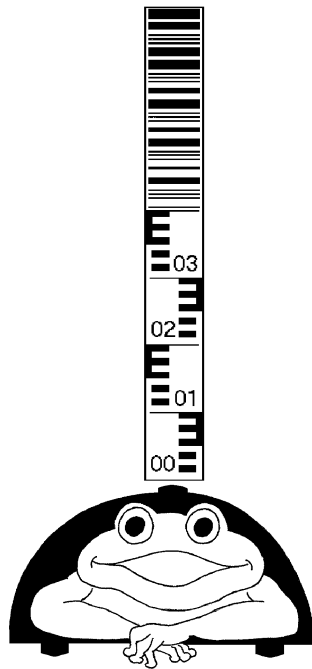


Hans Fröhlich

# NIVNET<sup>plus</sup>

Nivellementnetz-  
-Planung, -Analyse, -Ausgleichung



## Anwendungshandbuch

Windows-Version für NIGRA

Version 7.1

Sankt Augustin 2000

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>1 Einführung</b> .....	1
1.1 Installation .....	3
1.2 Programmstart .....	4
<b>2 Projekt</b>	
2.1 Die Projektdateien .....	5
2.2 Die Datei NIVNET16.OPT .....	7
2.2.1 Inhalt .....	7
2.2.2 Anwendungsbeispiel .....	7
2.3 Die Datei Projekt.NIV .....	8
2.3.1 Inhalt .....	8
2.3.2 Anwendungsbeispiel .....	12
2.4 Die Dateien Projekt.AU* .....	13
2.5 Die Datei Projekt.NET .....	21
<b>3 NIVVOR – Vorab-Netzkontrolle, Netzreduktion</b>	
3.1 Aufgabe im System .....	22
3.2 Netzkontrolle .....	24
3.3 Netzreduktion .....	26
3.4 Programmablauf .....	29
3.5 Anwendungsbeispiel .....	32
<b>4 NIVLOP – Schleifenweise Netzkontrolle</b>	
4.1 Aufgabe im System .....	47
4.2 Programmablauf .....	49
4.3 Anwendungsbeispiel .....	53

---

<b>5 NIV_L1 – Robuste Ausreißersuche - L1-Norm</b>	
5.1 Aufgabe im System .....	60
5.2 L1-Norm-Methode .....	60
5.3 Gewichtung der Beobachtungen .....	62
5.4 Ausreißertests .....	65
5.5 Programmablauf .....	66
5.6 Anwendungsbeispiel .....	70
<b>6 NIVNET – Nivellementnetz -Planung, -Analyse, -Ausgleichung – L2-Norm</b>	
6.1 Aufgabe im System .....	77
6.1.1 Netzplanung .....	78
6.1.2 Netzauswertung .....	79
6.2 Ausgleichungsarten .....	80
6.3 Gewichtung der Beobachtungen .....	82
6.4 Geschätzte Standardabweichung der Gewichtseinheit .....	82
6.5 Geschätzte Standardabweichung für 1km Nivellement .....	84
6.6 Programmablauf .....	85
6.7 Anwendungsbeispiele .....	89
6.7.1 Netzplanung .....	91
6.7.2 Netzauswertung .....	97
<b>7 Fehlermeldungen .....</b>	<b>131</b>
<b>8 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>141</b>
<b>9 Glossar .....</b>	<b>143</b>

## **Lizenzvereinbarung**

(1)

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Handbuches und des zugehörigen Software-Paketes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Autors reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

(2)

Die bei der Anwendung des Programmsystems auftretenden Mängel teilt der Anwender einschließlich der dokumentierenden Unterlagen mit. Mängel werden für die Dauer eines Jahres beseitigt, sofern sie den Leistungsumfang des Programms nicht überschreiten.

(3)

Für die einwandfreie Funktion und die Richtigkeit der Programmversion wird keine Gewähr übernommen. Bei eventuell auftretenden Fehlern sowie daraus resultierenden Folgeschäden besteht kein Anspruch auf Schadenersatz. Aufwendungen oder Nachteile des Anwenders aufgrund von Programmfehlern gehen zu seinen Lasten.

© Copyright 2000

Prof. Dr.-Ing. Hans Fröhlich  
Lichweg 16

D-53757 Sankt Augustin

## 1 Einführung

NIVNET<sup>plus</sup> ist ein modular aufgebautes PC-Programm zur komfortablen, schnellen, sicheren und praxisorientierten Auswertung eines *Nivellementnetzes*. Das Netz kann auch aus einer ein- oder beidseitig angeschlossenen *Nivellementlinie* oder einer *Nivellementschleife* bestehen.

Neben das Modul NIVNET zur **Netzausgleichung** treten weitere ausgereifte Algorithmen zur **Netzkontrolle**. So können Schleifenschlüsse sogar ohne jegliche Zusatzinformation, wie Lagekoordinaten oder Punktnummernfolgen, berechnet werden:

- NIVVOR Vorab-Netzkontrolle; Netzreduktion zur Vorbereitung für die folgenden Module.
- NIVLOP Schleifenweise Netzkontrolle durch Minimalschleifen.
- NIV\_L1 Robuste Ausreißersuche nach der L1-Norm-Methode ( $\sum|\sqrt{PV}| = \min$ ).
- NIVNET Nivellementnetz-Ausgleichung mittels L2-Norm-Methode ( $\sum PVV = \min$ ) - einschließlich *Data-snooping* und der Möglichkeit zur Erkennung von instabilen Festpunkten durch Auffelderung.

Ferner kann es im Zuge einer Projektplanung von Interesse sein, ob mit dem häuslichen Netzentwurf oder dem vor Ort erkundeten Netz

- a) die gesuchten Höhen mit einer geforderten Genauigkeit bestimmbar sind,
- b) im beobachteten Netz mögliche *Ausreißer* zuverlässig aufgedeckt werden können
- c) und ob ggf. auf Beobachtungen verzichtet werden kann.

Diese Analyse läßt sich mit dem Modul NIVNET unter **Netz-Planung** auch ohne Beobachtungen durchführen.

Um einen lückenlosen Datenfluß von der Messung mit Digitalnivellieren bis zu den berechneten Höhen zu gewährleisten, wurde NIVNET<sup>plus</sup>

(Version 7.1) für den Einsatz mit Nigra (Ute Andrä Trukk-Soft, Sankt Augustin) entwickelt.

### **Anmerkungen:**

Um die Auswertung mit NIVNET<sup>plus</sup> zu verstehen und die Ergebnisse fachgerecht beurteilen zu können, werden Grundkenntnisse in der Ausgleichsrechnung vorausgesetzt. Als begleitende Literatur zur Problematik der Ausgleichsrechnung werden empfohlen: BAUMANN [1], KOCH [8], WOLF [12] [13].

Dennoch werden einige immer wiederkehrende Begriffe und Parameter aus der Ausgleichsrechnung und auch aus dem Vermessungswesen im **Glossar** stichwortartig erläutert. Diese Begriffe sind im Text durch eine *kursive Schrift* gekennzeichnet.

Jedes Auswertemodul wird in diesem Anwendungshandbuch anhand eines Anwendungsbeispiels demonstriert. Die hierzu erforderlichen Daten-Dateien sind auf den Programmdisketten abgelegt, so daß sich sowohl die Handhabung von NIVNET<sup>plus</sup> als auch die Auswertestrategie und die Interpretation leicht erlernen lassen.

Aus technischen Gründen wird im Handbuch und in den Ausgabedateien von der gängigen Schreibweise verschiedentlich abgewichen; z.B.

- $s_0$  statt  $\sigma_0$  für die Standardabweichung der Gewichtseinheit a priori
- $s_0$  statt  $s_0$  für die Standardabweichung der Gewichtseinheit a posteriori
- $V$  statt  $v$  für die Verbesserungen.

## 1.1 Installation

Starten Sie das Installationsprogramm mit:

**a:\setup [Enter]**

Wählen Sie als Zielordner für die Installation den Nigra-Programmordner. Folgen Sie den Anweisungen des Installationsprogramms. Installiert werden die folgenden Dateien:

Diskette „NIVNET200 - Netzausgleichung“  
bzw. „NIVNET1000 - Netzausgleichung“:

---

- NIVNET.EXE
- FTN90.DLL
- SALFLIBC.DLL
- BEISPIEL.NIV

Diskette „NIVNET-X - Netzkontrolle“:

---

- NIVVOR.EXE
- NIVLOP.EXE
- NIV\_L1.EXE
- KONTROLL.NIV

## 1.2 Programmstart

Die Module von NIVNET<sup>plus</sup> werden aus der Nigra-Oberfläche gestartet; vgl. Nigra-Handbuch (TRUKK-SOFT [11]).

### Anmerkung:

Jedes Modul kann auch über eine Befehlszeile gestartet werden.  
Die Befehlszeile besteht aus:

Pfad des Moduls, Leertaste, Pfad der Datei NIVNET16.OPT.

**Z.B.: c:\nigra\nivnet.exe c:\projekte\nivnet16.opt**

Falls die Datei NIVNET16.OPT nicht existiert, muß sie zuvor mit einem Editor erstellt werden.

(vgl. 2.2 Die Datei NIVNET16.OPT, Seite 7)



## 2 Projekt

### 2.1 Die Projektdateien

Um ein Projekt bearbeiten zu können, benötigt ein Modul von NIVNET<sup>plus</sup> die Dateien NIVNET16.OPT und Projekt.NIV. Dabei steht „Projekt“ für den Projektnamen.

Die Datei NIVNET16.OPT enthält Optionen für die Programmausführung - unter anderem den Namen des Projekts, das bearbeitet werden soll. In Projekt.NIV sind neben netzbeschreibenden Angaben das gemessene Netz (Beobachtungsdaten) und die Anschlußhöhen (Punktdaten) zusammengestellt.

Diese Dateien werden von Nigra aufgebaut und zur Verfügung gestellt. Beide Dateien können auch mit einem Editor (ohne Textformatierung) erstellt oder verändert werden.

#### Hinweis:

Wird eine Datei mit einem Editor erstellt, dann muß auch die letzte Zeile mit der Eingabetaste abgeschlossen werden!

Anstelle des gemessenen Netzes in Projekt.NIV kann auch das reduzierte Netz in Projekt.KNO verwendet werden. Diese Datei wird vom Modul NIVVOR erstellt.

Während des Programmablaufs werden die gewählten Steuerparameter in einer Datei Projekt.IN\* gespeichert. „\*“ steht für ein vom Modul abhängiges alphanumerisches Zeichen. Außerdem werden für die Dauer eines Programmablaufs eine oder zwei weitere Dateien zur vorübergehenden Datenspeicherung angelegt.

Nach Ablauf des Programms enthält die Ausgabedatei Projekt.AU\* ein Berechnungsprotokoll. Die ausgeglichenen Höhen mit ihren Standardabweichungen werden - für einen automatischen Datenfluß - in der Datei Projekt.NE\* abgelegt.

	NIVVOR	NIVL <u>OP</u>	NIV_L <u>1</u>	NIVNET
Eingabe:	NIVNET16.OPT Projekt.NIV	NIVNET16.OPT Projekt.NIV oder Projekt.KNO	NIVNET16.OPT Projekt.NIV oder Projekt.KNO	NIVNET16.OPT Projekt.NIV oder Projekt.KNO
intern:	Projekt.IN <u>V</u> Projekt.BEO Projekt.LIN	Projekt.IN <u>L</u> Projekt.LOP	Projekt.IN <u>1</u> Projekt.BEO	Projekt.INI Projekt.BEO Projekt.LOE
Ausgabe:	Projekt.AU <u>V</u> Projekt.KNO	Projekt.AU <u>L</u>	Projekt.AU <u>1</u> Projekt.NE <u>1</u>	Projekt.AUS Projekt.NET

Abb.: Die Projektdateien

Die Beziehung zwischen den Modulen und den Ausgabedateien wird anhand der unterstrichenen Buchstaben ersichtlich.

## 2.2 Die Datei NIVNET16.OPT

### 2.2.1 Inhalt

Die Datei NIVNET16.OPT enthält die folgenden Optionen:

- 1. Zeile: Pfad zum Projektordner,  
ab Spalte 1, bis zu 120 alphanumerische Zeichen
- 2. Zeile: Projektname,  
ab Spalte 1, bis zu 120 alphanumerische Zeichen

#### Hinweis:

Zusammen dürfen die Eintragungen in den Zeilen 1 und 2 höchstens 121 Zeichen lang sein.

(Dies ergibt einschließlich der Extension, z.B. „.NIV“, 125 Zeichen für den vollständigen Pfad.)

Die Zeilen 3 bis 16 sind Leerzeilen.

- 17. Zeile: „M“ für Einheit „Meter“, in Spalte 1, (z.Zt. ohne Wirkung)
- 18. Zeile: Sprache, (z.Zt. ohne Wirkung)

### 2.2.2 Anwendungsbeispiel

Zeile:

1	C:\NIV\ADORF\
2	BEISPIEL
3	
4	
5	
...	
15	
16	
17	M
18	SPRACHE

Abb.: Beispiel für eine Datei NIVNET16.OPT

## 2.3 Die Datei Projekt.NIV

### 2.3.1 Inhalt

Die Datei Projekt.NIV enthält zuerst zwei Textzeilen. In der ersten Zeile kann ein kurzer Kommentar zum Projekt untergebracht werden. Die zweite Zeile ist z.B. für eine Überschrift über die Beobachtungen vorgesehen.

Dann folgen die Beobachtungen und anschließend - sofern vorhanden - die Höhen der (Anschluß-)NivP.

#### Anmerkung:

Eine mit NIVVOR erstellte, reduzierte Datei Projekt.KNO hat denselben Aufbau.

Im folgenden Muster symbolisieren die grau hinterlegten Bereiche die Felder, in denen die Daten stehen. Alle mit "-" beginnenden Zeilen sind nur zur Erläuterung aufgeführt:

```

- 2 Textzeilen mit jeweils bis zu 72 alphanumerischen Zeichen:
-
- Beobachtungen:
-   PNA           PNE           HAE           SAE   sniv KB
-2345678901234_12345678901234_12345.78901_1234.67_12.4_1
-
-
00000000000000 00000000000000
- Festpunkt-Höhen:
-   PNR           H           KH
-2345678901234_1234.57890_1
-
-
00000000000000

```

Abb.: Muster für den Aufbau einer Datei Projekt.NIV

Erläuterungen zu den Beobachtungen:

PNA = Punktnummer des Anfangspunkts

PNE = Punktnummer des Endpunkts  
(max. 14 Stellen)

Hinweis:

Die Punktnummern werden von NIVNET<sup>plus</sup> als alphanumerische Zeichenfolgen gelesen. Eine „1“ in der ersten Spalte ist für das Programm eine andere Punktnummer als eine „1“ in der zehnten Spalte. Daher ist es sehr zu empfehlen, Punktnummern immer rechtsbündig einzugeben.

HAE = Beobachteter Höhenunterschied in [m] auf [1/100 mm]  
(-9999.99999 ≤ HAE ≤ +9999.99999)

Ist ein Höhenunterschied mehrfach beobachtet worden - z.B. im Hin- und Rückweg -, so können alle Einzelbeobachtungen in die Ausgleichung eingeführt werden. Eine vorherige Mittelbildung ist nicht notwendig.

(Für eine Netzplanung brauchen keine Höhenunterschiede angegeben zu werden.)

SAE = Länge der einfachen *Nivellementstrecke* in [km] auf [10 m]  
(0.01 ≤ SAE ≤ 9999.99)

sniv = Standardabweichung für 1 km Nivellement, in [mm] auf [1/10 mm]  
(0.1 ≤ sniv ≤ 99.9)

Ist die Genauigkeit des Nivellements nicht bekannt, so kann z.B. der Wert angenommen werden, den der Hersteller des benutzten Nivellierinstruments in seinem Prospekt aufführt.

Für sniv braucht nur bei der ersten Beobachtung ein Wert eingetragen zu werden. Ist bei einer nachfolgenden Beobachtung sniv

nicht angegeben, so wird automatisch der zuletzt angegebene Wert von sniv weiter benutzt.

Um Beobachtungen verschiedenen Güteklassen zuordnen zu können, besteht jedoch auch die Möglichkeit, jeder Beobachtung einen anderen Wert sniv zuzuweisen.

Ist eine Beobachtung HAE das Mittel aus Hin- und Rückmessung oder aus mehreren Einzelbeobachtungen, so ist entsprechend für sniv die Standardabweichung für 1 km Doppel-Nivellement oder Mehrfach-Nivellement anzugeben.

Bei gleichgenauen Einzelbeobachtungen ist:

$$\text{sniv}_{\text{mehrfach}} = \text{sniv}_{\text{einfach}} / \sqrt{n}$$

mit n = Anzahl der Einzelbeobachtungen.

KB = Beobachtungskennung  
(0 oder 1)

Mit KB können Beobachtungen von der Auswertung ausgeschlossen werden, ohne sie aus der Datei Projekt.NIV löschen zu müssen:

KB=1: die Beobachtung wird verwendet  
KB=0: die Beobachtung wird nicht verwendet

### Erläuterungen zu den Festpunkt-Höhen:

Das Modul NIVVOR verwendet ggf. die Höhen der Anschlußpunkte. Für das Modul NIVLOP werden keine Höhen benötigt.

In den Modulen NIV\_L1 und NIVNET werden benötigt:

- für eine angeschlossene oder gezwängte Ausgleichung die Festpunkt-Höhen der Anschlußpunkte;
- für eine freie Ausgleichung keine Festpunkt-Höhen;

- für eine freie Ausgleichung mit Auffelderung die Festpunkt-Höhen der Auffelderungspunkte und Vergleichspunkte (vgl. 2.4 Die Dateien Projekt.AU\*, Seite 13).
- (Für eine Netzplanung brauchen nur die Punktnummer und die Höhenkennung angegeben zu werden.)

PNR = Punktnummer eines *NivP* mit bekannter Höhe.  
(max. 14 Stellen)

H = Höhe in [m] auf [1/100 mm]  
(-999.99999 ≤ H ≤ +999.99999)

KH = Höhenkennung  
(0 oder 1)

Mit KH können Anschluß- bzw. Auffelderungspunkte ausgeschlossen werden, ohne sie aus der Datei Projekt.NIV löschen zu müssen:

bei angeschlossener bzw. gezwängter Ausgleichung bedeutet:

KH=1: der Punkt ist ein Anschlußpunkt

KH=0: der Punkt ist ohne Bedeutung (ggf. Neupunkt)

bei freier Ausgleichung mit Auffelderung bedeutet:

KH=1: der Punkt ist ein Auffelderungspunkt

KH=0: der Punkt ist kein Auffelderungspunkt,  
hat aber eine bekannte Höhe (Vergleichspunkt)

## 2.3.2 Anwendungsbeispiel

```

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.
      PNA          PNE          HAE          SAE    sniv KB
      8            1    -7.08932    0.40    1.0  1
      7            1    -7.06443    0.40         1
      8            7    -0.02525    0.10         1
      7            5    -0.04863    0.20         1
      4           17    -1.26327    0.35         1
      5            6    -1.15124    0.10         1
      8            6    -1.22447    0.20         1
      5            2    -0.25988    0.20         1
      2            3    -3.31341    0.20         1
      3            4    -0.38181    0.10         1
      3            4    -0.38189    0.10         1
      2            4    -3.69501    0.20         1
      6            4    -2.80302    0.30         1
      6           10    -1.04073    0.20         1
      8           10    -2.26522    0.40         1
00000000000000 00000000000000
      1    104.40012  1
      2    111.15623  0
      3    107.84334  1
      4    107.46145  0
      5    111.41656  0
      6    110.26476  1
      7    111.46418  0
      8    111.48923  0
     10    109.22434  0
00000000000000

```

Abb.: Beispiel für eine Datei Projekt.NIV



## 2.4 Die Dateien Projekt.AU\*

Die Ausgabedateien Projekt.AU\* der einzelnen Module sind ähnlich aufgebaut. Stellvertretend wird hier die Datei Projekt.AUS der Nivellementnetz-Ausgleichung (L2-Norm) erläutert.

Die Datei Projekt.AUS enthält auf der ersten Seite die gewählten Steuerparameter. Es folgen in vier Tabellen die Eingabedaten und die Ergebnisse. Die Tabellen haben die Überschriften:

Eingabe: NivP-Höhen  
Eingabe: Beobachtungen  
Ergebnis: Ausgegliche Beobachtungen  
Ergebnis: Ausgegliche Höhen

Zuletzt wird ein Gesamtüberblick über die Berechnung gegeben.

Es kann gewählt werden, ob die Eingabedaten ausgegeben werden sollen oder nicht.

Die **NivP-Höhen** und die **Beobachtungen** werden in der Reihenfolge ihrer Eingabe in der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO ausgegeben. Die Beobachtungen werden jedoch so umgestellt, daß der Anfangspunkt die kleinere Punktnummer hat und der Endpunkt die größere Punktnummer.

Die **ausgeglichenen Beobachtungen** werden nach aufsteigender Anfangspunktnummer sortiert ausgegeben. Dabei hat wieder der Anfangspunkt die kleinere Punktnummer und der Endpunkt die größere Punktnummer. Bei gleicher Anfangspunktnummer wird nach aufsteigenden Endpunktnummern sortiert.

Die **ausgeglichenen Höhen** werden nach aufsteigender Punktnummer sortiert ausgegeben.

Tabelle 1: Eingabe: NivP-Höhen

Eingabe: NivP-Hoehen				
KH=1: Auffelderungspunkt				
KH=0: kein Auffelderungspunkt, aber bekannte Hoehe				
LFD	Punktnummer	Hoehe	KH	
		[m]		
-----				
1	1	104.40012	1	
2	2	111.15623	0	
3	3	107.84334	1	
.	.	.....	.	
.	.	.....	.	
.	.	.....	.	
Auffelderungspunkte (KH=1) eingelesen : ...				
davon ohne Verbindung zum Netz : ...				
Auffelderungspunkte verwendet : ...				

Abb.: Eingabe: NivP-Höhen

LFD = laufende Nummer

KH = Höhenkennung

In der Tabelle werden nur die Festpunkte aufgeführt, die zum gemessenen Netz gehören. Das gemessene Netz besteht aus den verwendeten Beobachtungen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Eingabe: Beobachtungen

Eingabe: Beobachtungen							
KB=1: Beobachtung wird verwendet							
KB=0: Beobachtung wird verworfen (<)							
LFD	Anfangsnummer	Endnummer	Beob. [m]	S [km]	sniv [mm]	KB	
1	1	8	7.08932	0.40	1.0	1	
2	1	7	7.06443	0.40	1.0	1	
3	7	8	0.02525	0.10	1.0	0	<
.	.	.	.....	.....	...	.	
.	.	.	.....	.....	...	.	
.	.	.	.....	.....	...	.	
Gesamtdatei Beobachtungen							
-----							
Beobachtungen eingelesen : ...							
Beobachtungen verworfen (<) : ...							
Beobachtungen verwendet : ...							
Verwendete Beobachtungen verbinden Netzpunkte: ...							

