze von Umformungsparametern in der Undulationsdatei vorgegeben werden. Mit dem Steuerparameter 12.4 kann dem Programm mitgeteilt werden, ob, und wenn, mit Steuerparameter 12.5 mit welchem Parametersatz, eine 3D-Transformation durchgeführt werden soll.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 1.07	Blatt 2-4

Werden diskrete Stützpunkte eingelesen, erfolgt die Transformation in das Datum und die Abbildung des Berechnungsverfahrens beim Einlesen der Undulationdatei: Sind die Stützpunkte mit konformen Koordinaten gegeben (z. B. in der Gauß-Krüger-Abbildung oder in UTM), werden sie zunächst mit den Abbildungs- und Ellipsoidparametern aus der Undulationsdatei in geographische Koordinaten umgerechnet. Bei der Eingabe von geographischen Koordinaten entfällt dieser Schritt. Die geographischen Koordinaten und die eingelesene Undulation werden ebenfalls mit den Ellipsoidparametern aus der Undulationsdatei in geozentrische, kartesische Koordinaten überführt. Wenn gewünscht, werden diese mit einer 3D-Transformation mit den ausgewählten Parametern vom geodätischen Datum der Stützpunkte in das Datum des =KATRIN=-Verfahrens umgeformt. Anschließend erfolgt die Umrechnung in geographische und dann in konforme Koordinaten. Hierbei werden die Abbildungs- und Ellipsoiddefinitionen aus der Steuerdatei des Verfahrens verwendet, der Meridianstreifen des Verfahrens ist durch die Auftragsdatei festgelegt. Die bei der Umrechnung erhaltenen Undulationen beziehen sich nun auf das Bezugsellipsoid des Verfahrens.

Nachdem alle Stützpunkte eingelesen worden sind, werden die Undulationen der Verfahrenspunkte berechnet. Es wird nach STÜCKMANN (3) durch das 3D-Modell, das durch die Lagekoordinaten und die Undulationswerte der Stützpunkte beschrieben wird, eine ausgleichende Ebene gelegt. Der sich für jeden Punkt individuell aus der ausgleichenden Ebene ergebende sogenannte Trendanteil wird zunächst bei den Stützpunktundulationen in Abzug gebracht und später bei den interpolierten Werten der Verfahrenspunkte wieder addiert. In dem nach Abzug der Trendanteile verbleibenden Undulationsmodell werden die Verfahrenspunkte multiquadratisch interpoliert. Dieses Vorgehen ist bei FRÖHLICH (1) beschrieben.

Die Interpolation wird mit den Koordinaten der Verfahrenspunkte ausgeführt, wie sie im aktuellen Berechnungsstand vorliegen.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 1.07	Blatt 2-4.1

Bei einem Stützpunktgitter werden beim Einlesen nur die Undulationswerte in das Datum des Verfahrens transformiert. Die Intervalle und die Ausrichtung des Gitters bleiben erhalten. Für die Interpolation eines Verfahrenspunktes werden seine Koordinaten mit den gewählten Parametern in das Datum des Gitters "zurücktransformiert".

Die Undulation wird dann durch eine bikubische Spline-Interpolation mit einem Auszug von $6 * 6$ Stützpunkten ($5 * 5$ Gitterabstände) ermittelt. Der Auszug wird so gewählt, dass der einzurechnende Punkt im mittleren Gitterfeld (bzw. auf seiner linken und / oder unteren Kante) liegt. Werden in diesem Umfeld keine $6 * 6$ gültigen Gitterpunkte gefunden, weil das Gitter nicht weit genug ausgedehnt ist, oder betreffende Gitterpunkte mit Pseudowerten belegt sind, wird eine bilineare Interpolation mit $2 * 2$ Gitterpunkten (ein Gitterfeld) versucht.

Die Formel für die kubische Spline-Interpolation wurde von HOLZER (5) übernommen.

Mit dem vorstehend beschriebenen Verfahren können auch die ASCII-Dateien ausgewertet werden, die das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) mit seinem German Combined Quasi-Geoid 2005 (GCG05) ausliefert, und eventuelle spätere Versionen in gleicher Struktur. Das Vorgehen ist identisch mit den Programmen des BKG.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 1.07	Blatt 2-4.2

Es werden nur Undulationen für Verfahrenspunkte berechnet, die endgültige oder Näherungshöhen haben. Für die Interpolation müssen aber auch die Lagekoordinaten der Punkte mindestens näherungsweise bekannt sein. Bei der Interpolation im Gitter ist es außerdem Bedingung, dass der zu interpolierende Punkt innerhalb des definierten Bereichs des Gitters liegt. Aus allen interpolierten Werten wird eine mittlere Verfahrensendulation berechnet und denjenigen Punkten zugewiesen, für die wegen fehlender oder außerhalb liegender Koordinaten keine Undulation interpoliert wurde. Die mittlere Verfahrensendulation und die Anzahl der damit bestimmten Punkte werden in der Statistik in den Druckerausgaben ausgewiesen.