Abb.: Eingabe: Beobachtungen

LFD	=	Laufende Nummer
Anfangsnummer	=	Punktnummer des Anfangspunkts
Endnummer	=	Punktnummer des Endpunkts
Beob.	=	Beobachteter Höhenunterschied
S	=	Länge der einfachen <i>Nivellementstrecke</i>
sniv	=	Standardabweichung für 1 km Nivellement
KB	=	Beobachtungskennung

In der Tabelle werden alle Beobachtungen aufgeführt, die in der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO vorhanden sind.

Die verwendeten Beobachtungen bilden das auszugleichende Netz. Die Gesamtzahl der Netzpunkte wird am Ende der Tabelle angegeben.

Bei einer Berechnung mit gleichen Gewichten werden in der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO die Nivellementstrecken  $S$  und die Standardabweichungen  $sniv$  ignoriert.

Stattdessen wird zur Erzielung gleicher Gewichte einheitlich  $S=1\text{km}$  gesetzt. Als Standardabweichung für 1 km Nivellement ( $sniv$ ) wird der Wert übernommen, der für die Standardabweichung der Gewichtseinheit a priori ( $so$ ) angesetzt wird (vgl. 6.3 Gewichtung der Beobachtungen, Seite 82 und 6.6 Programmablauf, Seite 85).

Tabelle 3: Ergebnis: Ausgegliche Beobachtungen

Ergebnis: Ausgegliche Beobachtungen							
Schwellenwert fuer Testgroesse NV : ....							
Anfangsnummer	Endnummer	Beob. Ausgegl.	V/GF(**)	EV	NV	EP	
		[m]	[mm]	[%]		[mm]	
	1	7	7.06040	5.53	73	7.46	1.49 **
	1	8	7.08385	6.87	80	9.69	1.40
	4	17	-1.26327	0.00			NK
	.	..	.....	....	..	....	.... ..
	.	..	.....	....	..	....	.... ..
	.	..	.....	....	..	....	.... ..

Abb.: Ergebnis: Ausgegliche Beobachtungen

Anfangsnummer	=	Punktnummer des Anfangspunkts
Endnummer	=	Punktnummer des Endpunkts
Beob. Ausgegl.	=	Ausgeglichener Höhenunterschied
V/GF(**)	=	Verbesserung bzw. <i>Grober Fehler</i>
		keine ** in den letzten Spalten: Verbesserung
		** in den letzten Spalten: <i>Grober Fehler</i>
EV	=	Einfluß auf die Verbesserung
		( <i>Kontrolliertheit der Beobachtung</i> )
NV	=	<i>Normierte Verbesserung</i>
EP	=	<i>Einfluß auf die relative Punktlage</i>

In der Spalte „V/GF(\*\*)“ steht die Verbesserung. Wenn jedoch der *Ausreißertest* eine Beobachtung zum *Ausreißer* erklärt (\*\*), dann steht in dieser Spalte der geschätzte *Grober Fehler*.

Bei einer **Netzplanung** wird die Kontrolliertheit EV einer (zukünftigen) Beobachtung in einem geplanten Netz untersucht. Bei einer Netzplanung werden daher Sterne (\*\*) ausgegeben, wenn die Kontrolliertheit EV einer Beobachtung kleiner ist als die gewählte „Untere Schranke der Kontrolliertheit“.

Ist eine Beobachtung nicht kontrolliert ( $EV = 0\%$ ), dann wird in den letzten beiden Spalten „NK“ ausgegeben.

Tabelle 4: Ergebnis: Ausgegliche Höhen

Ergebnis: Ausgegliche Höhen						
Netz-Auswertung / FREI MIT AUFFELDERUNG						
L: Punkt lagert Netz						
N: Punkt ohne historische Bedeutung						
V: Punkt als vermutlich veraendert angenommen						
LFD	Punktnummer	Hoehe Bekannt [m]	Hoehe Ausgegl. [m]	DH [mm]	sH [mm]	
1	1	104.40012	104.39677	-3.35	0.25	L
2	2	111.15623	111.15310	-3.13	0.24	V
3	17		106.19485		0.44	N
.	..	.....	.....		....	.
.	..	.....	.....		....	.
.	..	.....	.....		....	.

Abb.: Ergebnis: Ausgegliche Höhen

LFD = Laufende Nummer

DH = Höhendifferenz (Höhe ausgeglichen minus Höhe bekannt)

sH = Standardabweichung der ausgeglichenen Höhe

Bei freier Ausgleichung mit Auffelderung bedeuten:

L = Auffelderungspunkt (Lagerungspunkt)

Der Punkt lagert das Netz.

N = Neupunkt

Der Punkt hat keine bekannte Höhe.

V = Vergleichspunkt

Der Punkt ist kein Auffelderungspunkt, hat aber eine bekannte Höhe für einen Höhenvergleich.

(Er wurde vom Anwender wegen vermutlich veränderter Höhe **nicht** zur Lagerung des Netzes herangezogen.)

In den Auffelderungspunkten (L) ist die Höhendifferenz DH die **Restklaffung**. Das Netz wird so gelagert, daß die Summe der Restklaffungen zu Null wird, die Quadratsumme zum Minimum.

Das Vorzeichen von DH besagt für eine Deformationsanalyse:

- DH positiv: der Punkt hat sich gehoben
- DH negativ: der Punkt hat sich gesenkt



## 2.5 Die Datei Projekt.NET

Die Datei Projekt.NET enthält die nach der L2-Norm ausgeglichenen Höhen der Neupunkte und deren Standardabweichungen im folgenden FORTRAN-Format:

PNR	Höhe Ausgegl. [m]	sH [mm]
-----	-------------------------	------------

FORMAT (5X, A14, 1X, F11.5, 1X, F11.5 )

PNR = Punktnummer eines Neupunkts

sH = Standardabweichung der ausgeglichenen Höhe

nX = n Leerzeichen

A14 = 14 alphanumerische Zeichen

F11.5 = Real-Wert mit 11 Ziffern einschließlich Dezimalpunkt, davon 5 Nachkommastellen.

1	104.39677	0.24761
2	111.15310	0.24462
3	107.83992	0.22131
4	107.45812	0.21810
5	111.41273	0.26196
6	110.26153	0.17833
7	111.46110	0.21519
8	111.48620	0.19621
10	109.22086	0.27713
17	106.19485	0.43640

Abb.: Beispiel für eine Datei Projekt.NET

### Anmerkung:

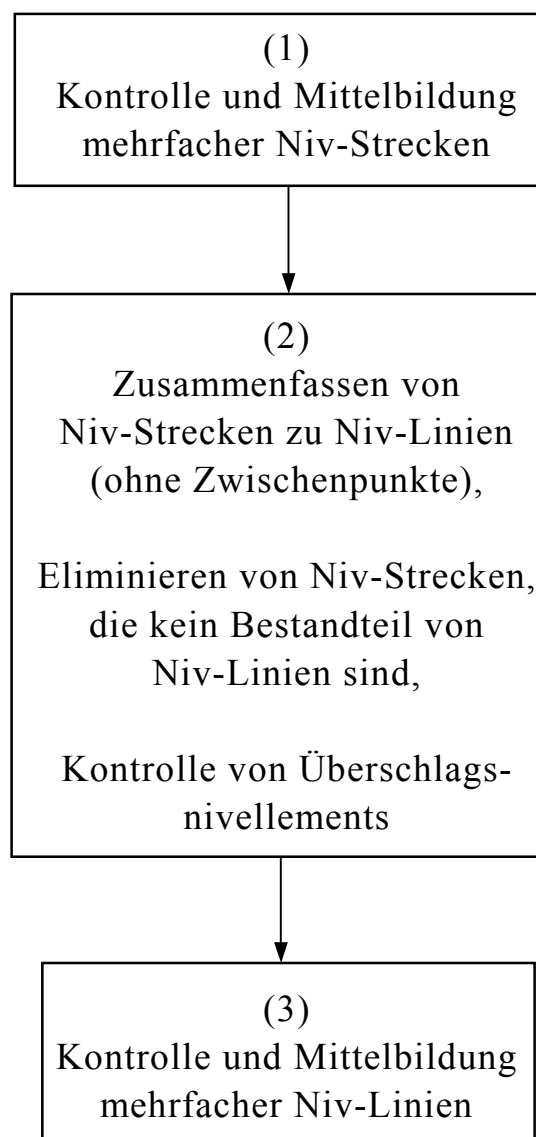
Die Datei Projekt.NE1 enthält die robust nach der L1-Norm ausgeglichenen Höhen der Neupunkte in demgleichen FORTRAN-Format, jedoch ohne Standardabweichung.

### 3 NIVVOR – Vorab-Netzkontrolle, Netzreduktion

#### 3.1 Aufgabe im System

Das Modul NIVVOR verfolgt zwei Ziele – einerseits werden Vorab-Netzkontrollen durchgeführt. Dabei wird geprüft, ob Nivellements in Hin- und Rückmessung sowie Nivellements zwischen Anschlußpunkten (*Überschlagsnivellements*) vorgegebene Genauigkeitsforderungen einhalten. Drei- und mehrfach vorhandene Nivellements werden auf mögliche Ausreißer kontrolliert.

Andererseits wird das *Nivellementnetz* zur Auswertung mit den Modulen NIVLOP, NIV\_L1 und NIVNET reduziert. Die Auswertung mit NIVVOR läuft in den folgenden Schritten ab:



Wahlweise läßt sich das Programm nach Schritt (1) beenden (nur Mittelbildung mehrfacher Niv-Strecken). Die Netzreduktion in Schritt (2) ist möglich nur auf die *Knotenpunkte* (freies Netz) oder auf die Anschluß- und Knotenpunkte (angeschlossenes Netz). Das Programm kann mit oder ohne Schritt (3) (Niv-Linien mitteln) ablaufen.

Zur Weiterverwendung mit den übrigen Modulen legt NIVVOR das reduzierte Netz in einer Datei Projekt.KNO ab. „Projekt“ steht dabei für den Projektnamen. Die mit NIVVOR maximal zu verarbeitende Zahl der Punkte ist 1000, die der Beobachtungen 3000.

Anmerkung:

Die Anzahl 1000 Punkte bedeutet nicht zwangsläufig auch 1000 *Knotenpunkte*.

Zusätzlich führt NIVVOR eine Kontrolle auf Netzdefekte, d.h. nicht zusammenhängende Netzteile durch. Diese können z.B. entstehen durch fehlende Beobachtungen oder fehlerhafte Vergabe von Punktnummern. Diese sogenannten Konfigurationsdefekte würden bei einer L1-Norm- oder einer L2-Norm-Ausgleichung zu einem nicht lösbaeren Gleichungssystem führen (vgl. auch FRÖHLICH [5]). NIVVOR lokalisiert solche Defekte und dokumentiert sie in der Ausgabedatei.

### 3.2 Netzkontrolle

Die Netzkontrolle umfaßt die Kontrolle mehrfach vorhandener *Nivellementstrecken*, die Kontrolle von *Überschlagsnivellements* und die Kontrolle mehrfach vorhandener *Nivellementlinien*, (die im Zuge der Netzreduktion entstehen).

#### Mehrfachbeobachtungen

Jede Zeile mit Beobachtungsdaten in der Datei Projekt.NIV beschreibt eine Nivellementstrecke (vgl. 2.3 Die Datei Projekt.NIV, Seite 8).

Ist eine Nivellementstrecke genau zweimal vorhanden, dann wird angenommen, daß es sich um Hin- und Rückmessung handelt. Die Abweichung zwischen Hin- und Rückmessung wird gebildet und mit der zulässigen Abweichung verglichen.

Liegen für eine Nivellementstrecke drei oder mehr Beobachtungen vor, dann werden diese Beobachtungen durch Ausreißertests kontrolliert. Dazu wird nach der Bildung des gewogenen Mittels aus allen Beobachtungen für jede Beobachtung die zugehörige *normierte Verbesserung NV* berechnet

$$NV_i = \frac{|V_i|}{sniv_i \cdot \sqrt{S_i[\text{km}]} \cdot \sqrt{1 - \frac{P_i}{\sum P}}}$$

und mit dem *Schwellenwert* verglichen. Ein *Ausreißer* wird vermutet, wenn  $NV_i > \text{Schwellenwert}$  ist.

Wird ein Ausreißer entdeckt, dann wird für das größte  $NV_i$  die geschätzte Größe des *groben Fehlers GF<sub>i</sub>* ermittelt, in die Ausgabedatei geschrieben und durch "GF\*" kenntlich gemacht. Anschließend wird ohne diese Beobachtung ein neues gewogenes Mittel gebildet und der Ausreißertest erneut durchgeführt. Dieses Vorgehen wird so oft wiederholt, bis kein Ausreißer mehr entdeckt wird oder nur noch zwei Beobachtungen übrigbleiben. Die letzten beiden Beobachtungen können nicht mehr durch einen Ausreißertest kontrolliert werden.

Durch die Netzreduktion entstandene, mehrfach vorhandene Nivellementlinien werden wie die Nivellementstrecken kontrolliert.

### Überschlagsnivellements

Läßt sich für eine *Nivellementlinie* der Höhenunterschied zwischen Anfangs- und Endpunkt sowohl aus den Anschlußhöhen als auch aus den Beobachtungen bestimmen (*Überschlagsnivellement*), dann wird zwischen beiden Höhenunterschieden die Abweichung ermittelt („Höhenab-schlußfehler“) und mit der zulässigen Abweichung verglichen.

### Zulässige Abweichungen

Für Nivellements der Landesvermessung mit einem Punktabstand (Niv-Streckenlängen) von max. 1,5 km nennt z.B. der NivP-Erlaß LANDES-VERMESSUNGSAMT NORD-RHEIN-WESTFALEN [9] folgende zulässige Abweichungen:

- |             |   |   |
|-------------|---|---|
| 1. Ordnung: | $ZS = 0,5 \text{ mm} \cdot S + 1,5 \text{ mm} \cdot \sqrt{S}$ | $ZH = 2,0 \text{ mm} + 2,0 \text{ mm} \cdot \sqrt{S}$ |
| 2. Ordnung: | $ZS = 0,5 \text{ mm} \cdot S + 2,5 \text{ mm} \cdot \sqrt{S}$ | $ZH = 2,0 \text{ mm} + 3,0 \text{ mm} \cdot \sqrt{S}$ |
| 3. Ordnung: | $ZS = 0,5 \text{ mm} \cdot S + 4,5 \text{ mm} \cdot \sqrt{S}$ | $ZH = 2,0 \text{ mm} + 5,0 \text{ mm} \cdot \sqrt{S}$ |

ZS = der größte zulässige Betrag (in [mm]) der Summe der korrigierten Höhenunterschiede aus Hin- und Rückmessung einer Niv-Strecke

ZH = die zulässige Abweichung (in [mm]) eines korrigierten und reduzierten Höhenunterschieds von dem entsprechenden Höhenunterschied nach dem NivP-Nachweis

### Hinweis:

Korrekturen und Reduktionen nimmt NIVVOR nicht vor !

S = Streckenlänge in [km]

Nivellements für Ingenieurvermessungsprojekte oder topographische Geländeaufnahmen verlangen andere (ggf. vom Auftraggeber definierte) Parameter.

### 3.3 Netzreduktion

Die Netzreduktion beinhaltet die Mittelbildung mehrfach vorhandener Nivellementstrecken, das Zusammenfassen von Nivellementstrecken zu Nivellementlinien (ohne Zwischenpunkte), das Eliminieren von Nivellementstrecken, die kein Bestandteil von Nivellementlinien sind und die Mittelbildung mehrfach vorhandener Nivellementlinien.

#### Mittelbildung von Nivellementstrecken

Sind für eine Punktverbindung mehrere Zeilen mit Beobachtungsdaten in der Datei Projekt.NIV enthalten, dann werden diese Zeilen zusammengefaßt:

- die Beobachtung  $HAE_m$  wird als das gewogene Mittel der Einzelbeobachtungen  $HAE_i$  gebildet:

$$HAE_m = \frac{\sum (P_i \cdot HAE_i)}{\sum P_i}$$

mit

$$P_i = \frac{so^2}{sniv_i^2 \cdot S_i [\text{km}]}$$

- und
- $P_i$  = Gewicht der Beobachtung  $HAE_i$
  - $so$  = Standardabweichung der Gewichtseinheit = 1
  - $sniv_i$  = Standardabweichung für 1 km Nivellement in [mm]
  - $S_i$  = Länge der Nivellementstrecke in [km].

- als Länge der Nivellementstrecke  $S_m$  der gemittelten Beobachtung wird die kürzeste Strecke  $S_{\min}$  verwendet:

$$S_m = S_{\min}$$

- die Standardabweichung für 1km Nivellement  $sniv_m$  wird aus den einzelnen Standardabweichungen nach Fehlerfortpflanzungsgesetz und unter Berücksichtigung der kürzesten Strecke  $S_{\min}$  berechnet:

$$\text{sniv}_m = \frac{s_0}{\sqrt{(\sum P_i) \cdot S_{\min} [\text{km}]}}$$

- mit  $\text{sniv}_m$  = Standardabweichung für 1 km Nivellement (gemittelt) in [mm].
- $s_0$  = Standardabweichung der Gewichtseinheit = 1
- $P_i$  = Gewicht der Beobachtung HAE<sub>i</sub> (vgl. oben)
- $S_{\min}$  = Länge der kürzesten Nivellementstrecke in [km].

Falls  $\text{sniv}_m < 0.1$  mm ist, wird gesetzt:  $\text{sniv}_m = 0.1$  mm.

### Zusammenfassen von Nivellementstrecken zu Nivellementlinien

Ist eine Nivellementlinie durch Zwischenpunkte unterteilt in Nivellementstrecken, dann besitzt sie in der Datei Projekt.NIV mehrere Zeilen mit Beobachtungsdaten. Diese Zeilen werden zu einer Zeile zusammengefaßt:

- die Einzelbeobachtungen HAE<sub>i</sub> und Einzelstrecken S<sub>i</sub> werden aufsummiert.
- die Standardabweichung für 1 km Nivellement(linie)  $\text{sniv}_{\text{ges}}$  wird aus den einzelnen Standardabweichungen nach Fehlerfortpflanzungsgesetz und unter Berücksichtigung der Gesamtlänge S<sub>ges</sub> der Nivellementlinie berechnet:

$$\text{sniv}_{\text{ges}} = \sqrt{\frac{\sum (\text{sniv}_i^2 \cdot S_i [\text{km}])}{S_{\text{ges}} [\text{km}]}}$$

- mit  $\text{sniv}_{\text{ges}}$  = Standardabweichung für 1 km Nivellement(linie) in [mm]
- $\text{sniv}_i$  = Standardabweichung für 1 km Nivellement-(strecke) in [mm]
- $S_i$  = Länge einer Nivellementstrecke in [km].
- $S_{\text{ges}}$  = Gesamtlänge der Nivellementlinie in [km].

### Mittelbildung von Nivellementlinien

Durch die Linienbildung entstandene, mehrfach vorhandene Nivellementlinien werden wie die Nivellementstrecken gemittelt.

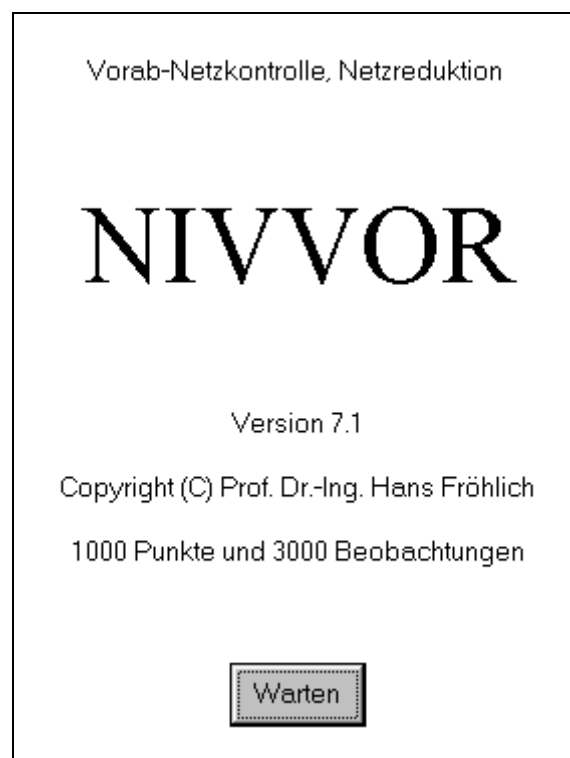
#### Hinweis:

Durch die Mittelbildung von Nivellementlinien können vorherige Knotenpunkte zu Zwischenpunkten auf neuen, längeren Nivellementlinien oder zu Punkten außerhalb von Nivellementlinien werden.

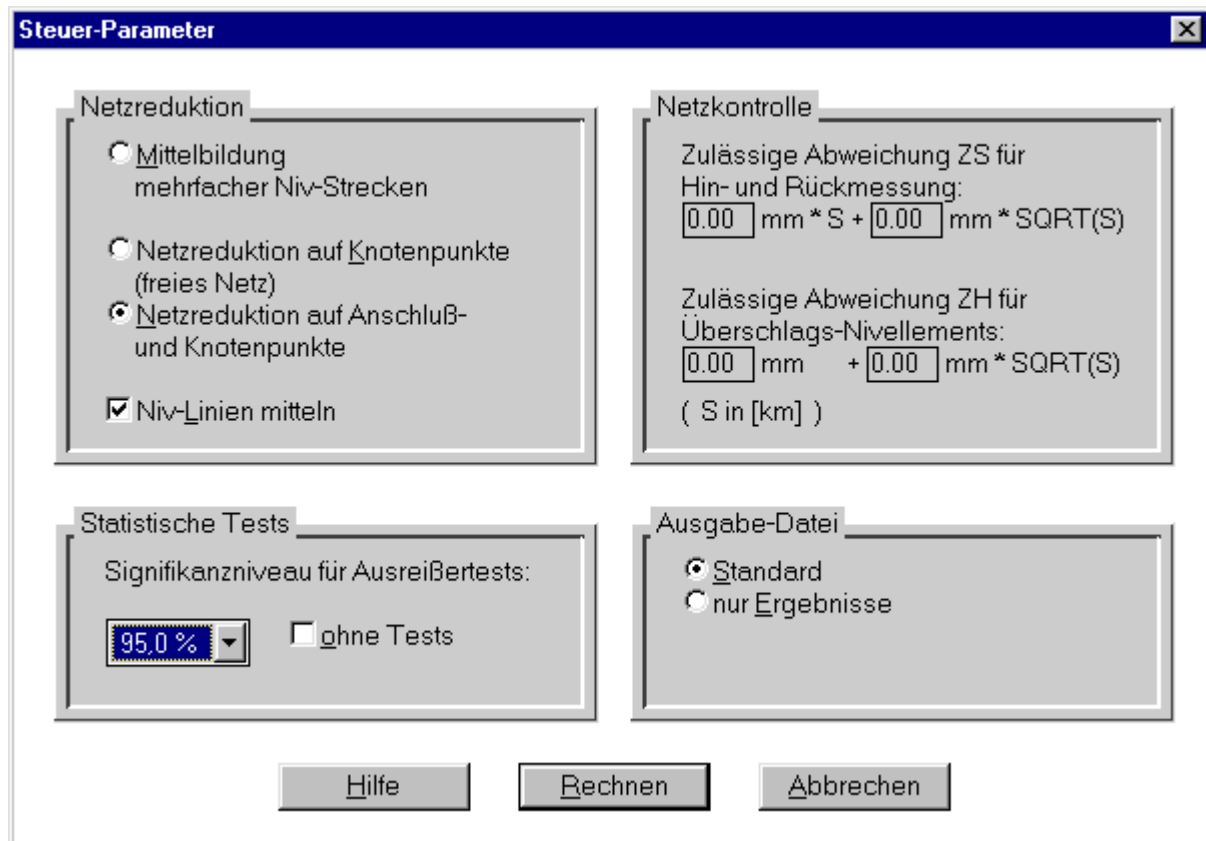


### 3.4 Programmablauf

Nach dem Starten des Programms erscheint für kurze Zeit die Titelmaste:



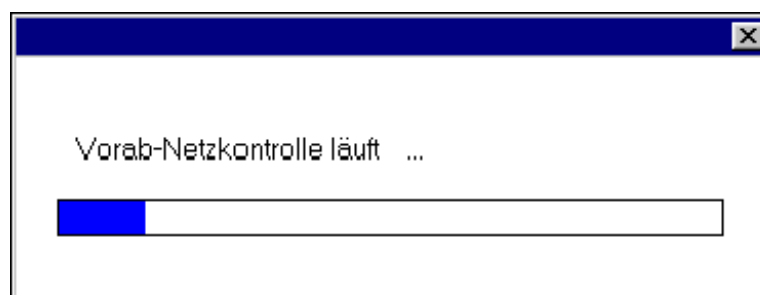
Im nächsten Fenster können die Steuer-Parameter für den Programmablauf vorgegeben werden:



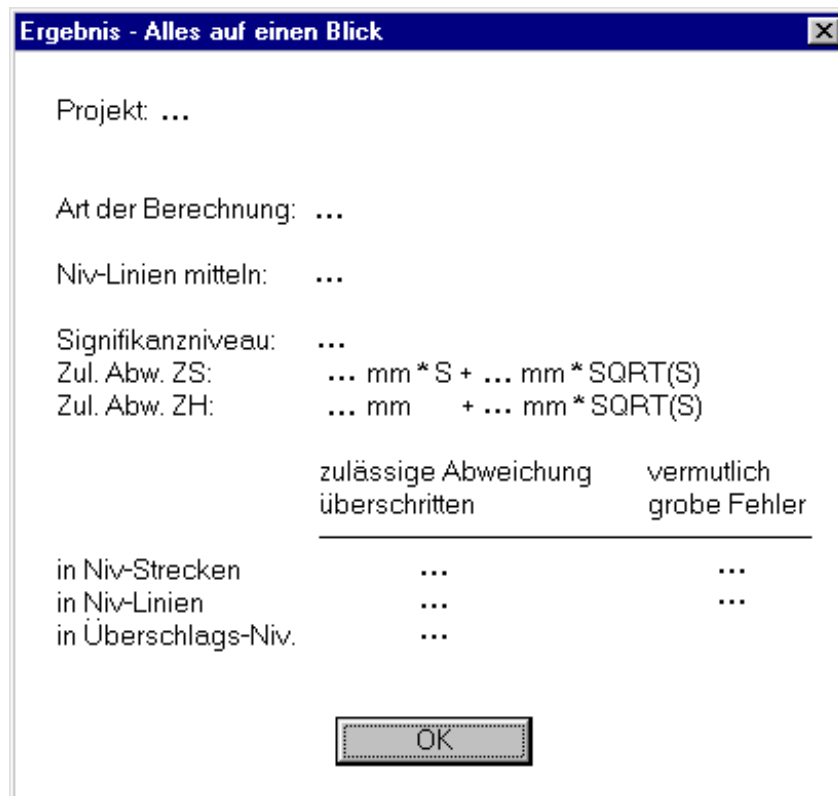
### Hinweis:

Die Abkürzung "SQRT" in den Formeln für die zulässigen Abweichungen bedeutet "Wurzel aus" (square root).

Nach der Auswahl der Steuerparameter läuft das Programm automatisch ab:



Zuletzt wird ein Gesamtüberblick über die Berechnung gegeben:



The screenshot shows a window titled "Ergebnis - Alles auf einen Blick" with a close button in the top right corner. The window contains the following text:

Projekt: ...

Art der Berechnung: ...

Niv-Linien mitteln: ...

Signifikanzniveau: ...

Zul. Abw. ZS: ... mm \* S + ... mm \* SQRT(S)

Zul. Abw. ZH: ... mm + ... mm \* SQRT(S)

	zulässige Abweichung überschritten	vermutlich grobe Fehler
in Niv-Strecken	...	...
in Niv-Linien	...	...
in Überslags-Niv.	...	

OK

### 3.5 Anwendungsbeispiel

Das Beispiel-Niv-Netz zu NIVVOR, NIVLOP und NIV\_L1 wird hier vorgestellt:

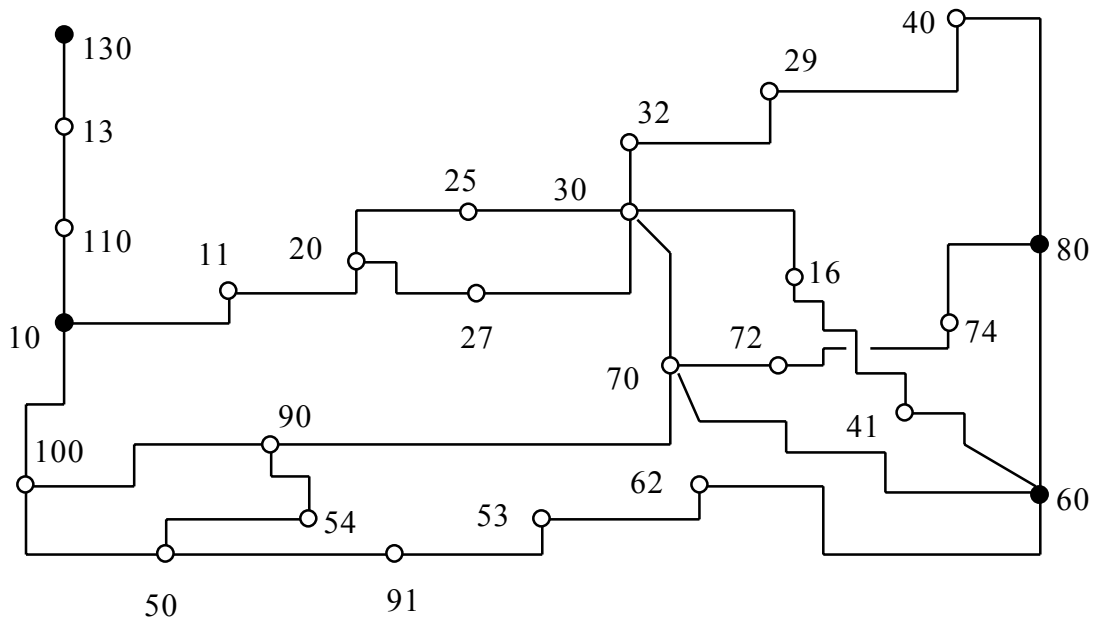


Abb.: Netzskizze des Beispiel-Niv-Netzes

Die Daten hierzu sind auf der Diskette „NIVNET-X - Netzkontrolle“ in der Datei KONTROLL.NIV abgelegt:

Spalte:		1	2	3	4	5
		12345678901234567890123456789012345678901234567890123456				
<b>Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.</b>						
	<b>PNA</b>		<b>PNE</b>		<b>HAE</b>	<b>SAE SNIV KB</b>
	20		25		0.33391	1.56 2.0 1
	30		25		0.34166	1.85 1
	27		20		0.02668	1.91 1
	27		30		0.01743	1.30 1
	30		70		-1.51481	3.00 1
	70		90		-0.45723	2.90 1
	70		90		-0.46023	2.90 1
	70		90		-0.45823	2.90 1
	90		100		0.21778	2.60 1
	10		100		-0.85513	0.65 1

20	11	-0.45892	0.32	1
10	11	0.45346	0.23	1
10	110	0.12456	0.45	1
10	110	0.12458	0.45	1
130	13	-0.56721	0.15	1
13	110	0.01235	0.21	1
54	50	1.00236	1.72	1
90	54	0.47100	1.48	1
50	100	-1.25658	4.20	1
50	100	-1.25455	4.20	1
70	60	-0.61146	4.00	1
62	53	0.00225	1.89	1
60	62	0.45925	2.56	1
62	53	0.00211	1.89	1
53	91	0.86231	2.98	1
91	50	0.30788	1.77	1
62	53	0.00215	1.89	1
41	60	-1.15698	2.01	1
41	16	0.77761	1.82	1
30	16	-0.18889	1.47	1
30	32	0.21354	1.10	1
29	40	0.42153	1.03	1
29	32	-0.20827	1.07	1
40	80	-1.27314	4.80	1
80	60	-1.69637	3.10	1
80	74	-0.62352	0.96	1
72	70	1.23406	0.85	1
74	72	-1.70395	1.09	1
0000000000000000	0000000000000000			
10	101.66000	1		
60	100.43500	1		
80	102.13500	1		
130	102.34100	1		
0000000000000000				

Abb.: Datei KONTROLL.NIV

Das Beispiel-Niv-Netz soll mit NIVVOR kontrolliert und reduziert werden. Um die Funktion des Programms NIVVOR zu verdeutlichen, werden vorher bewußt einige Fehler in das Netz eingebaut:

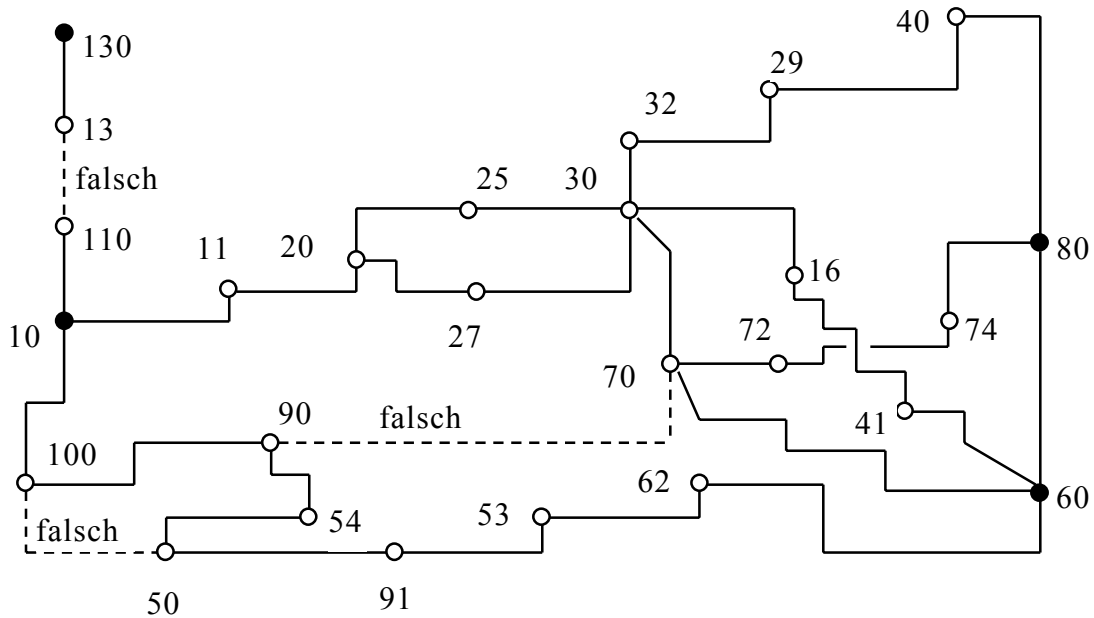


Abb.: Netzskizze des (verfälschten) Beispiel-Niv-Netzes

Die Datei KONTROLL.NIV wird folgendermaßen verändert:

- Eine der Beobachtungen 70-90 (gekennzeichnet durch "!"), ursprünglich -0.45723, wird um -20 cm verfälscht.
- Die Beobachtung 13-110 (!!), ursprünglich 0.01235, wird um +2 cm verfälscht.
- Eine der Beobachtungen 50-100 (!!!), ursprünglich -1.25658, wird um +5 cm verfälscht.

Spalte: 1                    2                    3                    4                    5  
 12345678901234567890123456789012345678901234567890123456

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.

PNA	PNE	HAE	SAE	SNIV	KB
20	25	0.33391	1.56	2.0	1
30	25	0.34166	1.85		1
27	20	0.02668	1.91		1
27	30	0.01743	1.30		1
30	70	-1.51481	3.00		1
70	90	-0.65723	2.90		1 !
70	90	-0.46023	2.90		1
70	90	-0.45823	2.90		1
90	100	0.21778	2.60		1
10	100	-0.85513	0.65		1
20	11	-0.45892	0.32		1
10	11	0.45346	0.23		1
10	110	0.12456	0.45		1
10	110	0.12458	0.45		1
130	13	-0.56721	0.15		1
13	110	0.03235	0.21		1 !!
54	50	1.00236	1.72		1
90	54	0.47100	1.48		1
50	100	-1.20658	4.20		1 !!!
50	100	-1.25455	4.20		1
70	60	-0.61146	4.00		1
62	53	0.00225	1.89		1
60	62	0.45925	2.56		1
62	53	0.00211	1.89		1
53	91	0.86231	2.98		1
91	50	0.30788	1.77		1
62	53	0.00215	1.89		1
41	60	-1.15698	2.01		1
41	16	0.77761	1.82		1
30	16	-0.18889	1.47		1
30	32	0.21354	1.10		1
29	40	0.42153	1.03		1
29	32	-0.20827	1.07		1
40	80	-1.27314	4.80		1
80	60	-1.69637	3.10		1
80	74	-0.62352	0.96		1
72	70	1.23406	0.85		1
74	72	-1.70395	1.09		1
0000000000000000		0000000000000000			
10	101.66000	1			

```
        60  100.43500  1
        80  102.13500  1
       130  102.34100  1
0000000000000000
```

Abb.: Modifizierte Datei KONTROLL.NIV

Während des Programmablaufs werden die Steuerparameter gewählt:

- Netzreduktion auf Anschluß- und Knotenpunkte
- Niv-Linien mitteln: ja
- Signifikanzniveau 95,0%
- Zulässige Abweichung für Hin- und Rückmessung:  
 $ZS = 0,0 \text{ mm} * S + 3,0 \text{ mm} * \sqrt{S}$
- Zulässige Abweichung für Überschlags-Nivellements:  
 $ZH = 2,0 \text{ mm} + 3,0 \text{ mm} * \sqrt{S}$
- Standard-Ausgabedatei

Das Ergebnis der Vorab-Netzkontrolle zeigt die Datei KONTROLL.AUV:



NIVVOR

Seite: 1

## Vorab-Netzkontrolle, Netzreduktion

```

@@   @   @@   @   @   @   @   @@@@@@   @@@@@@
@@@  @           @   @   @   @   @   @   @
@  @  @   @@   @  @   @  @   @   @   @@@@@@
@  @@@  @@   @  @   @  @   @   @   @   @@
@   @@  @@           @@           @@   @@@@@@   @   @@

```

Version 7.1

Projekt: kontroll.NIV

-----

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.

Gewaehlte Steuerparameter:

-----

Art der Berechnung : Netzreduktion auf Anschluss-  
und Knotenpunkte

Niv-Linien mitteln : ja

Signifikanzniveau fuer  
Ausreissertests : 95.0 %

Zulaessige Abweichung ZS fuer  
Hin- und Rueckmessung :  $0.0 \text{ mm} * S + 3.0 \text{ mm} * \text{SQRT}(S)$   
S= Laenge der Niv-Strecke in  
[km]

Zulaessige Abweichung ZH fuer  
Ueberschlags-Nivellements :  $2.0 \text{ mm} + 3.0 \text{ mm} * \text{SQRT}(S)$   
S= Laenge des Ueberschlags-  
Niv. in [km]

NIVVOR				Seite: 2
Eingabe: NivP-Hoehen				
KH=1: Anschlusspunkt				
LFD	Punktnummer	Hoehe [m]	KH	
-----				
1	10	101.66000	1	
2	60	100.43500	1	
3	80	102.13500	1	
4	130	102.34100	1	
Anschlusspunkte (KH=1) eingelesen : 4				
davon ohne Verbindung zum Netz : 0				
Anschlusspunkte verwendet : 4				

NIVVOR							Seite: 3
Eingabe: Beobachtungen							
KB=1: Beobachtung wird verwendet							
KB=0: Beobachtung wird verworfen (<)							
LFD	Anfangsnummer	Endnummer	Beob. [m]	S [km]	sniv [mm]	KB	
-----							
1	20	25	0.33391	1.56	2.0	1	
2	25	30	-0.34166	1.85	2.0	1	
3	20	27	-0.02668	1.91	2.0	1	
4	27	30	0.01743	1.30	2.0	1	
5	30	70	-1.51481	3.00	2.0	1	
6	70	90	-0.65723	2.90	2.0	1	
7	70	90	-0.46023	2.90	2.0	1	
8	70	90	-0.45823	2.90	2.0	1	
9	90	100	0.21778	2.60	2.0	1	
10	10	100	-0.85513	0.65	2.0	1	
11	11	20	0.45892	0.32	2.0	1	

12	10	11	0.45346	0.23	2.0	1
13	10	110	0.12456	0.45	2.0	1
14	10	110	0.12458	0.45	2.0	1
15	13	130	0.56721	0.15	2.0	1
16	13	110	0.03235	0.21	2.0	1
17	50	54	-1.00236	1.72	2.0	1
18	54	90	-0.47100	1.48	2.0	1
19	50	100	-1.20658	4.20	2.0	1
20	50	100	-1.25455	4.20	2.0	1
21	60	70	0.61146	4.00	2.0	1
22	53	62	-0.00225	1.89	2.0	1
23	60	62	0.45925	2.56	2.0	1
24	53	62	-0.00211	1.89	2.0	1
25	53	91	0.86231	2.98	2.0	1
26	50	91	-0.30788	1.77	2.0	1
27	53	62	-0.00215	1.89	2.0	1
28	41	60	-1.15698	2.01	2.0	1
29	16	41	-0.77761	1.82	2.0	1
30	16	30	0.18889	1.47	2.0	1
31	30	32	0.21354	1.10	2.0	1
32	29	40	0.42153	1.03	2.0	1
33	29	32	-0.20827	1.07	2.0	1
34	40	80	-1.27314	4.80	2.0	1
35	60	80	1.69637	3.10	2.0	1
36	74	80	0.62352	0.96	2.0	1
37	70	72	-1.23406	0.85	2.0	1
38	72	74	1.70395	1.09	2.0	1

**Gesamtdatei Beobachtungen**

-----  
Beobachtungen eingelesen : 38  
Beobachtungen verworfen (<) : 0  
Beobachtungen verwendet : 38

Verwendete Beobachtungen verbinden Netzpunkte: 26

NIVVOR						Seite: 4
<b>Ergebnis: Kontrolle und Mittelbildung mehrfacher Niv-Strecken</b>						
bei 2 Beob.: Vergleich mit der zul. Abw. fuer Hin- und Rueckmessung						
ab 3 Beob.: Ausreissertest						
Anfangsnummer	Endnummer	Beob.	S	sniv	Abw. zul. Abw. ZS	
		[m]	[km]	[mm]	[mm]	
10	110	0.12458	0.45	2.0	0.02	
		0.12456	0.45	2.0	2.01	
Gewogenes Mittel:		0.12457	0.45	1.4		
50	100	-1.25455	4.20	2.0	47.97 ***	
		-1.20658	4.20	2.0	6.15	
Gewogenes Mittel:		-1.23056	4.20	1.4		
53	62	-0.00215	1.89	2.0	-0.02 V	
		-0.00225	1.89	2.0	0.08 V	
		-0.00211	1.89	2.0	-0.06 V	
Gewogenes Mittel:		-0.00217	1.89	1.2		
70	90	-0.65723	2.90	2.0	-198.00 GF*	
		-0.45823	2.90	2.0	-1.00 V	
		-0.46023	2.90	2.0	1.00 V	
Gewogenes Mittel:		-0.45923	2.90	1.4		

Anmerkungen:

\*\*\* : Zulässige Abweichung ZS ist überschritten.

V : Verbesserung = gewogenes Mittel minus Beobachtung.

GF\*: Möglicher Ausreißer. Es wird anstelle der Verbesserung  
V der *Grobe Fehler* GF angegeben.