Weiterhin ist von Interesse, ob Verfahrenspunkte außerhalb des durch die diskreten Stützpunkte abgedeckten Bereichs liegen, denn die Extrapolation kann bei diesem Ansatz zu fraglichen Ergebnissen führen. Die Anzahl der extrapolierten Punkte wird ebenfalls in der Statistik angegeben.

Alle bei der Verarbeitung der Undulationsdatei verwendeten Parameter - wie auch die beim Einlesen aufgetretenen formellen Fehler - werden in den Druckerausgaben der Module =HOEHE= und =REDUZ= dokumentiert.

Die interpolierten Undulationen können der Druckerausgabe des Moduls =HOEHE= in den Abschnitten ENDGUELTIGE HOEHEN DER ANSCHLUSSPUNKTE, AUSGEGLICHENE HOEHEN und POLAR BERECHNETE HOEHEN entnommen werden. Hier werden auch Hinweise auf extrapolierte Undulationen oder den Ansatz der mittleren Verfahrensendulation ausgegeben. Bei Verfahrenshöhen über Höhenbezugsfläche (Steuerparameter 12.3 = 2) werden zusätzlich die ellipsoidischen Höhen für die Streckenreduktion auf Dezimeter ausgewiesen.

Bezüglich der Berücksichtigung von Undulationen bleibt der Anwender für die Reproduzierbarkeit seiner Berechnungsergebnisse verantwortlich. So muß beim Wiederanlauf eines Verfahrens dieselbe Undulationsdatei wie bei der erstmaligen Berechnung verwendet werden können. Die Undulationsdatei sollte also den gleichen Sicherungsmechanismen wie die Auftrags- und die Steuerdatei unterliegen. Durch die Kommentarzeilen in der Undulationsdatei sind die Undulationen und insbesondere der Aktualitätsstand eindeutig zu beschreiben.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 7.07	Blatt 2-5

=====
UNDULATIONSDATEIEN
=====

Die jeweils zur Berechnung punktspezifischer Undulationen zu verwendende Stützpunktdatei kann entsprechend dem Auswertungsziel je nach Betriebssystem und Benutzeroberfläche voreingestellt werden. Dazu kann vom Anwender eine eigene Datei nach der Dateibeschreibung (siehe Anwendungshandbuch, Teil 'Undulationsdatei') selbst erstellt werden. Für Standardanwendungen in Nordrhein-Westfalen werden mit dem Programm mehrere Undulationsdateien, für den gesamten Bereich der Bundesrepublik Deutschland eine weitere Datei ausgeliefert.

Alle diese Undulationsdateien entstanden, indem für diskrete Stützpunkte von den ellipsoidischen Höhen über dem GRS80-Ellipsoid in der Lagerung des ETRS89 die durch Feinnivellement bestimmten NN- bzw. NHN-Höhen subtrahiert wurden. Die Differenzen sind die ETRS89-Undulationen. Für einen einfacheren Datums-, Abbildungs- und Meridiansreifenübergang wurden die Koordinaten der Stützpunkte im ETRS89 umgerechnet zu geographischen Koordinaten. Um bei Bedarf Undulationen über dem Bessel-Ellipsoid in der Lagerung des DHDN90 (West) abrufen zu können, wurden die Dateien ergänzt um die 3D-Transformationsparameter aus der Auffeldung des NWREF-Netzes auf die DHDN-Koordinaten und Höhen der drei Basen Meppen, Göttingen und Bonn. Sollen DHDN-Undulationen ermittelt werden, sind die Transformation des Undulationsmodells einzuschalten und der Parametersatz Nr. 1 anzugeben.

Die Undulationsmodelle unterscheiden sich durch die Auswahl und die Daten der Stützpunkte, und damit auch in ihrem Verwendungszweck.