NIVVOR						Seite: 5
Ergebnis: Bilden von Niv-Linien (ohne Zwischenpunkte), Kontrolle von Ueberschlags-Nivellements						
Anfangsnummer	Endnummer	Beob.	S	sniv	Abw.	
		[m]	[km]	[mm]	zul. Abw. ZH	
					[mm]	
	10	11	0.45346	0.23	2.0	
	11	20	0.45892	0.32	2.0	
Linie gesamt:	10	20	0.91238	0.55	2.0	
	10	110	0.12457	0.45	1.4	
	110	13	-0.03235	0.21	2.0	
	13	130	0.56721	0.15	2.0	
Linie gesamt:	10	130	0.65943	0.81	1.7	21.57 *** 4.70
	20	25	0.33391	1.56	2.0	
	25	30	-0.34166	1.85	2.0	
Linie gesamt:	20	30	-0.00775	3.41	2.0	
	20	27	-0.02668	1.91	2.0	
	27	30	0.01743	1.30	2.0	
Linie gesamt:	20	30	-0.00925	3.21	2.0	
	30	16	-0.18889	1.47	2.0	
	16	41	-0.77761	1.82	2.0	
	41	60	-1.15698	2.01	2.0	
Linie gesamt:	30	60	-2.12348	5.30	2.0	

30	32	0.21354	1.10	2.0
32	29	0.20827	1.07	2.0
29	40	0.42153	1.03	2.0
40	80	-1.27314	4.80	2.0
<b>Linie gesamt:</b>				
30	80	-0.42980	8.00	2.0
50	54	-1.00236	1.72	2.0
54	90	-0.47100	1.48	2.0
<b>Linie gesamt:</b>				
50	90	-1.47336	3.20	2.0
50	91	-0.30788	1.77	2.0
91	53	-0.86231	2.98	2.0
53	62	-0.00217	1.89	1.2
62	60	-0.45925	2.56	2.0
<b>Linie gesamt:</b>				
50	60	-1.63161	9.20	1.9

NIVVOR					Seite: 6
Anfangsnummer	Endnummer	Beob.	S	sniv	Abw. zul. Abw. ZH
		[m]	[km]	[mm]	[mm]
60	80	1.69637	3.10	2.0	3.63 7.28
70	72	-1.23406	0.85	2.0	
72	74	1.70395	1.09	2.0	
74	80	0.62352	0.96	2.0	
<b>Linie gesamt:</b>					
70	80	1.09341	2.90	2.0	

NIVVOR

Seite: 7

Ergebnis: Kontrolle und Mittelbildung  
mehrfacher Niv-Linien

bei 2 Beob.: Vergleich mit der zul. Abw. fuer Hin- und  
Rueckmessung

ab 3 Beob.: Ausreissertest

Anfangsnummer	Endnummer	Beob.	S	sniv	Abw.
		[m]	[km]	[mm]	zul. Abw. ZS
					[mm]
20	30	-0.00925	3.21	2.0	1.50
		-0.00775	3.41	2.0	5.37
Gewogenes Mittel:		-0.00852	3.21	1.4	

NIVVOR		Seite: 8
Ergebnis: Alles auf einen Blick		
Projekt: kontroll.NIV		
Art der Berechnung: Netzreduktion auf Anschluss- und Knotenpunkte		
Niv-Linien mitteln: ja		
Signifikanzniveau : 95.0 %		
Zul. Abw. ZS	:	0.0 mm * S + 3.0 mm * SQRT(S)
Zul. Abw. ZH	:	2.0 mm + 3.0 mm * SQRT(S)
		zulaessige Abweichung      vermutlich
		ueberschritten              grobe Fehler
		-----
in Niv-Strecken		1                              1
in Niv-Linien		0                              0
in Ueberschlags-Niv.		1
Das reduzierte Netz steht in: kontroll.KNO		

Der Fehler in der Beobachtung 50-100 fällt bei der Kontrolle und Mittelbildung mehrfacher Niv-Strecken auf. Dort ist die zulässige Abweichung für Hin- und Rückmessung überschritten.

Die verfälschte Beobachtung 70-90 wird durch den Ausreißertest als möglicher Ausreißer erkannt (GF\*).

Der Fehler in der Beobachtung 13-110 fällt bei der Kontrolle von Überschlags-Nivellements auf. Dort ist in der Linie 10-130 die zulässige Abweichung für Überschlags-Nivellements überschritten. Eine Lokalisierung des Fehlers innerhalb der Linie ist jedoch nicht möglich.



In einem zweiten Programmdurchlauf wird das unverfälschte Beispiel-Niv-Netz KONTROLL.NIV verwendet (vgl. 3.5 Anwendungsbeispiel, Seite 32).

Während des Programmablaufs werden die gleichen Steuerparameter wie vorher gewählt:

- Netzreduktion auf Anschluß- und Knotenpunkte
- Niv-Linien mitteln: ja
- Signifikanzniveau 95,0%
- Zulässige Abweichung für Hin- und Rückmessung:  
 $ZS = 0,0 \text{ mm} * S + 3,0 \text{ mm} * \sqrt{S}$
- Zulässige Abweichung für Überschlags-Nivellements:  
 $ZH = 2,0 \text{ mm} + 3,0 \text{ mm} * \sqrt{S}$
- Standard-Ausgabedatei

Dies ergibt ein reduziertes Nivellementnetz, in dem (fast) nur noch die *Knotenpunkte* und die Anschlußpunkte vorhanden sind:

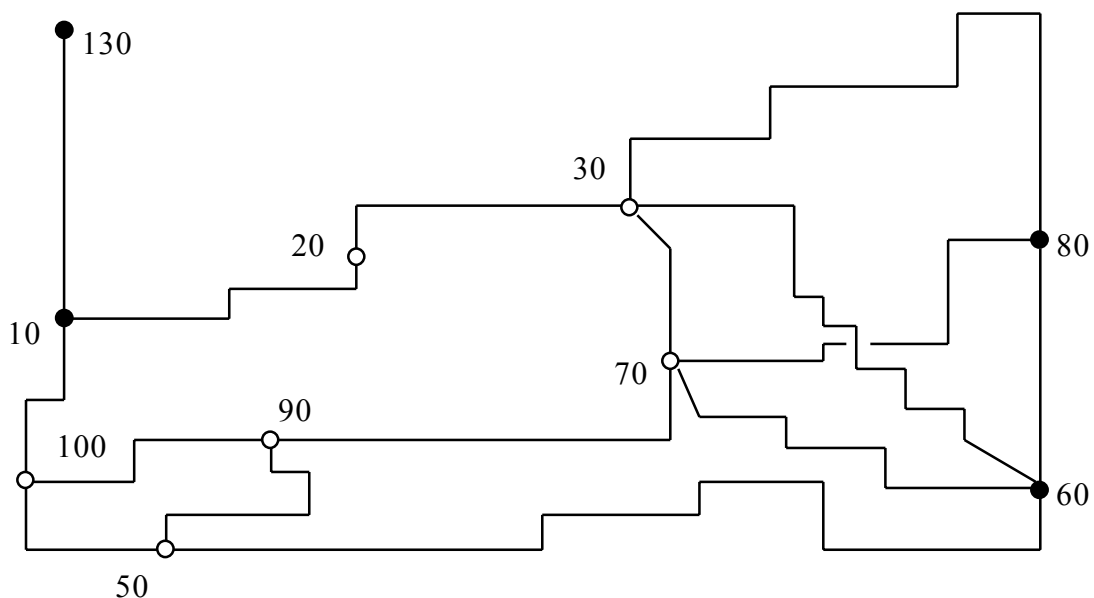


Abb.: Netzskizze des reduzierten Beispiel-Niv-Netzes

Die Daten hierzu sind in der Datei KONTROLL.KNO abgelegt:

```

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.
      PNA          PNE          HAE          SAE      SNIV  KB
      10          20          0.91238        0.55    2.0  1
      10          100         -0.85513        0.65    2.0  1
      10          130         0.67943        0.81    1.7  1
      20          30          -0.00852        3.21    1.4  1
      30          60          -2.12348        5.30    2.0  1
      30          70          -1.51481        3.00    2.0  1
      30          80          -0.42980        8.00    2.0  1
      50          60          -1.63161        9.20    1.9  1
      50          90          -1.47336        3.20    2.0  1
      50          100         -1.25556        4.20    1.4  1
      60          70          0.61146         4.00    2.0  1
      60          80          1.69637         3.10    2.0  1
      70          80          1.09341         2.90    2.0  1
      70          90          -0.45856         2.90    1.2  1
      90          100         0.21778         2.60    2.0  1
00000000000000 00000000000000
      10  101.66000  1
      60  100.43500  1
      80  102.13500  1
      130 102.34100  1
00000000000000

```

Abb.: Datei KONTROLL.KNO

Die schleifenweise Netzkontrolle und die robuste Ausreißersuche werden in dem reduzierten Netz (Datei KONTROLL.KNO) durchgeführt (vgl. 4.3 Anwendungsbeispiel, Seite 53 und 5.6 Anwendungsbeispiel, Seite 70).

## 4 NIVLOP – Schleifenweise Netzkontrolle

### 4.1 Aufgabe im System

Mit dem Modul NIVLOP (von engl. **loop**, Schleife) werden aus den Strecken bzw. Linien eines Nivellementnetzes *Nivellementschleifen* gebildet und anhand der einfachen Bedingung

$$\textit{Schleifenwiderspruch} = 0$$

kontrolliert. Es wird jede Nivellementschleife daraufhin geprüft, ob sie eine geforderte Genauigkeit einhält.

Zu erwarten ist, daß die Summe der beobachteten Höhenunterschiede einer *Nivellementschleife* (abgesehen vom theoretischen *Schleifenschlußfehler*) sich zu Null ergibt. Eine Abweichung vom Wert Null - der *Schleifenschlußfehler* oder *Schleifenwiderspruch* - ist als Beobachtungsungenauigkeit bzw. als Beobachtungs-, Registrier-, Erfassungs- oder Rechenfehler anzusehen.

#### Verfahren der Schleifenbildung

Der in NIVLOP angewendete Algorithmus beruht auf der Grundlage der Graphentheorie; er sucht vom Endpunkt einer *Nivellementstrecke* aus den kürzesten Weg zu ihrem Anfangspunkt, ohne diese Nivellementstrecke selbst zu benutzen.

Dieser Algorithmus bildet ausgehend von den Basisdaten Anfangspunktnummer, Endpunktnummer, Höhenunterschied und Streckenlänge automatisiert *Nivellementschleifen* mit minimalem Umfang. Es werden keine Zusatzinformationen wie Punktnummernfolgen oder die Lagekoordinaten der *Nivellementpunkte* benötigt (FRÖHLICH [4]). So sind keine Zusatzarbeiten erforderlich.

NIVLOP bildet die *Nivellementschleifen* so wie man sie bei einer manuellen graphischen Bearbeitung erhalten würde. Dennoch ist es vorstellbar, daß Abweichungen von der Idealgestalt auftreten können, wenn

das Netz nicht planar ist; d.h. das Netz liegt in mehreren Etagen übereinander; Unter- und Überführungen besorgen Verwirrung.

Beim Datensatz wird vorausgesetzt, daß jede *Niv-Strecke* bzw. *Niv-Linie* nur einmal vorhanden ist. Sollte dies nicht der Fall sein, so wird nur eine dieser mehrfachen Beobachtungen verwendet. Alle übrigen werden ignoriert und sind somit nicht kontrollierbar. Daher empfiehlt es sich, vor der Schleifenbildung das Netz mit NIVVOR zu reduzieren und zu kontrollieren, und anschließend das reduzierte Netz in NIVLOP zu verwenden.

### Zulässige Abweichungen

Für Nivellements der Landesvermessung nennt z.B. der NivP-Erlaß LANDESVERMESSUNGSAMT NORDRHEIN-WESTFALEN [9] folgende zulässige Abweichungen:

1. Ordnung:  $ZU = 0,0 \text{ mm} + 2,0 \text{ mm} * \sqrt{U}$
2. Ordnung:  $ZU = 0,0 \text{ mm} + 3,0 \text{ mm} * \sqrt{U}$
3. Ordnung:  $ZU = 0,0 \text{ mm} + 5,0 \text{ mm} * \sqrt{U}$

ZU = der größte zulässige Schleifenwiderspruch in [mm]

U = Schleifenumfang in [km]

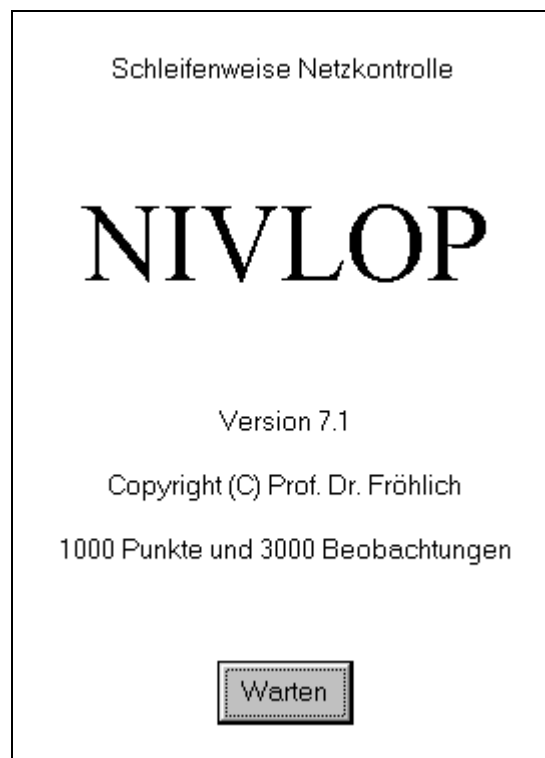
Nivellements für Ingenieurvermessungsprojekte oder topographische Geländeaufnahmen verlangen andere (ggf. vom Auftraggeber definierte) Parameter.

### Hinweis:

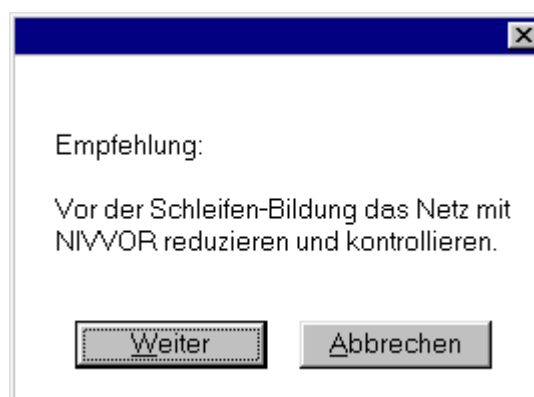
**Wenn eine sehr große Schleife von vielen kürzeren Schleifen umrahmt ist, kann es vorkommen, daß die große Schleife algorithmisch bedingt nicht ausgewiesen wird.**

## 4.2 Programmablauf

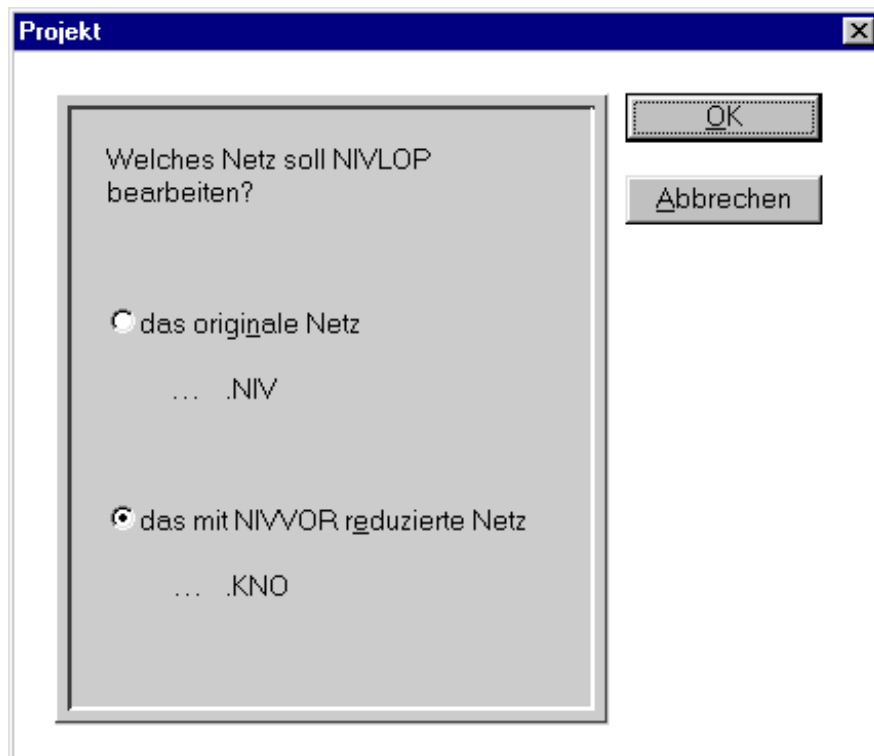
Nach dem Starten des Programms erscheint für kurze Zeit die Titelmuske:



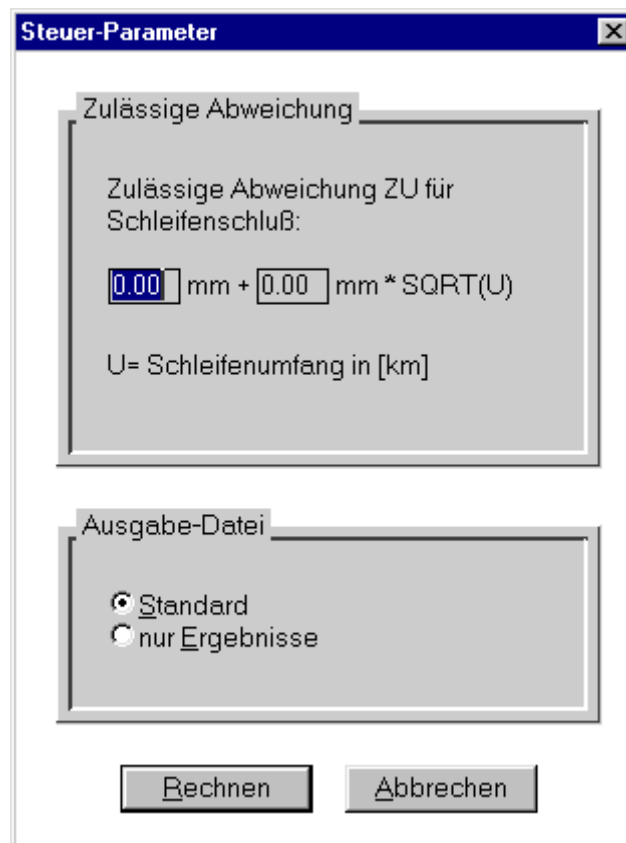
Anschließend wird eine Empfehlung angezeigt (vgl. 4.1 Aufgabe im System, Seite 47):



Liegen sowohl eine Original-Eingabedatei Projekt.NIV als auch eine mit NIVVOR reduzierte Eingabedatei Projekt.KNO vor, dann erscheint:



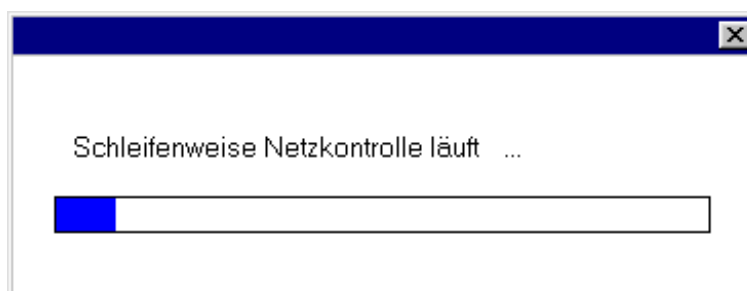
Im nächsten Fenster können die Steuer-Parameter für den Programmablauf vorgegeben werden:



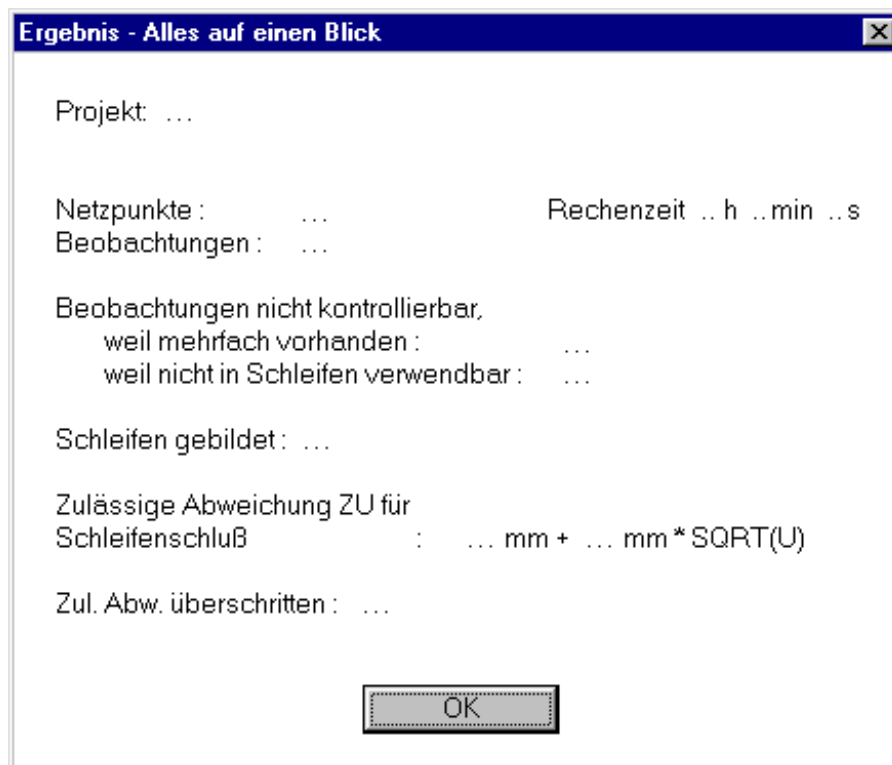
Hinweis:

Die Abkürzung “SQRT” in der Formel für die zulässige Abweichung ZU bedeutet “Wurzel aus” (square root).