Die Datei Unnw2007.dat enthält das aktuelle nordrhein-westfälische Undulationsmodell 2007. Dieses besteht aus 173 ausgewählten Stützpunkten aus dem NWREF-Netz, dessen Anschlusspunkten aus dem DREF-Netz sowie Punkten aus bzw. in den Nachbarländern. Zur Berechnung der Undulationen der Stützpunkte wurden deren ellipsoidische Höhen im ETRS89 nach der Anpassung der SAPOS-Stationen an die Analyseausgleichung des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie verwendet (BKG, "Realisierung 2003"). Die Höhen über der Höhenbezugsfläche wurden durch Feinnivellements unter Anschluss an Nivellementlinien 1. oder 2. Ordnung bestimmt und als Normalhöhen (NHN) im DHDN92 berechnet. Aus der Differenzbildung der Höhen

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 7.07	Blatt 2-6

ergaben sich NHN-ETRS89(2003)-Undulationen. Durch Transformation mit dem Parametersatz von April 2004 entstehen NHN-DHDN90-Undulationen.

Gegenüber dem Undulationsmodell 2004 mit 153 Stützpunkten wurde das Modell 2007 erheblich verbessert. Das gilt für die Aktualität der verwendeten Daten im Innern Nordrhein-Westfalens als auch für neu eingeführte Stützpunkte, die die Landesgrenze besser abdecken als bisher. Hinsichtlich der Bezugssysteme der Stützpunktdaten sind beide Modelle identisch. Die Datei Unnw2004.dat wird noch zur Auswahl angeboten, um derzeitige Verfahren zu Ende zu führen und bisherige reproduzierbar zu halten.

Die Undulationen in Unnw2000.dat verknüpfen für 137 Stützpunkte normalorthometrische Höhen (NN) im System DHHN12 mit ellipsoidischen Höhen im ETRS89 (vor 2003).

Ältere Undulationsdateien: Unnw2003.dat (NHN-ETRS89 (vor 2003)), Unnwrf.dat und Unnw99.dat (beide NN-ETRS89 (vor 2003)) werden zur Reproduktion früherer Berechnungsläufe noch mit ausgeliefert, lassen sich in der Benutzeroberfläche des =KATRIN= aber nur noch wie individuelle Undulationsdateien auswählen. Undref.dat (NN-ETRS89 (vor 2003)) deckt den Bereich der Bundesrepublik Deutschland ab. Sie ist für die Zwecke der Streckenreduktionen ausreichend, für die Umrechnung von Höhenmessungen sollte aber für jedes Bundesland mindestens eine Undulationsdatei erstellt werden. Eine Transformation zu DHDN-Undulationen ist mit dieser Datei nicht möglich.

Weil bei den Stützpunktangaben Urheberrechte betroffen sein können, z. B. bei den Koordinaten der DREF- oder der NWREF-Punkte, gibt das Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen die Undulationsdateien nur verschlüsselt ab. Die Programme können verschlüsselte und unverschlüsselte (vom Anwender erstellte) Dateien lesen.

Mittelfristig ist geplant, das nordrhein-westfälische Undulationsmodell inhaltlich und strukturell an das künftige Geoidmodell des BKG anzupassen. Gegenwärtig werden noch keine Gitterdateien mit =KATRIN= ausgeliefert. Es steht den Anwendern, insbesondere für Arbeiten außerhalb Nordrhein-Westfalens, aber frei, den benötigten Teil des GCG05 vom BKG zu beschaffen und einzubinden.

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

=====

AUSWERTUNG VON SATELLITENBEOBACHTUNGEN

=====

Das Konzept des Landes Nordrhein-Westfalen sieht vor, daß Satellitenbeobachtungen zur Bestimmung von Trigonometrischen Punkten 4. Ordnung, Aufnahmeorten und darunterliegenden Punktfeldern auch mit Hilfe von 2D(+1D)-Verfahren, also auch mit =KATRIN=, ausgewertet werden können. Dazu sind die aus Satellitenbeobachtungen resultierenden Raumvektorkomponenten der Basislinien in topozentrische Beobachtungen zu überführen.

Dieses Vorgehen hat gegenüber einer 3D-Auswertung zum einen den Vorteil, daß, sofern nur die Lagekoordinaten von Interesse sind, dem Problem der Höhen- und Undulationsbestimmung nur soweit Beachtung geschenkt werden muß, als es für die Reduktion der Lagebeobachtung notwendig ist. Zum anderen lassen sich die abgeleiteten topozentrischen Beobachtungen in einer Auswertung mit terrestrischen Beobachtungen kombinieren, z. B. mit örtlichen Messungen auf TP-Stationen oder Ergänzungsmessungen, die wegen Abschattungen oder Mehrwegereflektionen von Satelliten notwendig sind.