Nach der Auswahl der Steuerparameter läuft das Programm automatisch ab:



Zuletzt wird ein Gesamtüberblick über die Berechnung gegeben:





### 4.3 Anwendungsbeispiel

Das reduzierte Beispiel-Niv-Netz (vgl. 3.5 Anwendungsbeispiel, ab Seite 45) soll mit NIVLOP schleifenweise kontrolliert werden. Zur Veranschaulichung der Netzkontrolle wird vorher jedoch bewußt ein Fehler in das reduzierte Netz eingebaut:

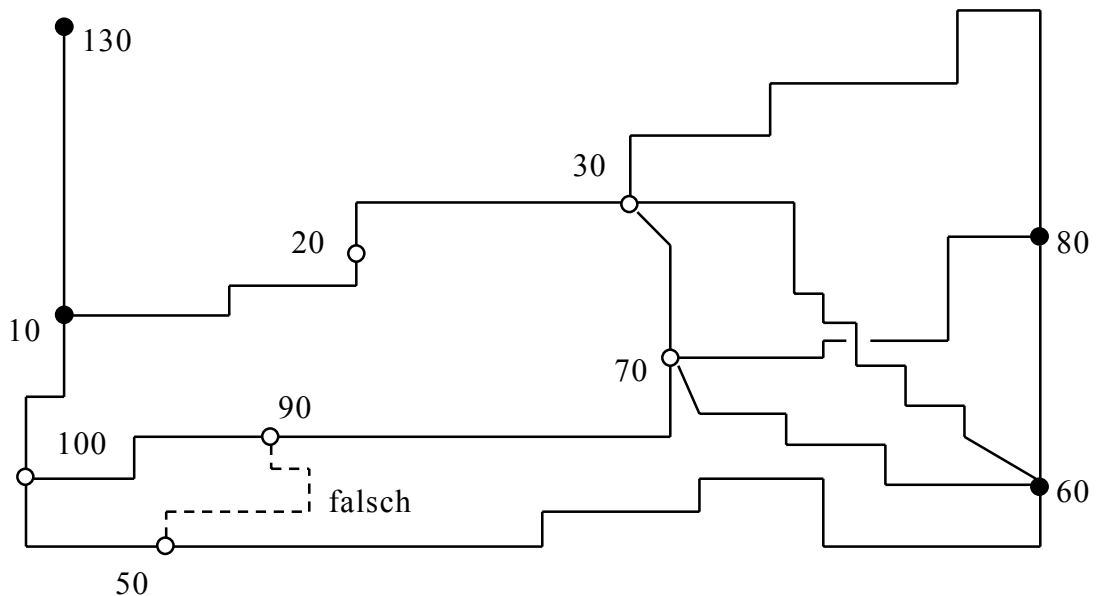


Abb.: Netzskizze des reduzierten (und verfälschten) Beispiel-Niv-Netzes

Die Datei KONTROLL.KNO wird folgendermaßen verändert:

Die Beobachtung 50-90 (gekennzeichnet durch "!"), ursprünglich -1.47336, wird um -5 cm verfälscht.

```

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.
      PNA          PNE          HAE          SAE    SNIV KB
      10           20          0.91238        0.55    2.0 1
      10           100        -0.85513        0.65    2.0 1
      10           130         0.67943         0.81    1.7 1
      20           30         -0.00852         3.21    1.4 1
      30           60         -2.12348         5.30    2.0 1
      30           70         -1.51481         3.00    2.0 1
      30           80         -0.42980         8.00    2.0 1
      50           60         -1.63161         9.20    1.9 1
      50           90         -1.52336         3.20    2.0 1
      50           100        -1.25556         4.20    1.4 1
      60           70          0.61146         4.00    2.0 1
      60           80          1.69637         3.10    2.0 1
      70           80          1.09341         2.90    2.0 1
      70           90         -0.45856         2.90    1.2 1
      90           100         0.21778         2.60    2.0 1
0000000000000000 0000000000000000
      10    101.66000 1
      60    100.43500 1
      80    102.13500 1
      130   102.34100 1
0000000000000000

```

Abb.: Modifizierte Datei KONTROLL.KNO

Während des Programmablaufs werden die Steuerparameter gewählt:

- Zulässige Abweichung ZU für Schleifenschluß:  

$$ZU = 0,0 \text{ mm} + 3,0 \text{ mm} * \sqrt{S}$$
- Standard-Ausgabedatei

Das Ergebnis der schleifenweisen Netzkontrolle zeigt die Datei KONTROLL.AUL:

NIVLOP

Seite: 1

## Schleifenweise Netzkontrolle

```

@@   @   @@   @   @   @@   @@@@@@   @@@@@@
@@@@   @   @   @   @   @@   @   @   @@   @
@   @   @   @@   @   @   @@   @   @   @@@@@@
@   @@@   @@   @   @   @@   @   @   @@
@   @@   @@   @@   @@@@   @@@@@@   @@@@@@   @@

```

Version 7.1

Projekt: kontroll.KNO

-----

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.

Gewahlter Steuerparameter:

-----

Zulaessige Abweichung ZU fuer

Schleifenschluss : 0.0 mm + 3.0 mm \* SQRT(U)

U= Schleifenumfang in [km]

NIVLOP

Seite: 2

Eingabe: Beobachtungen

KB=1: Beobachtung wird verwendet

KB=0: Beobachtung wird verworfen (&lt;)

LFD	Anfangsnummer	Endnummer	Beob. [m]	S [km]	sniv [mm]	KB
1	10	20	0.91238	0.55	2.0	1
2	10	100	-0.85513	0.65	2.0	1
3	10	130	0.67943	0.81	1.7	1
4	20	30	-0.00852	3.21	1.4	1
5	30	60	-2.12348	5.30	2.0	1
6	30	70	-1.51481	3.00	2.0	1
7	30	80	-0.42980	8.00	2.0	1
8	50	60	-1.63161	9.20	1.9	1
9	50	90	-1.52336	3.20	2.0	1
10	50	100	-1.25556	4.20	1.4	1
11	60	70	0.61146	4.00	2.0	1
12	60	80	1.69637	3.10	2.0	1
13	70	80	1.09341	2.90	2.0	1
14	70	90	-0.45856	2.90	1.2	1
15	90	100	0.21778	2.60	2.0	1

Gesamtdatei Beobachtungen

```

-----
Beobachtungen eingelesen      :   15
Beobachtungen verworfen (<)   :    0
Beobachtungen verwendet       :   15

```

Verwendete Beobachtungen verbinden Netzpunkte: 10

NIVLOP					Seite: 3
Ergebnis: Nivellement-Schleifen					
Anfangsnummer	Endnummer	Beob.	S	Abw.	
		[m]	[km]	zul. Abw. ZU	
				[mm]	
10	20	0.91238	0.55		
20	30	-0.00852	3.20		
30	70	-1.51481	3.00		
70	90	-0.45856	2.89		
90	100	0.21778	2.60		
100	10	0.85513	0.65		
<b>1.Schleife</b>	<b>Summe:</b>	<b>0.00340</b>	<b>12.89</b>		<b>3.40</b>
					<b>10.77</b>
30	70	-1.51481	3.00		
70	60	-0.61146	4.00		
60	30	2.12348	5.29		
<b>2.Schleife</b>	<b>Summe:</b>	<b>-0.00279</b>	<b>12.29</b>		<b>2.79</b>
					<b>10.52</b>
30	80	-0.42980	8.00		
80	70	-1.09341	2.89		
70	30	1.51481	3.00		
<b>3.Schleife</b>	<b>Summe:</b>	<b>-0.00840</b>	<b>13.89</b>		<b>8.40</b>
					<b>11.18</b>
50	90	-1.52336	3.20		
90	100	0.21778	2.60		
100	50	1.25556	4.20		
<b>4.Schleife</b>	<b>Summe:</b>	<b>-0.05002</b>	<b>10.00</b>		<b>50.02 ***</b>
					<b>9.49</b>
50	60	-1.63161	9.19		
60	70	0.61146	4.00		
70	90	-0.45856	2.89		
90	50	1.52336	3.20		
<b>5.Schleife</b>	<b>Summe:</b>	<b>0.04465</b>	<b>19.28</b>		<b>44.65 ***</b>
					<b>13.17</b>
60	80	1.69637	3.10		
80	70	-1.09341	2.89		
70	60	-0.61146	4.00		
<b>6.Schleife</b>	<b>Summe:</b>	<b>-0.00850</b>	<b>9.99</b>		<b>8.50</b>
					<b>9.48</b>

NIVLOP	Seite: 4
Ergebnis: Alles auf einen Blick	
Projekt: kontroll.KNO	
Netzkpunkte	: 10
Beobachtungen	: 15
Beobachtungen nicht kontrollierbar,	
weil mehrfach vorhanden	: 0
weil nicht in Schleifen verwendbar	: 1
Schleifen gebildet : 6	
Zulaessige Abweichung ZU fuer	
Schleifenschluss	: 0.0 mm + 3.0 mm * SQRT(U)
Zul. Abw. ueberschritten: 2	

Das Modul NIVLOP bildet automatisch die hier dargestellten Schleifen:

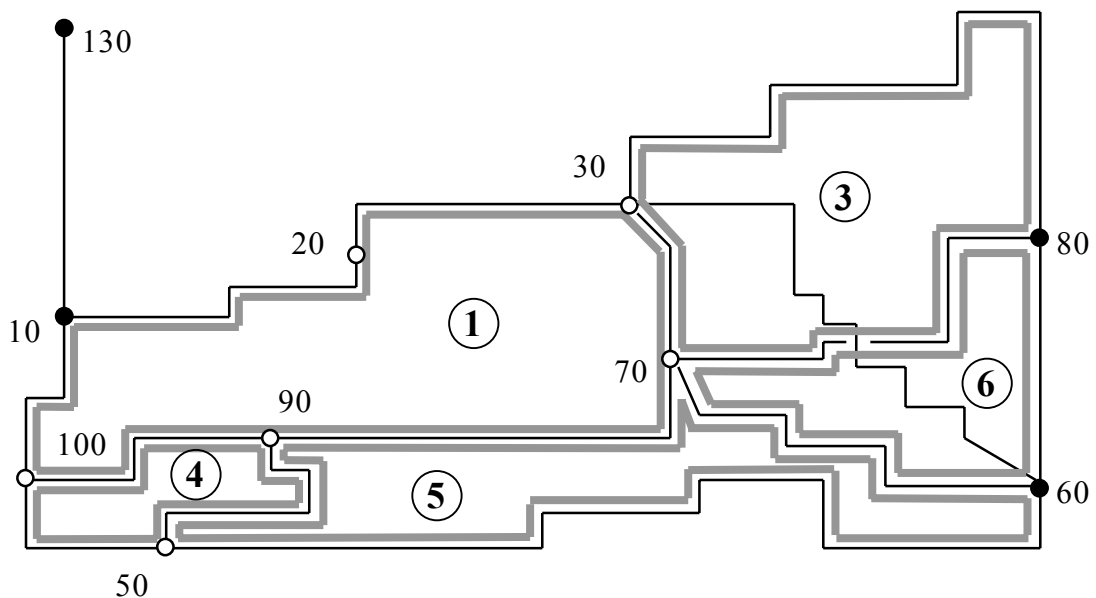


Abb.: Schleifenbildung von NIVLOP, Teil 1

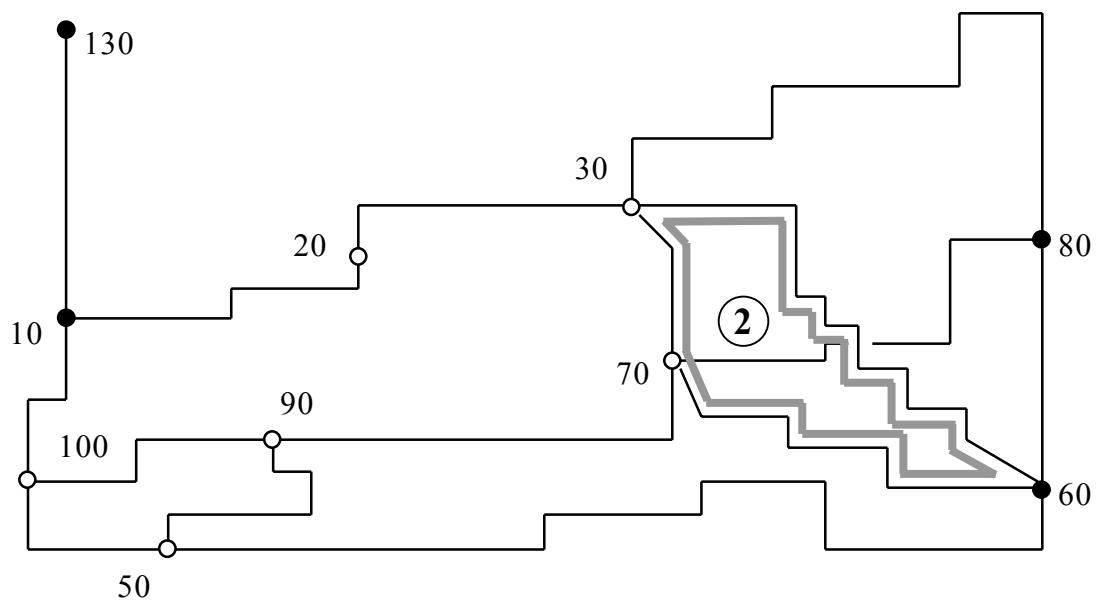


Abb.: Schleifenbildung von NIVLOP, Teil 2

Die Schleifenschlußfehler der benachbarten Schleifen (4) und (5) überschreiten die zulässige Abweichung ZU und haben etwa die gleiche Größe. Daher ist zu vermuten, daß die Linie 50-90, die zu beiden Schleifen gehört, fehlerbehaftet ist.

#### Anmerkung:

Durch die Netzreduktion auf Anschluß- und Knotenpunkte und die anschließende Mittelbildung mehrfacher Niv-Linien in NIVVOR ist die Schleife 20-25-30-27-20 zu einer einzigen Nivellementlinie zusammengefaßt worden (vgl. 3.5 Anwendungsbeispiel, Seite 32). Wird in NIVLOP der Nachweis aller Schleifen des Netzes verlangt, dann sollte zuvor NIVVOR verwendet werden mit dem Steuerparameter „Mittelbildung mehrfacher Niv-Strecken“, d.h. ohne weitere Netzreduktion.

## 5 NIV\_L1 – Robuste Ausreißersuche – L1-Norm

### 5.1 Aufgabe im System

Das Modul NIV\_L1 kann zur Suche von Ausreißern in einem Nivellementnetz eingesetzt werden. NIV\_L1 führt eine – je nach Wahl – „freie“ oder gezwängte robuste Netzausgleichung nach der L1-Norm-Methode durch. Anschließend werden statistische Ausreißertests – vergleichbar mit dem *Data-snooping* bei der L2-Norm-Methode – vorgenommen.

Durch robuste Ausreißersuche mit NIV\_L1 können fehlerhafte *Nivellementlinien* aufgedeckt werden. Eine Fehlerlokalisierung innerhalb einer *Nivellementlinie* ist jedoch nur anhand von mehrfach beobachteten *Nivellementstrecken* möglich; anhand von Einzelbeobachtungen läßt sich ein Fehler nicht lokalisieren, obwohl auch in diesem Fall NIV\_L1 eine *Nivellementstrecke* (fälschlich) als *Ausreißer* deklariert.

Daher empfiehlt es sich, vor der Verwendung des Moduls NIV\_L1 das Nivellementnetz mit NIVVOR zu kontrollieren und zu reduzieren, und anschließend das reduzierte Netz in NIV\_L1 zu verwenden. So wird auch die Rechenzeit von NIV\_L1 abgekürzt, die bei sehr großen Netzen sonst einige Minuten dauern kann.

### 5.2 L1-Norm-Methode

Die L1-Norm-Methode verwendet im Gegensatz zur L2-Norm-Methode ( $\sum PVV = \min$ , vgl. Abschn. 6, Seite 77) die Zielfunktion

$$\sum_{i=1}^n \left| (\sqrt{P_i}) \cdot v_i \right| = \min,$$

d.h. die Absolutsumme der mit dem Gewicht  $\sqrt{P_i}$  homogenisierten Verbesserungen wird minimiert (KAMPMANN [7]).

Dieses Verfahren ist im Gegensatz zur L2-Norm-Methode (Verschmierungseffekte) in hohem Maße robust. Das bedeutet, *Ausreißer* können nur schwer Einfluß auf die Ausgleichungsergebnisse nehmen. So lassen sich



im Unterschied zur L2-Norm-Methode mit Data-snooping auch mehrere Ausreißer gleichzeitig lokalisieren.

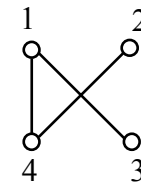
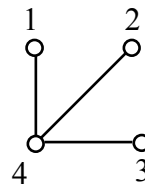
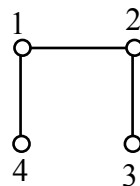
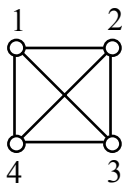
Die Lösung wird mit den Mitteln der linearen Programmierung dadurch herbeigeführt, daß aus allen Beobachtungen dasjenige konsistente (widerspruchsfreie) System gesucht wird, das die oben genannte Zielfunktion erfüllt. Mit dem so gefundenen konsistenten System lassen sich die unbekanntenen *NivP*-Höhen eines Projekts eindeutig (nicht überbestimmt) ermitteln.

### Beispiel

beobachtetes

Nivellementnetz:

einige mögliche konsistente Systeme:



Auf diese Weise ergeben sich immer mindestens soviele Verbesserungen zu Null wie unbekanntene *NivP*-Höhen vorhanden sind. Die übrigen Verbesserungen, die nicht Null sind, werden durch einen statistischen Test auf Ausreißer kontrolliert.

### Alternativlösungen

Bei der L1-Norm-Methode kann es vorkommen, daß es für eine Schätzung mehrere Lösungen gibt, die alle zu dem gleichen optimalen Wert (Minimum) der oben genannten Zielfunktion führen.

Falls Alternativlösungen möglich sind, weist NIV\_L1 im Ergebnisüberblick darauf hin, berechnet aber nur eine der Lösungen. Daher sollten dann beim Vorliegen vermutlicher Ausreißer die Ergebnisse der L2-Norm-Ausreißersuche mit NIVNET hinzugezogen werden.

### 5.3 Gewichtung der Beobachtungen

#### Standardabweichung einer Beobachtung

Die Standardabweichung eines beobachteten Höhenunterschieds HAE ergibt sich nach der Formel:

$$s_i = \text{sniv}_i \cdot \sqrt{S_i [\text{km}]}$$

mit:  $s_i$  = Standardabweichung für eine Beobachtung HAE in [mm]  
 $\text{sniv}_i$  = Standardabweichung für 1 km Nivellement in [mm]  
 $S_i$  = einfacher Nivellementweg in [km]

Die Länge des Nivellementweges  $S_i$  und die Genauigkeit des Nivellements  $\text{sniv}_i$  sind für jede Beobachtung in der Datei Projekt.NIV (bzw. Projekt.KNO) abgelegt (vgl. 2.3 Die Datei Projekt.NIV, Seite 8). Um qualitativ unterschiedlichen Instrumentenausrüstungen und Beobachtungstrupps Rechnung zu tragen, kann jeder Beobachtung eine andere Standardabweichung für 1 km Nivellement  $\text{sniv}_i$  zugewiesen werden. Liegen für  $\text{sniv}_i$  keine Erfahrungswerte vor, kann auf die Angaben des Instrumentenherstellers zurückgegriffen werden.

**Achtung: Die richtige Vorgabe von  $\text{sniv}_i$  (die richtige Einschätzung der Qualität der Beobachtungen) ist ausschlaggebend für die Ausreißersuche durch statistische Tests.**

#### Individuelle Gewichte

Ausgehend von der allgemeinen Gewichtsformel

$$P_i = \frac{s_0^2}{s_i^2}$$

mit:  $P_i$  = individuelles Gewicht einer Beobachtung HAE  
 $s_0$  = Standardabweichung der Gewichtseinheit a priori  
 $s_i$  = Standardabweichung für eine Beobachtung HAE in [mm]

- wobei die Standardabweichung der Gewichtseinheit a priori in NIV\_L1 mit

$$s_0 = 1$$

angesetzt wird – und durch Einsetzen für  $s_i$  ergibt sich das individuelle Gewicht einer Beobachtung zu:

$$P_i = \frac{s_0^2}{\text{sniv}_i^2 \cdot S_i[\text{km}]}$$

mit:  $P_i$  = individuelles Gewicht einer Beobachtung HAE  
 $s_0$  = Standardabweichung der Gewichtseinheit a priori = 1  
 $\text{sniv}_i$  = Standardabweichung für 1 km Nivellement in [mm]  
 $S_i$  = einfacher Nivellementweg in [km]

### Gleiche Gewichte

NIV\_L1 läßt die Gewichtungsoption „gleiche Gewichte“ ( $P = 1$ ) zu. Zur Erzeugung gleicher Gewichte werden alle individuellen Angaben zu  $S_i$  und  $\text{sniv}_i$  in der Datei Projekt.NIV (bzw. Projekt.KNO) ignoriert. Stattdessen wird in der Formel für die Beobachtungsgewichte

$$P = \frac{s_0^2}{\text{sniv}^2 \cdot S[\text{km}]}$$

gesetzt:

$$S = 1\text{km}$$

$$s_0 = \text{sniv}$$

Um weiterhin eine sinnvolle Ausreißersuche durchführen zu können, ist während des Programmablaufs die Standardabweichung für einen beobachteten Höhenunterschied HAE (hier übereinstimmend mit der Standardabweichung für 1 km Nivellement ( $\text{sniv}$ )) anzugeben.

### Konditionierung des Gleichungssystems

Sollte trotz der programmtechnischen Vorkehrungen im Zuge einer Auswertung möglicherweise einmal ein nicht vorhersehbarer Programmabbruch auftreten, so liegt dessen Ursache vermutlich in der Gewichtung.

Durch

- ungünstige Werte von  $S_i$  und  $sniv_i$
- stark variierende Weglängen  $S_i$  (Ingenieurnetz gemischt mit Landesnetz)
- stark variierende  $sniv_i$

könnte eine schlechte Konditionierung des Gleichungssystems entstanden sein, was ggf. zur Nicht-Lösbarkeit des Verfahrens führt.

Abhilfe:

Versuchen Sie, z.B. keine heterogenen Netze in einem Verfahren auszuwerten (z.B. Ingenieurnetz gemischt mit Landesnetz).

## 5.4 Ausreißertests

Alle Verbesserungen, die zum konsistenten System gehören (vgl. 5.2 L1-Norm-Methode, Seite 60), sind Null. Sie können nicht zur Ausreißersuche verwendet werden. Auf die übrigen Nicht-Null-Verbesserungen werden Ausreißertests entsprechend dem *Data-snooping* bei der L2-Norm-Methode angewendet.

Zur Ermittlung von Ausreißern schlägt KAMPMANN [7] folgende Testgröße vor:

$$TG_i = \frac{\delta_i}{\sigma_{\delta_i}}$$

mit:  $TG_i$  = Testgröße

$\delta_i$  = Verbesserung ungleich Null

$\sigma_{\delta_i}$  = Standardabweichung einer Verbesserung  $\delta_i$

Überschreitet der Betrag der Testgröße eine Schranke (*Schwellenwert*),

$$|TG_i| > \text{Schwellenwert}$$

dann ist die dazugehörige Beobachtung als Ausreißer anzusehen.

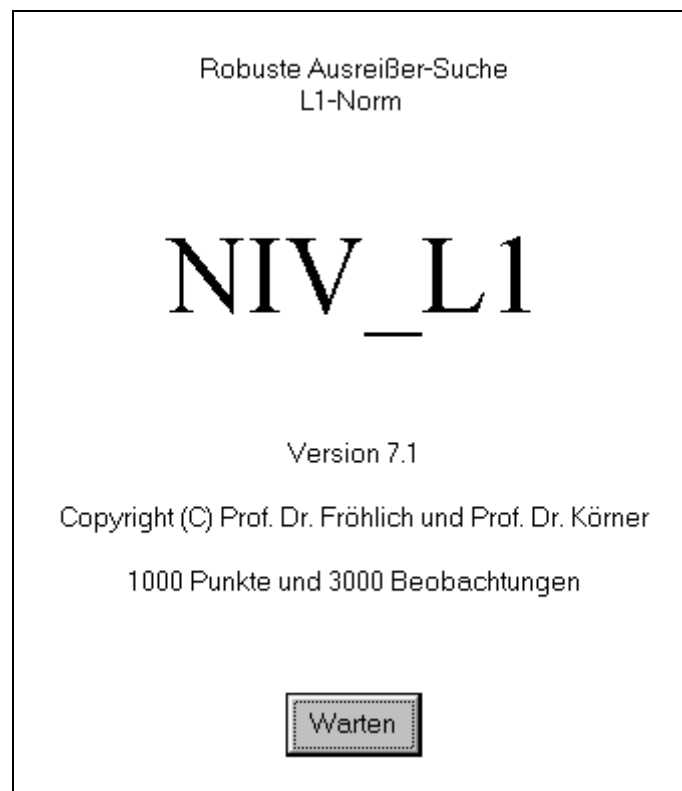
Die Größe des Schwellenwerts und damit die Strenge des Tests hängt ab vom vorgegebenen *Signifikanzniveau* (der Sicherheitswahrscheinlichkeit):

Signifikanzniveau	Schwellenwert
68 %	1.00
95 %	1.96
99 %	2.58
99.9 %	3.29

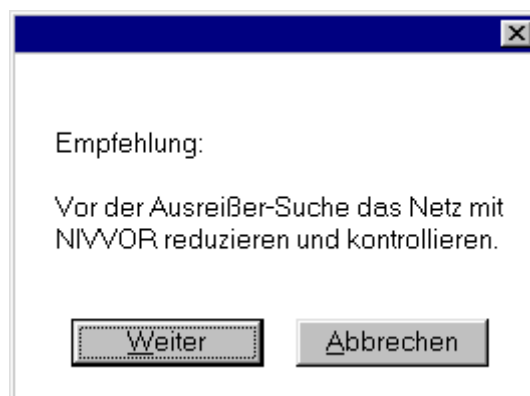
Je höher das *Signifikanzniveau* angesetzt wird, um so sicherer werden nur die tatsächlich **grob** fehlerhaften Beobachtungen aufgedeckt.

## 5.5 Programmablauf

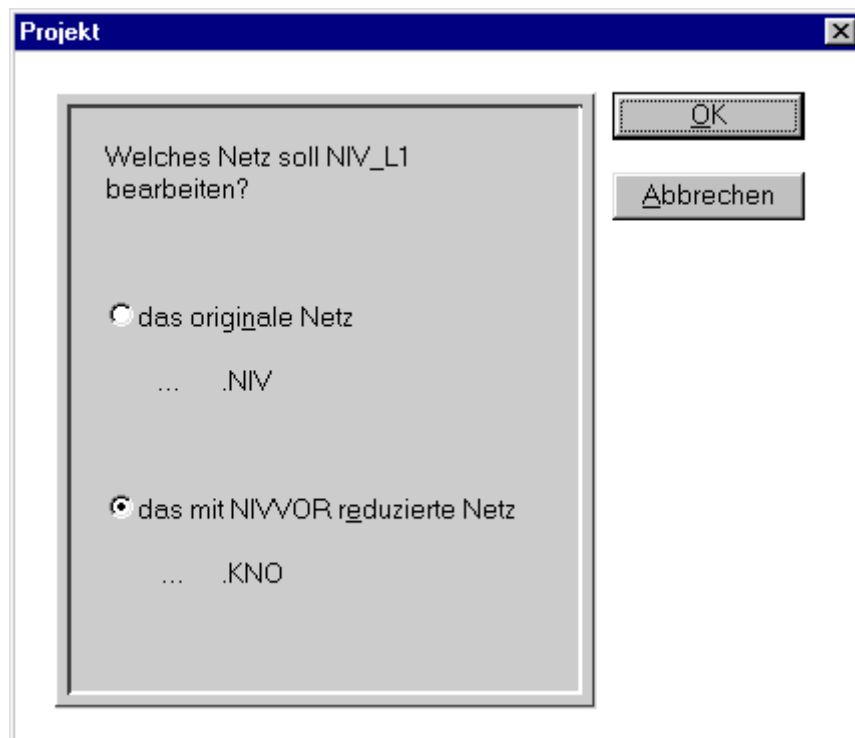
Nach dem Starten des Programms erscheint für kurze Zeit die Titelmáske:



Anschließend wird eine Empfehlung angezeigt (vgl. 5.1 Aufgabe im System, Seite 60):



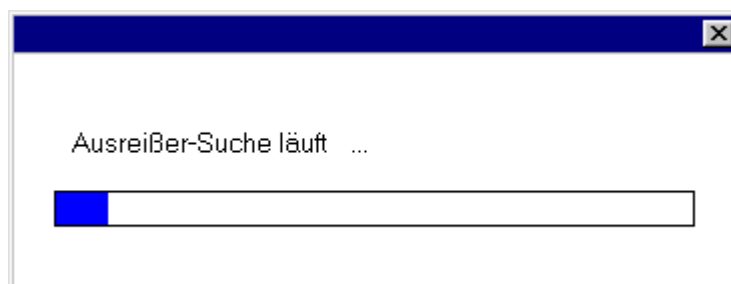
Liegen sowohl eine Original-Eingabedatei Projekt.NIV als auch eine mit NIVVOR reduzierte Eingabedatei Projekt.KNO vor, dann erscheint:



Im nächsten Fenster können die Steuer-Parameter für den Programmablauf vorgegeben werden:



Nach der Auswahl der Steuerparameter läuft das Programm automatisch ab:





Zuletzt wird ein Gesamtüberblick über die Berechnung gegeben:

The screenshot shows a window titled "Ergebnis - Alles auf einen Blick" with a close button (X) in the top right corner. The window contains the following information:

- Projekt: ...
- Beobachtungen N= ...
- Unbekannte U= ...
- Redundanz R= ...
- Art der Ausgleichung: ...
- Art der Gewichtung: ...
- Rechenzeit .. h .. min .. s
- Keine Alternativlösung(en). [SQRT(P)\*ABS(V)]= ...

	Max. Betrag	von PNR	nach PNR
Verbesserung	... mm	...	...
Testgröße	...	...	...

Ausreißertests: Vermutlich grobe Fehler: ...  
(... %)

OK

## 5.6 Anwendungsbeispiel

In dem reduzierten Beispiel-Niv-Netz (vgl. 3.5 Anwendungsbeispiel, ab Seite 45) sollen mit NIV\_L1 mögliche Ausreißer aufgesucht werden. Zur Veranschaulichung der Ausreißersuche werden vorher jedoch bewusst zwei Fehler in das reduzierte Netz eingebaut, wie sie z.B. durch fehlerhafte Punktidentifizierung von Linienanfangspunkt oder -endpunkt in der Örtlichkeit entstanden sein könnten:

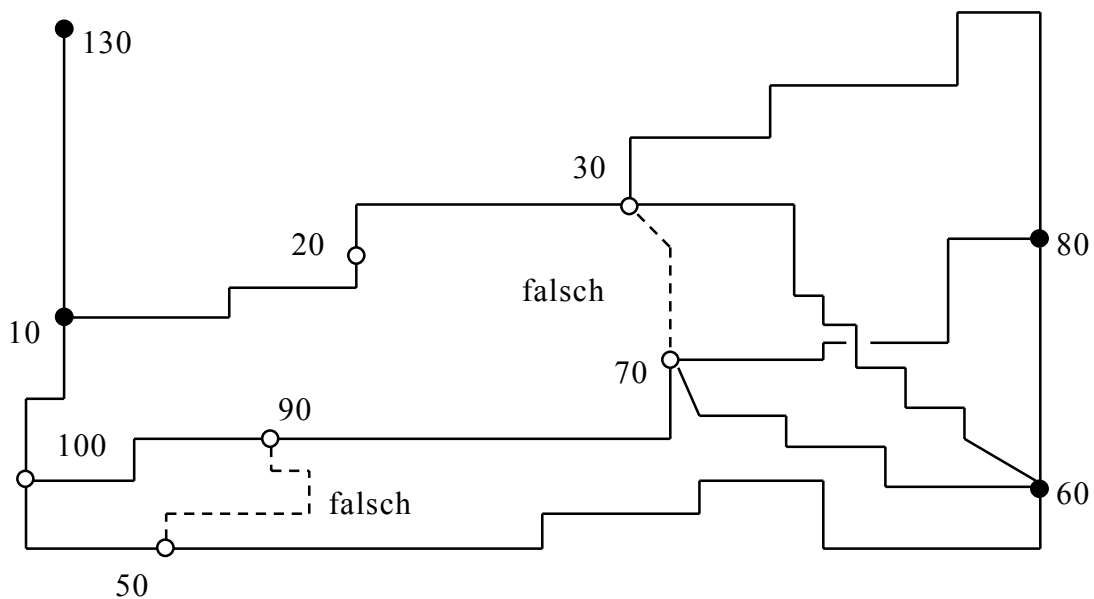


Abb.: Netzskizze des reduzierten (und verfälschten) Beispiel-Niv-Netzes

Die Datei KONTROLL.KNO wird folgendermaßen verändert:

- Die Beobachtung 30-70 (gekennzeichnet durch "!!"), ursprünglich -1.51481, wird um -6 cm verfälscht.
- Die Beobachtung 50-90 (gekennzeichnet durch "!!!"), ursprünglich -1.47336, wird um -5 cm verfälscht.

```

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.
      PNA          PNE          HAE          SAE    SNIV  KB
      10           20          0.91238        0.55    2.0  1
      10           100        -0.85513        0.65    2.0  1
      10           130         0.67943         0.81    1.7  1
      20           30         -0.00852         3.21    1.4  1
      30           60         -2.12348         5.30    2.0  1
      30           70         -1.57481         3.00    2.0  1    !
      30           80         -0.42980         8.00    2.0  1
      50           60         -1.63161         9.20    1.9  1
      50           90         -1.52336         3.20    2.0  1    !!
      50           100        -1.25556         4.20    1.4  1
      60           70          0.61146         4.00    2.0  1
      60           80          1.69637         3.10    2.0  1
      70           80          1.09341         2.90    2.0  1
      70           90         -0.45856         2.90    1.2  1
      90           100         0.21778         2.60    2.0  1
0000000000000000 0000000000000000
      10    101.66000  1
      60    100.43500  1
      80    102.13500  1
      130   102.34100  1
0000000000000000

```

Abb.: Modifizierte Datei KONTROLL.KNO

Dieses verfälschte Netz wird zum Vergleich zuerst einmal nach der L2-Norm-Methode und mit individuellen Gewichten frei ausgeglichen. Bedingt durch die Verschmierungseffekte werden bei einem Signifikanzniveau von 95,0% 13 von 15 Beobachtungen zu vermutlichen Ausreißern erklärt. Die robuste Ausreißersuche mit NIV\_L1 ergibt – wie nachfolgend ersichtlich – ein klareres Bild:

Während des Programmablaufs werden die Steuerparameter gewählt:

- „freie“ Ausgleichung
- individuelle Gewichte
- Signifikanzniveau 95,0 %
- Standard-Ausgabedatei

Das Ergebnis der robusten Ausreißersuche zeigt die Datei KONTROLL.AU1:

```

NIV_L1Seite: 1

                Robuste Ausreisser-Suche
                L1-Norm

    @@   @   @@   @   @           @@           @@
    @@@  @           @   @           @@           @@@@
    @ @  @   @@   @   @           @@           @@  @@
    @   @@@  @@   @   @           @@           @@
    @   @@  @@           @@   @@@@  @@@@  @@

                Version 7.1
                -----

Projekt: kontroll.KNO
-----

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.

Gewaehlte Steuerparameter:
-----

Art der Ausgleichung           : "frei"

Art der Gewichtung             : individuelle Gewichte
                               Pi= so**2/(S*sniv**2)
                               mit so (a priori)= 1

Signifikanzniveau fuer Ausreisser-
tests                          : 95.0 %

```

NIV\_L1

Seite: 2

Eingabe: Beobachtungen

KB=1: Beobachtung wird verwendet

KB=0: Beobachtung wird verworfen (&lt;)

LFD	Anfangsnummer	Endnummer	Beob. [m]	S [km]	sniv [mm]	KB
1	10	20	0.91238	0.55	2.0	1
2	10	100	-0.85513	0.65	2.0	1
3	10	130	0.67943	0.81	1.7	1
4	20	30	-0.00852	3.21	1.4	1
5	30	60	-2.12348	5.30	2.0	1
6	30	70	-1.57481	3.00	2.0	1
7	30	80	-0.42980	8.00	2.0	1
8	50	60	-1.63161	9.20	1.9	1
9	50	90	-1.52336	3.20	2.0	1
10	50	100	-1.25556	4.20	1.4	1
11	60	70	0.61146	4.00	2.0	1
12	60	80	1.69637	3.10	2.0	1
13	70	80	1.09341	2.90	2.0	1
14	70	90	-0.45856	2.90	1.2	1
15	90	100	0.21778	2.60	2.0	1

Gesamtdatei Beobachtungen

```

-----
Beobachtungen eingelesen      :   15
Beobachtungen verworfen (<)   :    0
Beobachtungen verwendet       :   15

```

Verwendete Beobachtungen verbinden Netzpunkte: 10

NIV_L1					Seite: 3
Ergebnis: Robuste Ausreissertests					
Schwellenwert fuer Testgrosse TG : 1.96					
Anfangsnummer	Endnummer	Beob. [m]	V [mm]	TG	
10	20	0.91238	0.00		
10	100	-0.85513	0.00		
10	130	0.67943	0.00		
20	30	-0.00852	0.00		
30	60	-2.12348	-2.69	0.33	
30	70	-1.57481	51.60	6.92	***
30	80	-0.42980	0.00		
50	60	-1.63161	0.00		
50	90	-1.52336	36.15	4.20	***
50	100	-1.25556	-8.87	0.90	
60	70	0.61146	-8.50	1.34	
60	80	1.69637	0.00		
70	80	1.09341	0.00		
70	90	-0.45856	0.00		
90	100	0.21778	5.00	0.60	

NIV\_L1 Seite: 4

Ergebnis: Ausgegliche Hohen

"frei" / individuelle Gewichte

LFD	Punktnummer	Hoehe Bekannt [m]	Hoehe Ausgegl. [m]
1	10	0.00000	
2	20		0.91238
3	30		0.90386
4	50		0.40930
5	60		-1.22231
6	70		-0.61935
7	80		0.47406
8	90		-1.07791
9	100		-0.85513
10	130		0.67943

NIV\_L1 Seite: 5

Ergebnis: Alles auf einen Blick

Projekt: kontroll.KNO Beobachtungen N= 15

Unbekannte U= 9

Redundanz R= 6

Art der Ausgleichung: "frei"

Art der Gewichtung: individuelle Gewichte

Keine Alternativloesung(en).  $[\text{SQRT}(P) * \text{ABS}(V)] = 0.32351046\text{E}+02$

	Max. Betrag	von PNR	nach PNR
Verbesserung	51.60 mm	30	70
Testgroesse	6.92	30	70

Ausreissertests: Vermutlich grobe Fehler: 2  
(95.0 %)

In der Beobachtung 30-70, die um  $-6\text{cm}$  verfälscht wurde, wird ein vermutlicher grober Fehler von  $-5,2\text{cm}$  erkennbar (Verbesserung mit umgekehrtem Vorzeichen).

In der Beobachtung 50-90, die um  $-5\text{cm}$  verfälscht wurde, wird ein vermutlicher grober Fehler von  $-3,6\text{cm}$  sichtbar.

Dieses Ergebnis ermöglicht einen gezielten Einstieg in die Suche nach der Fehlerursache.

Anmerkung:

Durch die Netzreduktion auf Anschluß- und Knotenpunkte und die anschließende Mittelbildung mehrfacher Niv-Linien in NIVVOR ist in der Linie 10-30 ein Zwischenpunkt (20) zurückgeblieben. Soll das Netz mit Sicherheit keine Zwischenpunkte in Niv-Linien mehr enthalten (vgl. 5.1 Aufgabe im System, Seite 60), dann sollte zuvor NIVVOR verwendet werden ohne die Option „Niv-Linien mitteln“.



## 6 NIVNET – Nivellementnetz -Planung, -Analyse, -Ausgleichung – L2-Norm

### 6.1 Aufgabe im System

Das Modul NIVNET kann zur Planung oder Auswertung eines *Nivellementnetzes* eingesetzt werden. Die Netzauswertung umfaßt verschiedene Untersuchungen und Tests (Netzanalyse) und die Berechnung der ausgeglichenen Höhen der *Nivellementpunkte* (Netzausgleichung).

NIVNET verwendet die L2-Norm-Methode, also die Methode der kleinsten Quadrate (MdkQ) in der Form der Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen. Dabei werden die Vorteile genutzt, die schwach besetzte Normalgleichungen im Hinblick auf Rechenzeit- und Speicherplatzersparnis bieten (*Sparse-Technik*), (vgl. auch GEORGE und LIU [6]).

Das Nivellementnetz kann eindeutig bestimmt oder überbestimmt sein sowie im Sonderfall auch aus einer ein- oder beidseitig angeschlossenen *Nivellementlinie* oder einer *Nivellementschleife* bestehen. Je nach Version kann maximal ein Netz von 200 (bzw. 1000) Netzpunkten und 1000 (bzw. 3000) Beobachtungen, d.h. nivellierten Höhenunterschieden, bearbeitet werden.

Das Netz wird automatisch daraufhin untersucht, ob ggf. die Höhen von Netzpunkten nicht bestimmbar sind (z.B. wegen fehlender Beobachtungen oder fehlerhafter Punktnummernvergabe). Ein solcher Netzdefekt (Konfigurationsdefekt) würde zu einem nicht lösbaeren Normalgleichungssystem führen (vgl. auch FRÖHLICH [5]). NIVNET lokalisiert solche Defekte und dokumentiert sie in der Ausgabedatei.

### 6.1.1 Netzplanung

Im Zuge einer Projektplanung kann mit NIVNET der häusliche Netz-entwurf oder das vor Ort erkundete Netz daraufhin untersucht werden,

- a) ob die gesuchten Höhen mit einer geforderten Genauigkeit bestimmbar sind,
- b) ob im beobachteten Netz mögliche *Ausreißer* zuverlässig aufgedeckt werden können  
und
- c) ob ggf. auf Beobachtungen verzichtet werden kann.

Diese Untersuchung ist auch ohne Beobachtungen möglich, wenn lediglich die Informationen Anfangspunktnummer, Endpunktnummer, Wege-länge (S) und Standardabweichung für 1km Nivellement (sniv) vorliegen.

Hieraus lassen sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz die Standardab-weichungen der gesuchten Höhen ( $sH_i$ ) berechnen. Weiterhin können die Angaben zur *Kontrolliertheit* ( $EV_i$ ) der Beobachtungen berechnet wer-den.

Während des Programmablaufs kann als „untere Schranke der Kontrol-liertheit“ ein Wert EV vorgegeben werden, bei dessen Unterschreitung eine Beobachtung als nicht ausreichend kontrolliert gilt. Eine nicht ausreichend kontrollierte Beobachtung wird in der Ausgabe mit „\*\*“ markiert.

Durch wiederholte Programmdurchläufe läßt sich iterativ feststellen, auf welche Beobachtungen verzichtet werden kann, und welche Beobach-tungen dazu beitragen können, die geforderten Bedingungen zu erfüllen.

### 6.1.2 Netzauswertung

Im Rahmen der Netzauswertung können eine Netzanalyse durchgeführt und die ausgeglichenen Höhen der *Nivellementpunkte* ermittelt werden.

Eine Netzanalyse kann unter anderem umfassen:

- die Ermittlung möglicher Konfigurationsdefekte (automatisch)
- den Vergleich der Standardabweichung der Gewichtseinheit a priori und a posteriori (Modelltest)
- die Suche nach möglichen Ausreißern mittels *Data-snooping*
- die Suche nach möglicherweise höhenveränderten Anschlußpunkten durch Auffelderung
- ggf. die Ermittlung der tatsächlich erreichten Beobachtungsgenauigkeit (Standardabweichung für 1 km Nivellement a posteriori ( $sniv_i'$ )) und Vergleich mit der a priori angesetzten Beobachtungsgenauigkeit ( $sniv_i$ )

#### Hinweis zur Ausreißersuche:

Mittels *Data-snooping* können fehlerhafte *Nivellementlinien* aufgedeckt werden. Eine Fehlerlokalisierung innerhalb einer *Nivellementlinie* ist jedoch nur anhand von mehrfach beobachteten *Nivellementstrecken* möglich; anhand von Einzelbeobachtungen läßt sich ein Fehler nicht lokalisieren. Stattdessen werden alle *Nivellementstrecken* der fehlerhaften Linie als Ausreißer gekennzeichnet.

Daher empfiehlt es sich, vor der Ausreißersuche das Nivellementnetz mit NIVVOR zu kontrollieren und zu reduzieren, und anschließend das reduzierte Netz zur Ausreißersuche zu verwenden.

## 6.2 Ausgleichungsarten

### Angeschlossene Ausgleichung (Zwang)

Ein *Nivellementnetz* kann an einen oder mehrere Festpunkte angeschlossen werden. Dadurch wird das Netz mit einem übergeordneten Netz verbunden bzw. darin eingepaßt. Durch den Anschluß an zwei oder mehr Festpunkte wird Zwang auf das auszugleichende *Nivellementnetz* ausgeübt (gezwängte Ausgleichung). Bei der Ausgleichung behalten die Anschlußpunkte ihre vorgegebenen Höhen bei, während für die Neupunkte die ausgeglichenen Höhen und deren Standardabweichungen berechnet werden.

### Freie Ausgleichung

Die freie Ausgleichung kommt ohne Anschlußpunkte und ohne bekannte Höhen aus. Stattdessen wird das ausgeglichene Netz höhenmäßig so gelagert, daß der aus allen ausgeglichenen Höhen berechnete Höhenschwerpunkt die Höhe "Null" erhält.

Bei der freien Ausgleichung werden alle Netzpunkte als Neupunkte behandelt FRÖHLICH [2], [3], KOCH [8]. Der dadurch entstehende Rangdefekt ( $d = 1$ ) der Normalgleichungsmatrix bewirkt ihre Singularität und somit die Unlösbarkeit der Normalgleichungen. Eine zusätzlich eingeführte Nebenbedingung sorgt für die Lösbarkeit des Systems. Dieses Verfahren der freien Ausgleichung bewirkt, daß:

- die Summe der Abweichungen der ausgeglichenen Höhen von der Höhe "Null" zu Null wird und ihre Quadratsumme zum Minimum;
- die Quadratsumme der Varianzen minimal wird (Gesamtspurminimierung);
- die Quadratsumme der gewichteten Verbesserungen minimal wird.

Da hier (ebenso wie bei der freien Ausgleichung mit Auffelderung) von außen kein Zwang auf das beobachtete Netz ausgeübt wird,

- eignen sich besonders diese Arten der Ausgleichung zur Ausreißer-suche mittels *Data-snooping*.

- liefern diese Arten der Ausgleichung einen unverzerrten Überblick über die Genauigkeit des beobachteten Netzes. Dies betrifft die Standardabweichung der Gewichtseinheit a posteriori ( $s_0$ ), den Modelltest, die Standardabweichungen der ausgeglichenen Höhen ( $sH_i$ ) und – falls berechnet - die geschätzte Standardabweichung für 1 km Nivellement a posteriori ( $sniv_i'$ ).