Der Datenfluß von GPS-Messungen in die Auftragsdatei von =KATRIN= über die erweiterte Einheitliche Meßdatenschnittstelle EMDS (2) ist bereits realisiert durch das Programm =AMKA=. Dieses übernimmt auch die Umrechnung der Raumvektorkomponenten. Dabei entstehen für jede Basislinie das Azimut vom sog. Referenz- zum Roverpunkt, die Schrägstrecke (Raumstrecke) und der ellipsoide Höhenunterschied.

Im Allgemeinen beziehen sich die abgeleiteten Azimute und Höhenunterschiede auf das Bezugssystem WGS 84. Sie können also z. B. im ETRS 89 direkt eingesetzt werden. Für Arbeiten im DHDN können in =AMKA= die Raumvektoren vor der Umrechnung einer 3D-Transformation unterzogen werden.

In diesem Fall sind in =KATRIN= zwei Besonderheiten zu beachten:

1. Die Azimute sollten standpunktweise zu Richtungssätzen zusammengefaßt werden, um die zu vermutenden lokalen Verdrehungen der Netzgrundlage in den Orientierungsunbekannten abzufangen.
2. Bei Arbeiten mit Höhen über Höhenbezugsfläche NN bzw. NHN sind für die Umrechnung der abgeleiteten Höhenunterschiede und die Reduktion der Schrägstrecken Undulationen über dem DHDN zu verwenden. Undulationen über den ETRS 89 sind entsprechend zu transformieren.

LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 10.99	Blatt 4-0

=====
STANDARDBEZUGSSYSTEME
=====

Um das Arbeiten mit KATRIN zu vereinfachen, wurde ein Steuerparameter 2.6 eingeführt, mit dem einer von drei Fällen von Standardbezugssystemen eingestellt werden kann.

Im ersten Standardfall ist das Lagebezugssystem das DHDN (für das Netz 77, die Preussische Landesaufnahme usw.) auf dem Bessel-Ellipsoid in der Gauß-Krüger-Abbildung mit 3 Grad breiten Meridianstreifen. Dieser Standardfall setzt weiterhin das Arbeiten mit Höhen über NN voraus. Das heisst, eingegebene ellipsoidische Höhenmessungen werden auf die Höhenbezugsfläche überführt, und für die Neigungs- und die Höhenreduktion der Strecken werden ellipsoidische Höhen ermittelt. Für beide Aufgaben werden NN-DHDN-Undulationen interpoliert. Die Stützpunktundulationen werden mit dem Parametersatz 1 transformiert. So können in der zuzuordnenden Undulationsdatei NN-ETRS 89-Undulationen abgelegt und in das DHDN transformiert werden.

Die Strecken des Verfahrens werden weiterhin in das Meter des Trigonometrischen Festpunktfeldes reduziert. Hierzu wird als Maßstabsfaktor der Steuerparameter 13.1 herangezogen.

Der zweite Standardfall berücksichtigt als Lagebezugssystem das ETRS 89 mit den Ellipsoiddimensionen des GRS 80 und der UTM-Abbildung mit 6-Grad-Meridianstreifen. Die Höhen beziehen sich ebenfalls auf NN, so dass auch hier ellipsoidische Höhenmessungen umgerechnet werden. Dazu und für die Streckenreduktionen mit ellipsoidischen Höhen werden NN-ETRS 89-Undulationen interpoliert. Eine Transformation der Stützpunktundulationen ist nicht vorgesehen. Das setzt voraus, dass die zuzuordnenden Undulationsdatei NN-ETRS 89-Undulationen enthält.

Die Strecken im Verfahren werden lediglich auf die UTM-Abbildungsebene reduziert. Der Maßstab des Mittelmeridians des UTM wird bereits durch die Abbildungsparameter berücksichtigt.

Beim dritten Standardfall werden ETRS 89-Lagekoordinaten mit Höhen über dem ETRS 89-Ellipsoid kombiniert. Hierbei werden Undulationen nur benötigt, um terrestrische Höhenmessungen in ellipsoidische Höhenunterschiede zu überführen. Es ist ebenfalls eine Undulationsdatei mit NN-ETRS 89-Undulationen zu verwenden, eine Transformation wird nicht gerechnet.

LANDESMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
	Bezugssysteme	Stand 10.99	Blatt 4-1

In diesen drei Fällen werden die übrigen Steuerparameter, die explizit oder implizit die Bezugssysteme beschreiben, nicht ausgewertet. Steuerparameter 2.6 ermöglicht dem Anwender aber auch, bei Abweichungen von den vordefinierten Fällen, z. B. wenn ohne Undulationsdatei gearbeitet werden soll, diese Steuerparameter zu aktivieren und eine eigene Definition der Bezugssysteme vorzunehmen.