### Freie Ausgleichung mit Auffelderung

Bei dieser Art der Ausgleichung wird das Netz frei von Anschlußzwängen ausgeglichen und auf die bekannten Höhen ausgewählter Netzpunkte (Auffelderungspunkte) aufgefildert. Das bedeutet, das ausgeglichene Netz wird höhenmäßig so gelagert, daß die Höhe des Höhenschwerpunkts (berechnet aus den **ausgeglichenen** Höhen der Auffelderungspunkte) übereinstimmt mit der Höhe des Höhenschwerpunkts (berechnet aus den **bekanntem** Höhen der Auffelderungspunkte).

Dieses Verfahren der freien Ausgleichung mit Auffelderung bewirkt, daß:

- die Summe der Abweichungen zwischen ausgeglichenen und bekannten Höhen der Auffelderungspunkte (Restklaffungen) zu Null wird und ihre Quadratsumme zum Minimum wird;
- die Quadratsumme der Varianzen minimal wird;
- die Quadratsumme der gewichteten Verbesserungen minimal wird.

Die bekannten und die ausgeglichenen (aufgefilderten) Höhen werden einschließlich ihrer Abweichungen (DH) (Restklaffungen) gegenübergestellt und können so zur Interpretation von *NivP*-Hebungen und –Senkungen herangezogen werden (Deformationsanalyse). Durch Weglassen bzw. Hinzunehmen von Auffelderungspunkten läßt sich iterativ ein Überblick über höhenbeständige und nicht höhenbeständige *NivP* ohne Kenntnis irgendwelcher wahrer Festpunkte erzielen.

### 6.3 Gewichtung der Beobachtungen

Die Gewichtung der Beobachtungen in NIVNET stimmt überein mit der Gewichtung der Beobachtungen in NIV\_L1.

Vgl. daher 5.3 Gewichtung der Beobachtungen, Seite 62.

### 6.4 Geschätzte Standardabweichung der Gewichtseinheit

#### Anmerkung:

Zur Unterscheidung wird die geschätzte Standardabweichung der Gewichtseinheit (a posteriori) mit  $s_0$  bezeichnet - im Gegensatz zur gewählten Standardabweichung der Gewichtseinheit  $s_0$  (a priori).

Die Netzausgleichung liefert im überbestimmten Fall die Standardabweichung der Gewichtseinheit a posteriori ( $s_0$ ). Diese sollte hinreichend genau mit der a priori angesetzten Standardabweichung der Gewichtseinheit ( $s_0$ ) übereinstimmen. Der Vergleich beider Werte ist nach der Ausgleichung auf einen Blick möglich. Zusätzlich übernimmt ein statistischer Test (Modelltest) diese Aufgabe.

#### Modelltest

Der Modelltest ist entnommen aus MATTHIAS [10]. Er kontrolliert das funktionale und das stochastische Modell auf Übereinstimmung mit der Realität. Der quadrierte Quotient aus der Standardabweichung der Gewichtseinheit a posteriori und a priori wird verglichen mit einem Wert, der vom gewählten *Signifikanzniveau* abhängt:

$$\left(\frac{s_0}{s_0}\right)^2 < \frac{\text{CHI}^2(F; 1-\alpha)}{F}$$

mit  $s_0$  = Standardabweichung der Gewichtseinheit  
(a posteriori)

---

$s_0$	= Standardabweichung der Gewichtseinheit (a priori)
F	= Anzahl der Freiheitsgrade, Redundanz
$\alpha$	= Irrtumswahrscheinlichkeit
$1-\alpha$	= Sicherheitswahrscheinlichkeit, <i>Signifikanzniveau</i>
$\text{CHI}^2(F;1-\alpha)$	= Fraktile der $\text{CHI}^2$ -Verteilung

Je kleiner das Signifikanzniveau gewählt wird, desto strenger wirkt der Modelltest. Fällt der Modelltest positiv aus, so kann das benutzte mathematische Modell mit der Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  akzeptiert werden. Fällt der Modelltest negativ aus (das Modell ist vermutlich fehlerhaft), dann kann dies verschiedene Ursachen haben:

- die Beobachtungen enthalten *Ausreißer*.
- die Beobachtungen enthalten systematische Fehler (z.B. Korrekturen oder Reduktionen nicht berücksichtigt).
- bei einer gezwängten Ausgleichung: Anschlußhöhen passen nicht.
- die Längen der Nivellementstrecken ( $S_i$ ) stimmen nicht.
- die Standardabweichungen für 1km Nivellement ( $s_{\text{niv}_i}$ ) wurden zu optimistisch, d.h. zu klein angesetzt.

Hinweis:

Der Modelltest zeigt einen Modellfehler an, wenn  
 $s_0$  (a posteriori)  $\gg$   $s_0$  (a priori),  
jedoch nicht, wenn  
 $s_0$  (a posteriori)  $\ll$   $s_0$  (a priori) !

## 6.5 Geschätzte Standardabweichung für 1 km Nivellement

Ist ein Modellfehler darauf zurückzuführen, daß die Standardabweichungen für 1km Nivellement ( $sniv_i$ ) nicht zutreffend angesetzt wurden, dann lassen sich durch einen Vergleich von  $s_0$  (a priori) und  $s_0$  (a posteriori) folgende Schlüsse ziehen:

$s_0$  (a posteriori) >  $s_0$  (a priori):

Der Genauigkeitsansatz war zu optimistisch, d.h. die  $sniv_i$  wurden zu klein angesetzt.

$s_0$  (a posteriori) <  $s_0$  (a priori):

Der Genauigkeitsansatz war zu pessimistisch, d.h. die  $sniv_i$  wurden zu groß angesetzt.

Durch eine freie Ausgleichung oder eine freie Ausgleichung mit Auf-felderung lassen sich die tatsächlich erreichten Beobachtungsgenauigkeiten (Standardabweichung für 1 km Nivellement a posteriori ( $sniv_i'$ )) ermitteln – vorausgesetzt die Beobachtungen sind frei von systematischen Fehlereinflüsse und *Ausreißern*, und die Nivellementstrecken sind richtig angegeben:

$$sniv_i' = \left( \frac{s_0}{s_0} \right) \cdot sniv_i$$

mit  $sniv_i'$  = Standardabweichung für 1 km Nivellement (a posteriori)  
 $sniv_i$  = Standardabweichung für 1 km Nivellement (a priori)  
 $s_0$  = Standardabweichung der Gewichtseinheit (a posteriori)  
 $s_0$  = Standardabweichung der Gewichtseinheit (a priori)

Die so ermittelten Standardabweichungen  $sniv_i'$  können anstelle der zuvor angesetzten Standardabweichungen  $sniv_i$  in der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO verwendet werden. („Projekt“ steht für den Projektnamen.)

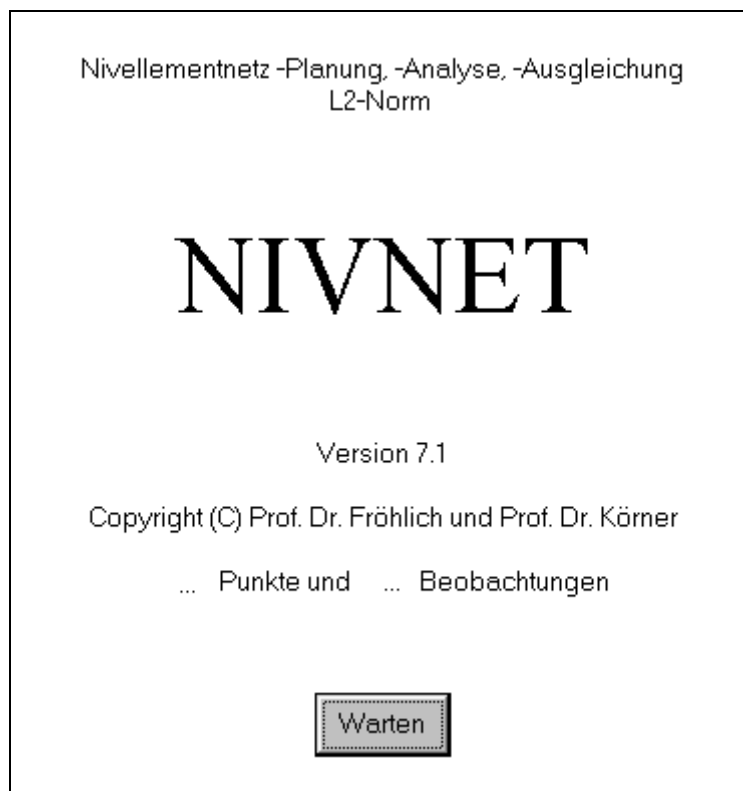
### Hinweis:

Eine Modifizierung der Standardabweichungen  $sniv_i$  hat Einfluß auf das *Data-snooping*.

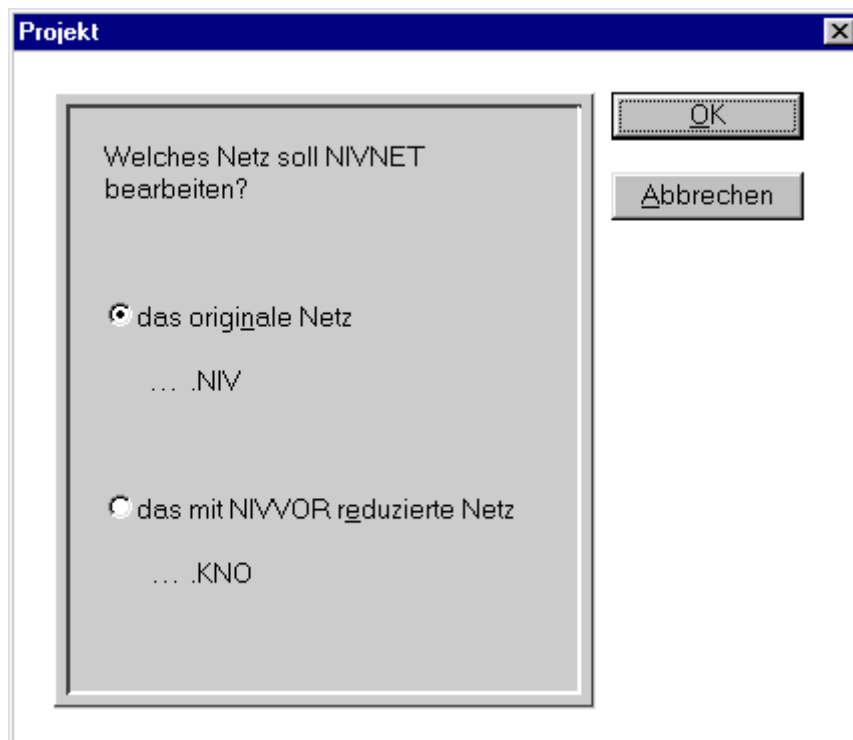


## 6.6 Programmablauf

Nach dem Starten des Programms erscheint für kurze Zeit die Titelmaste:



Liegen sowohl eine Original-Eingabedatei Projekt.NIV als auch eine mit NIVVOR reduzierte Eingabedatei Projekt.KNO vor, dann erscheint:



Im nächsten Fenster können die Steuer-Parameter für den Programmablauf vorgegeben werden:

**Steuer-Parameter**

**Funktionales Modell**

- Netz-Auswertung
- Netz-Planung
- Untere Schranke der Kontrolliertheit: EV=  %
- Zwang (angeschlossen)
- frei
- frei mit Aufgliederung

**Stochastisches Modell**

- individuelle Gewichte
- gleiche Gewichte

Standardabweichung der Gewichtseinheit:  
so (a priori) =   
0.001 <= so <= 1000.000

**Statistische Tests**

Signifikanzniveau für Ausreißertests und Modelltest:  
  ohne Tests

**Ausgabe-Datei**

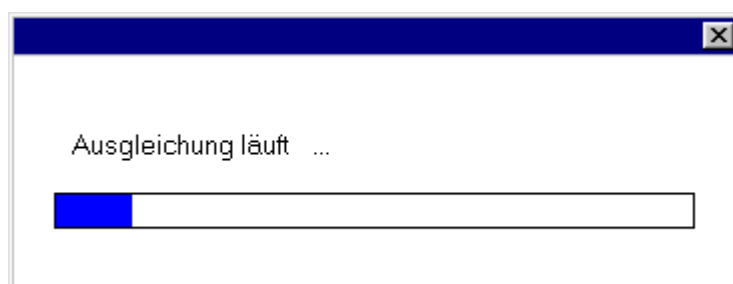
- Standard
- nur Ergebnisse

**Achtung:**

Wurde „gleiche Gewichte“ gewählt, dann erwartet NIVNET im Feld „so (a priori)“ die Eingabe der Standardabweichung für 1km Nivellement (sniv).

(vgl. 6.3 Gewichtung der Beobachtungen, Seite 82 und 2.4 Die Dateien Projekt.AU\*, Seite 13).

Nach der Auswahl der Steuerparameter läuft das Programm automatisch ab:



Zuletzt wird ein Gesamtüberblick über die Berechnung gegeben. Wurde **Netz-Auswertung** gewählt, dann erscheint:

Ergebnis - Alles auf einen Blick			
Projekt: ...		Beobachtungen	N= ...
		Unbekannte	U= ...
		Rangdefekt	D= ...
Art der Berechnung: ...		F=N-U+D	F= ...
Art der Ausgleichung: ...		Gesamtredundanz	...
Art der Gewichtung: ...		Rechenzeit ... h ... min ... s	
so (a priori)= ...	mm	[P <sub>W</sub> ]= ...	
s0 (a posteriori)= ...	mm	[PLL*U]= ...	
Modelltest: (s0/so) <sup>2</sup> < CHI <sup>2</sup> (F;1-a)/F		Positiv - Vermutlich Modell i.O.	
( ... %)			
	Max. Betrag	von PNR	nach PNR
Verbesserung	... mm	...	...
Normierte Verb.	...	...	...
Standardabw. Höhe	... mm	...	...
Ausreißertests: Vermutlich grobe Fehler: ...			
( ... %)			
OK			

Wurde eine **Netz-Planung** durchgeführt, dann erscheint:

Ergebnis - Alles auf einen Blick			
Projekt: ...		Beobachtungen	N= ...
		Unbekannte	U= ...
		Rangdefekt	D= ...
Art der Berechnung: ...		F=N-U+D	F= ...
Art der Ausgleichung: ...		Gesamtredundanz	...
Art der Gewichtung: ...		Rechenzeit ... h ... min ... s	
so (a priori)= ...	mm		
Anzahl Beobachtungen sind:	nicht kontrolliert	...	
	< ... % kontrolliert	...	
	zu 100 % kontrolliert	...	
OK			

## 6.7 Anwendungsbeispiele

Das Beispiel-Niv-Netz zu NIVNET wird hier vorgestellt:

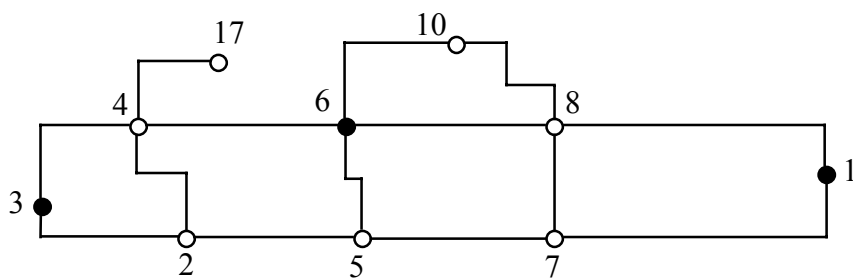


Abb.: Netzskizze des Beispiel-Niv-Netzes

Die Daten hierzu sind auf der Diskette „NIVNET200 – Netzausgleichung“ bzw. „NIVNET1000 – Netzausgleichung“ in der Datei BEISPIEL.NIV abgelegt:

Spalte: 1		2		3		4		5	
12345678901	23456789012	34567890123	45678901234	56789012345	67890123456	7890123456	890123456	90123456	0123456
Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.									
PNA		PNE		HAE		SAE		SNIV KB	
8		1		-7.08932	0.40	1.0	1		
7		1		-7.06443	0.40	1.0	1		
8		7		-0.02525	0.10	1.0	1		
7		5		-0.04863	0.20	1.0	1		
4		17		-1.26327	0.35	1.0	1		
5		6		-1.15124	0.10	1.0	1		
8		6		-1.22447	0.20	1.0	1		
5		2		-0.25988	0.20	1.0	1		
2		3		-3.31341	0.20	1.0	1		
3		4		-0.38181	0.10	1.0	1		
3		4		-0.38189	0.10	1.0	1		
2		4		-3.69501	0.20	1.0	1		
6		4		-2.80302	0.30	1.0	1		
6		10		-1.04073	0.20	1.0	1		
8		10		-2.26522	0.40	1.0	1		
00000000000000		00000000000000							
1	104.40012	1							
2	111.15623	0							
3	107.84334	1							
4	107.46145	0							
5	111.41656	0							
6	110.26476	1							
7	111.46418	0							
8	111.48923	0							
10	109.22434	0							
00000000000000									

Abb.: Datei BEISPIEL.NIV

### 6.7.1 Netzplanung

Im Zuge einer Netzplanung sollen für das Beispiel-Niv-Netz die folgenden Fragen geklärt werden:

- Sind mit dem erkundeten Netz und dem vorhandenen Instrumentarium die gesuchten Höhen mit der geforderten Genauigkeit (besser als 1 mm) bestimmbar?
- Sind die geplanten Beobachtungen (abgesehen von der Beobachtung 4-17) im gewünschten Umfang ( $EV \geq 30\%$ ) kontrolliert?

Zum Zeitpunkt der Netzplanung sind noch keine Beobachtungen vorhanden. Auch die Anschlußhöhen werden in der Datei BEISPIEL.NIV noch nicht benötigt:

Spalte:		1	2	3	4	5
		12345678901234567890123456789012345678901234567890123456				
<b>Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.</b>						
	<b>PNA</b>		<b>PNE</b>		<b>HAE</b>	<b>SAE SNIV KB</b>
	8		1		0.40	1.0 1
	7		1		0.40	1.0 1
	8		7		0.10	1.0 1
	7		5		0.20	1.0 1
	4		17		0.35	1.0 1
	5		6		0.10	1.0 1
	8		6		0.20	1.0 1
	5		2		0.20	1.0 1
	2		3		0.20	1.0 1
	3		4		0.10	1.0 1
	3		4		0.10	1.0 1
	2		4		0.20	1.0 1
	6		4		0.30	1.0 1
	6		10		0.20	1.0 1
	8		10		0.40	1.0 1
	0000000000000000		0000000000000000			
	0000000000000000					

Abb.: Modifizierte Datei BEISPIEL.NIV

Es sind nur die Informationen über Anfangspunktnummer, Endpunktnummer, Weglänge und voraussichtliche Standardabweichung für 1km Nivellement erforderlich.

Während des Programmablaufs werden die Steuerparameter gewählt:

- Netz-Planung
- untere Schranke der Kontrolliertheit:  $EV = 30\%$
- freie Ausgleichung
- individuelle Gewichte
- so (a priori) = 1
- Standard-Ausgabedatei

Die Berechnung ergibt folgende Ausgabedatei BEISPIEL.AUS:



NIVNET

Seite: 1

Nivellementnetz -Planung, -Analyse, -Ausgleichung  
L2-Norm

```

@@   @   @@   @   @   @@   @   @@@@   @@@@@
@@@  @           @   @   @@@  @   @           @@
@  @  @   @@   @  @   @  @  @   @@@@   @@
@   @@@  @@   @  @   @   @@@  @           @@
@   @@   @@           @@   @   @@   @@@@@   @@

```

Version 7.1

-----

Projekt: beispiel.NIV

-----

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.

Gewahlte Steuerparameter:

-----

Art der Berechnung	:	Netz-Planung
Art der Ausgleichung	:	frei
Art der Gewichtung	:	individuelle Gewichte $P_i = \frac{so^{**2}}{(S*sniv^{**2})}$
Standardabweichung der Gewichtseinheit	:	so (a priori) = 1.000
Untere Schranke der Kontrolliertheit EV [%]	:	30

NIVNET

Seite: 2

Eingabe: Beobachtungen

KB=1: Beobachtung wird verwendet

KB=0: Beobachtung wird verworfen (&lt;)

LFD	Anfangsnummer	Endnummer	Beob. [m]	S [km]	sniv [mm]	KB
1	1	8		0.40	1.0	1
2	1	7		0.40	1.0	1
3	7	8		0.10	1.0	1
4	5	7		0.20	1.0	1
5	4	17		0.35	1.0	1
6	5	6		0.10	1.0	1
7	6	8		0.20	1.0	1
8	2	5		0.20	1.0	1
9	2	3		0.20	1.0	1
10	3	4		0.10	1.0	1
11	3	4		0.10	1.0	1
12	2	4		0.20	1.0	1
13	4	6		0.30	1.0	1
14	6	10		0.20	1.0	1
15	8	10		0.40	1.0	1

Gesamtdatei Beobachtungen

```

-----
Beobachtungen eingelesen      :   15
Beobachtungen verworfen (<)   :    0
Beobachtungen verwendet      :   15

```

Verwendete Beobachtungen verbinden Netzpunkte: 10

NIVNET							Seite: 3
Ergebnis: Ausgegliche Beobachtungen							
Anfangsnummer	Endnummer	Beob. Ausgegl.	V/GF(**) [mm]	EV [%]	NV	EP [mm]	
1	7			45			
1	8			45			
2	3			50			
2	4			53			
2	5			29		**	
3	4			56			
3	4			56			
4	6			43			
4	17					NK	
5	6			28		**	
5	7			38			
6	8			46			
6	10			27		**	
7	8			26		**	
8	10			55			

NIVNET							Seite: 4
Ergebnis: Ausgegliche Hoehen							
Netz-Planung / frei							
LFD	Punktnummer	Hoehe Bekannt [m]	Hoehe Ausgegl. [m]	DH [mm]	sH [mm]		
1	1				0.48		
2	2				0.30		
3	3				0.32		
4	4				0.28		
5	5				0.24		
6	6				0.23		
7	7				0.30		
8	8				0.28		
9	10				0.38		
10	17				0.60		

NIVNET		Seite: 5
Ergebnis: Alles auf einen Blick		
Projekt: beispiel.NIV	Beobachtungen N=	15
	Unbekannte U=	10
	Rangdefekt D=	1
Art der Berechnung: Netz-Planung	F=N-U+D	F= 6
Art der Ausgleichung: frei	Gesamtredundanz	6.000
Art der Gewichtung: individuelle Gew.		
so (a priori)=	1.000 mm	
Anzahl Beobachtungen sind:	nicht kontrolliert	1
	< 30 % kontrolliert	4
	zu 100 % kontrolliert	0

Es stellt sich heraus, daß 4 Beobachtungen zu weniger als 30% kontrolliert sind. Diese Beobachtungen sind auf Seite 3 der Ausgabedatei mit „\*\*“ markiert. Die Beobachtung 4-17 ist nicht kontrolliert und daher mit „NK“ (nicht kontrolliert) gekennzeichnet.

Die geforderte Höhengenaugigkeit ( $sH < 1\text{mm}$ ) kann unter den gegebenen Bedingungen voraussichtlich erreicht werden (Seite 4 der Ausgabedatei).

### 6.7.2 Netzauswertung

Das Beispiel-Niv-Netz soll ausgewertet werden. Gesucht sind im Anschluß an die NivP 1, 3 und 6 die ausgeglichenen Höhen der Neupunkte und ihre Standardabweichungen.

Um die Funktionen des Programms NIVNET zu verdeutlichen, werden vorher jedoch bewußt einige Fehler in das Netz eingebaut:

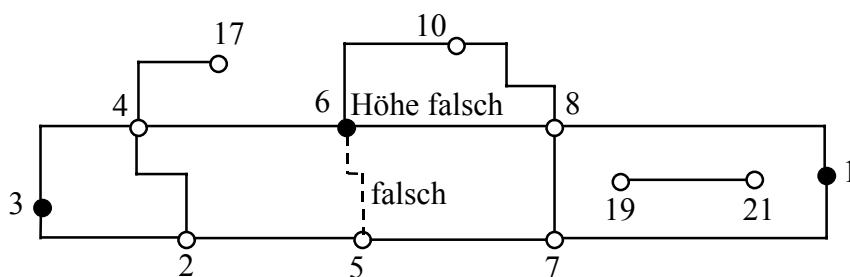


Abb.: Netzskizze des (verfälschten) Beispiel-Niv-Netzes

Die Datei BEISPIEL.NIV wird folgendermaßen verändert:

- Die Beobachtung 5-6 (gekennzeichnet durch "!"), ursprünglich -1.15124m, wird um -2mm verfälscht.
- Es wird eine Beobachtung 19-21 (!! hinzugefügt, die nicht mit dem beobachteten Netz zusammenhängt.
- Die Festpunkthöhe des Punktes 6 (!!!), ursprünglich 110.26476m, wird um -1cm verfälscht.

Spalte:		1	2	3	4	5	
		12345678901234567890123456789012345678901234567890123456					
Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.							
	PNA		PNE		HAE	SAE	SNIV KB
	8		1		-7.08932	0.40	1.0 1
	7		1		-7.06443	0.40	1.0 1
	8		7		-0.02525	0.10	1.0 1
	7		5		-0.04863	0.20	1.0 1
	4		17		-1.26327	0.35	1.0 1
	5		6		-1.15324	0.10	1.0 1 !
	8		6		-1.22447	0.20	1.0 1
	5		2		-0.25988	0.20	1.0 1
	2		3		-3.31341	0.20	1.0 1
	3		4		-0.38181	0.10	1.0 1
	3		4		-0.38189	0.10	1.0 1
	2		4		-3.69501	0.20	1.0 1
	6		4		-2.80302	0.30	1.0 1
	6		10		-1.04073	0.20	1.0 1
	8		10		-2.26522	0.40	1.0 1
	19		21		-2.02341	0.40	1.0 1 !!
0000000000000000		0000000000000000					
	1	104.40012	1				
	2	111.15623	0				
	3	107.84334	1				
	4	107.46145	0				
	5	111.41656	0				
	6	110.25476	1	!!!			
	7	111.46418	0				
	8	111.48923	0				
	10	109.22434	0				
0000000000000000							

Abb.: Modifizierte Datei BEISPIEL.NIV

### Freie Ausglei chung

Um das Netz auf mögliche Konfigurationsdefekte oder Ausreißer zu untersuchen und die erreichte Genauigkeit der Höhenbestimmung festzustellen, wird eine freie Netzausgleichung durchgeführt.

Während des Programmablaufs werden die Steuerparameter gewählt:

- Netz-Auswertung
- freie Ausglei chung
- Signifikanzniveau 95,0%
- individuelle Gewichte
- so (a priori)= 1
- Standard-Ausgabedatei

Die freie Netzausgleichung schlägt wegen des Konfigurationsdefektes fehl:

```
Fehler 2042:
```

```
Konfigurationsdefekt - Unzusammenhaengendes Netz. NivP:
```

```
-----
```

```
19
```

```
21
```

Abb.: Angabe des Konfigurationsdefektes in BEISPIEL.AUS

Die Beobachtung 19-21 wird nun in BEISPIEL.NIV durch Setzen von KB = 0 von der Ausglei chung ausgeschlossen.

Eine zweite freie Netzausgleichung mit dengleichen Steuerparametern liefert folgende Ausgabedatei BEISPIEL.AUS:

```

NIVNETSeite: 1

      Nivellementnetz  -Planung, -Analyse, -Ausgleichung
                        L2-Norm

      @@   @   @@   @   @   @@   @   @@@@   @@@@@
      @@@  @           @   @   @@@  @   @           @@
      @ @  @   @@   @   @   @ @  @   @@@@   @@
      @   @@@  @@   @   @   @   @@@  @           @@
      @   @@  @@   @@   @   @   @@@@   @@

                        Version 7.1
-----

Projekt: beispiel.NIV
-----

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.

Gewaehlte Steuerparameter:
-----

Art der Berechnung           : Netz-Auswertung
Art der Ausgleichung         : frei
Art der Gewichtung           : individuelle Gewichte
                              Pi= so**2/(S*sniv**2)
Standardabweichung der Gewichts-
einheit                       : so (a priori)= 1.000
Signifikanzniveau fuer Ausreisser-
tests und Modelltest         : 95.0 %

```



NIVNET

Seite: 2

Eingabe: Beobachtungen

KB=1: Beobachtung wird verwendet

KB=0: Beobachtung wird verworfen (&lt;)

LFD	Anfangsnummer	Endnummer	Beob. [m]	S [km]	sniv [mm]	KB
1	1	8	7.08932	0.40	1.0	1
2	1	7	7.06443	0.40	1.0	1
3	7	8	0.02525	0.10	1.0	1
4	5	7	0.04863	0.20	1.0	1
5	4	17	-1.26327	0.35	1.0	1
6	5	6	-1.15324	0.10	1.0	1
7	6	8	1.22447	0.20	1.0	1
8	2	5	0.25988	0.20	1.0	1
9	2	3	-3.31341	0.20	1.0	1
10	3	4	-0.38181	0.10	1.0	1
11	3	4	-0.38189	0.10	1.0	1
12	2	4	-3.69501	0.20	1.0	1
13	4	6	2.80302	0.30	1.0	1
14	6	10	-1.04073	0.20	1.0	1
15	8	10	-2.26522	0.40	1.0	1
16	19	21	-2.02341	0.40	1.0	0 <

Gesamtdatei Beobachtungen

```

-----
Beobachtungen eingelesen      :    16
Beobachtungen verworfen (<)   :     1
Beobachtungen verwendet       :    15

```

Verwendete Beobachtungen verbinden Netzpunkte: 10

NIVNET							Seite: 3
Ergebnis: Ausgegliche Beobachtungen							
Schwellenwert fuer Testgrosse NV : 1.96							
Anfangsnummer	Endnummer	Beob. Ausgegl. [m]	V/GF(**) [mm]	EV [%]	NV	EP [mm]	
1	7	7.06448	0.05	45	0.11	-0.05	
1	8	7.08927	-0.05	45	0.11	0.05	
2	3	-3.31340	0.01	50	0.04	-0.01	
2	4	-3.69525	-0.24	53	0.72	0.21	
2	5	0.26010	0.22	29	0.93	-0.55	
3	4	-0.38185	-0.04	56	0.16	0.03	
3	4	-0.38185	0.04	56	0.18	-0.03	
4	6	2.80268	-0.34	43	0.93	0.44	
4	17	-1.26327	0.00				NK
5	6	-1.15267	-2.04	28	3.43	-1.47	**
5	7	0.04770	2.43	38	3.35	1.50	**
6	8	1.22517	-1.51	46	2.29	-0.81	**
6	10	-1.04050	0.23	27	0.97	-0.60	
7	8	0.02480	1.72	26	2.79	1.27	**
8	10	-2.26567	-0.45	55	0.97	0.37	

Anmerkungen:

NK : Die Beobachtung ist nicht kontrolliert.

\*\* : Möglicher Ausreißer. In der Spalte V/GF(\*\*) steht anstelle der Verbesserung V der *Grobe Fehler* GF.

NIVNET						Seite: 4
Ergebnis: Ausgegliche Hoehen						
Netz-Auswertung / frei						
LFD	Punktnummer	Hoehe Bekannt [m]	Hoehe Ausgegl. [m]	DH [mm]	sH [mm]	
1	1		-4.69177		0.72	
2	2		2.06489		0.45	
3	3		-1.24851		0.48	
4	4		-1.63035		0.43	
5	5		2.32500		0.37	
6	6		1.17233		0.35	
7	7		2.37270		0.45	
8	8		2.39750		0.43	
9	10		0.13183		0.58	
10	17		-2.89362		0.91	

NIVNET		Seite: 5	
Ergebnis: Alles auf einen Blick			
Projekt: beispiel.NIV		Beobachtungen N=	15
		Unbekannte U=	10
		Rangdefekt D=	1
Art der Berechnung:	Netz-Auswertung	F=N-U+D	F= 6
Art der Ausgleichung:	frei	Gesamtredundanz	6.000
Art der Gewichtung:	individuelle Gew.		
so (a priori)=	1.0000000	mm	[PVV]= 13.776363
s0 (a posteriori)=	1.5152757	mm	[PLL*U]= 13.776363
Modelltest: (s0/so)**2	< CHI**2(F;1-a)/F	Negativ -	
(95.0 %)	2.296 > 2.095	Vermutlich Modell-	
		Fehler	
	Max. Betrag	von PNR	nach PNR
	-----		
Verbesserung	0.93 mm	5	7
Normierte Verb.	3.43	5	6
Standardabw. Hoehe	0.91 mm	17	
Ausreissertests: Vermutlich grobe Fehler:		4	
(95.0 %)			

Die Ausreißertests decken vermutliche *Grobe Fehler* auf. Die größte *Normierte Verbesserung* NV=3.43 gehört zur Beobachtung 5-6. Dort wird ein grober Fehler von etwa -2mm vermutet.

Der Fehler wird nun in der Datei BEISPIEL.NIV behoben, indem die Beobachtung 5-6 um +2mm verändert wird; statt bisher -1.15324m nunmehr -1.15124m.

Eine dritte freie Netzausgleichung mit dengleichen Steuerparametern führt zu folgenden Ergebnissen:

NIVNET							Seite: 3
Ergebnis: Ausgegliche Beobachtungen							
Schwellenwert fuer Testgroesse NV : 1.96							
Anfangsnummer	Endnummer	Beob. Ausgegl. [m]	V/GF(**) [mm]	EV [%]	NV	EP [mm]	
1	7	7.06433	-0.10	45	0.23	0.12	
1	8	7.08942	0.10	45	0.23	-0.12	
2	3	-3.31319	0.22	50	0.70	-0.22	
2	4	-3.69498	0.03	53	0.08	-0.02	
2	5	0.25963	-0.25	29	1.03	0.61	
3	4	-0.38179	0.02	56	0.06	-0.01	
3	4	-0.38179	0.10	56	0.40	-0.07	
4	6	2.80339	0.37	43	1.03	-0.48	
4	17	-1.26327	0.00				NK
5	6	-1.15123	0.01	28	0.07	-0.03	
5	7	0.04836	-0.27	38	0.98	0.44	
6	8	1.22468	0.21	46	0.68	-0.24	
6	10	-1.04067	0.06	27	0.27	-0.17	
7	8	0.02509	-0.16	26	0.99	0.45	
8	10	-2.26535	-0.13	55	0.27	0.10	

NIVNET						Seite: 4
Ergebnis: Ausgegliche Hoehen						
Netz-Auswertung / frei						
LFD	Punktnummer	Hoehe Bekannt [m]	Hoehe Ausgegl. [m]	DH [mm]	sH [mm]	
1	1		-4.69175		0.28	
2	2		2.06459		0.17	
3	3		-1.24860		0.18	
4	4		-1.63039		0.17	
5	5		2.32422		0.14	
6	6		1.17300		0.13	
7	7		2.37258		0.17	
8	8		2.39767		0.17	
9	10		0.13233		0.22	
10	17		-2.89366		0.35	

NIVNET		Seite: 5	
Ergebnis: Alles auf einen Blick			
Projekt: beispiel.NIV		Beobachtungen N=	15
		Unbekannte U=	10
		Rangdefekt D=	1
Art der Berechnung:	Netz-Auswertung	F=N-U+D	F= 6
Art der Ausgleichung:	frei	Gesamtredundanz	6.000
Art der Gewichtung:	individuelle Gew.		
so (a priori)=	1.0000000	mm	[PVV]= 2.0461611
s0 (a posteriori)=	0.58397504	mm	[PLL*U]= 2.0461611
Modelltest:	$(s_0/s_o)**2 < CHI**2(F;1-a)/F$	Positiv -	
(95.0 %)	0.3410 < 2.095	Vermutlich Modell	i.O.
	Max. Betrag	von PNR	nach PNR
	-----		
Verbesserung	0.37 mm	4	6
Normierte Verb.	1.03	4	6
Standardabw. Hoehe	0.35 mm	17	
Ausreissertests:	Vermutlich grobe Fehler:	0	
(95.0 %)			

Das beobachtete Netz ist jetzt vermutlich frei von Ausreißern. Die erreichte Genauigkeit der Höhenermittlung (ohne Anschlußzwänge) kann auf Seite 4 der letzten Ausgabedatei in der Spalte sH abgelesen werden.

### Zwangsangeschlossene Ausgleichung

Zur Ermittlung der ausgeglichenen Höhen der Neupunkte und ihrer Standardabweichungen wird nun eine zwangsangeschlossene Netzausgleichung mit den Anschlußpunkten 1, 3 und 6 ausgeführt.

Die Datei BEISPIEL.NIV bleibt gegenüber der zuletzt durchgeführten freien Ausgleichung unverändert.

Während des Programmablaufs werden die Steuerparameter gewählt:

- Netz-Auswertung
- zwangsangeschlossene Ausgleichung
- Signifikanzniveau 95,0%
- individuelle Gewichte
- so (a priori)= 1
- Standard-Ausgabedatei

Das Ergebnis dieser Ausgleichung zeigt die Datei BEISPIEL.AUS:



NIVNET

Seite: 1

Nivellementnetz -Planung, -Analyse, -Ausgleichung  
L2-Norm

```

@@   @   @@   @   @   @@   @   @@@@   @@@@@
@@@@  @           @   @   @@@   @   @           @@
@  @  @   @@   @  @   @  @  @   @@@@   @@
@   @@@   @@   @  @   @   @@@   @           @@
@   @@   @@           @@   @   @@   @@@@@   @@

```

Version 7.1

-----

Projekt: beispiel.NIV

-----

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.

Gewaehlte Steuerparameter:

-----

Art der Berechnung	:	Netz-Auswertung
Art der Ausgleichung	:	Zwang (angeschlossen)
Art der Gewichtung	:	individuelle Gewichte $P_i = s_o^{**2} / (S^{*}s_{niv}^{**2})$
Standardabweichung der Gewichtseinheit	:	$s_o$ (a priori) = 1.000
Signifikanzniveau fuer Ausreisser-tests und Modelltest	:	95.0 %

NIVNET

Seite: 2

Eingabe: NivP-Hoehen

KH=1: Anschlusspunkt

LFD	Punktnummer	Hoehe [m]	KH
-----	-------------	--------------	----

1	1	104.40012	1
2	3	107.84334	1
3	6	110.25476	1

Anschlusspunkte (KH=1) eingelesen : 3

davon ohne Verbindung zum Netz : 0

Anschlusspunkte verwendet : 3

NIVNET

Seite: 3

Eingabe: Beobachtungen

KB=1: Beobachtung wird verwendet

KB=0: Beobachtung wird verworfen (&lt;)

LFD	Anfangsnummer	Endnummer	Beob. [m]	S [km]	sniv [mm]	KB
1	1	8	7.08932	0.40	1.0	1
2	1	7	7.06443	0.40	1.0	1
3	7	8	0.02525	0.10	1.0	1
4	5	7	0.04863	0.20	1.0	1
5	4	17	-1.26327	0.35	1.0	1
6	5	6	-1.15124	0.10	1.0	1
7	6	8	1.22447	0.20	1.0	1
8	2	5	0.25988	0.20	1.0	1
9	2	3	-3.31341	0.20	1.0	1
10	3	4	-0.38181	0.10	1.0	1
11	3	4	-0.38189	0.10	1.0	1
12	2	4	-3.69501	0.20	1.0	1
13	4	6	2.80302	0.30	1.0	1
14	6	10	-1.04073	0.20	1.0	1
15	8	10	-2.26522	0.40	1.0	1
16	19	21	-2.02341	0.40	1.0	0 <

Gesamtdatei Beobachtungen

```

-----
Beobachtungen eingelesen      :    16
Beobachtungen verworfen (<)   :     1
Beobachtungen verwendet       :    15

```

Verwendete Beobachtungen verbinden Netzpunkte: 10

NIVNET

Seite: 4

Ergebnis: Ausgegliche Beobachtungen

Schwellenwert fuer Testgroesse NV : 1.96

Anfangsnummer	Endnummer	Beob. Ausgegl. [m]	V/GF(**) [mm]	EV [%]	NV	EP [mm]	
1	7	7.05852	7.66	77	10.64	1.76	**
1	8	7.08288	7.98	81	11.34	1.54	**
2	3	-3.31018	-5.33	61	9.28	-2.09	**
2	4	-3.69370	-2.35	56	3.93	-1.04	**
2	5	0.25534	8.79	52	14.13	4.24	**
3	4	-0.38352	2.75	62	6.87	1.04	**
3	4	-0.38352	2.62	62	6.55	0.99	**
4	6	2.79494	9.24	87	15.77	1.16	**
4	17	-1.26327	0.00				NK
5	6	-1.15409	7.46	38	14.58	4.61	**
5	7	0.04979	-2.40	48	3.73	-1.24	**
6	8	1.22824	-6.13	61	10.74	-2.36	**
6	10	-1.03948	-4.30	29	5.18	-3.05	**
7	8	0.02435	3.34	27	5.47	2.44	**
8	10	-2.26772	4.30	58	5.18	1.80	**

NIVNET					Seite:	5
Ergebnis: Ausgegliche Hohen						
Netz-Auswertung / Zwang (angeschlossen)						
LFD	Punktnummer	Hoehe Bekannt [m]	Hoehe Ausgegl. [m]	DH [mm]	sH [mm]	
-----						
1	1	104.40012				
2	2		111.15352		2.84	
3	3	107.84334				
4	4		107.45982		1.97	
5	5		111.40885		2.51	
6	6	110.25476				
7	7		111.45864		3.06	
8	8		111.48300		2.81	
9	10		109.21528		3.81	
10	17		106.19655		6.30	

NIVNET		Seite: 6	
Ergebnis: Alles auf einen Blick			
Projekt: beispiel.NIV		Beobachtungen N=	15
		Unbekannte U=	7
		Rangdefekt D=	0
Art der Berechnung:	Netz-Auswertung	F=N-U+D	F= 8
Art der Ausgleichung:	Zwang (angeschl.)	Gesamtredundanz	8.000
Art der Gewichtung:	individuelle Gew.		
so (a priori)=	1.0000000	mm	[PVV]= 819.06790
s0 (a posteriori)=	10.118473	mm	[PLL*U]= 819.06790
Modelltest:	$(s_0/s_0)**2 < CHI**2(F;1-a)/F$	Negativ -	
(95.0 %)	102.4 > 1.936	Vermutlich Modell-	Fehler
	Max. Betrag	von PNR	nach PNR
	-----	-----	-----
Verbesserung	8.08 mm	4	6
Normierte Verb.	15.77	4	6
Standardabw. Hoehe	6.30 mm	17	
Ausreissertests:	Vermutlich grobe Fehler:	14	
(95.0 %)			

Die Standardabweichung der Gewichtseinheit a posteriori (s0) hat sich durch den Zwangsanschluß erheblich verschlechtert. Die Verbesserungen sind so groß geworden, daß alle kontrollierbaren Beobachtungen als vermutlich grob fehlerhaft ausgewiesen werden.

Diese Verschlechterungen des ausreißerfreien Netzes sind durch den Netzanschluß unter Zwang entstanden. Sie weisen darauf hin, daß Fehler in den Anschlußpunkten vorliegen.

### Freie Ausgleichung mit Auffelderung

Die Fehler in den Anschlußpunkten sollen lokalisiert werden. Zu diesem Zweck wird eine freie Ausgleichung mit Auffelderung auf die Punkte 1, 3 und 6 vorgenommen.

Die Datei BEISPIEL.NIV bleibt gegenüber der zuletzt durchgeführten zwangsangeschlossenen Ausgleichung unverändert.

Während des Programmablaufs werden die Steuerparameter gewählt:

- Netz-Auswertung
- freie Ausgleichung mit Auffelderung
- Signifikanzniveau 95,0%
- individuelle Gewichte
- so (a priori)= 1
- Standard-Ausgabedatei

Die Ausgleichung führt zu folgender Ausgabedatei BEISPIEL.AUS:

NIVNET

Seite: 1

Nivellementnetz -Planung, -Analyse, -Ausgleichung  
L2-Norm

```

@@   @   @@   @   @   @@   @   @@@@   @@@@@
@@@  @           @   @   @@@  @   @           @@
@  @  @   @@   @  @   @  @  @   @@@@   @@
@   @@@  @@   @  @   @   @@@  @           @@
@   @@   @@           @@   @   @@   @@@@@   @@

```

Version 7.1

-----

Projekt: beispiel.NIV

-----

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.

Gewaehlte Steuerparameter:

-----

Art der Berechnung	:	Netz-Auswertung
Art der Ausgleichung	:	frei mit Auffelderung
Art der Gewichtung	:	individuelle Gewichte Pi= so**2/(S*sniv**2)
Standardabweichung der Gewichts- einheit	:	so (a priori)= 1.000
Signifikanzniveau fuer Ausreisser- tests und Modelltest	:	95.0 %



NIVNET

Seite: 2

Eingabe: NivP-Hoehen

KH=1: Auffelderungspunkt

KH=0: kein Auffelderungspunkt, aber bekannte Hoehe

LFD	Punktnummer	Hoehe [m]	KH
1	1	104.40012	1
2	2	111.15623	0
3	3	107.84334	1
4	4	107.46145	0
5	5	111.41656	0
6	6	110.25476	1
7	7	111.46418	0
8	8	111.48923	0
9	10	109.22434	0

Auffelderungspunkte (KH=1) eingelesen : 3

davon ohne Verbindung zum Netz : 0

Auffelderungspunkte verwendet : 3

NIVNET							Seite: 3
Eingabe: Beobachtungen							
KB=1: Beobachtung wird verwendet							
KB=0: Beobachtung wird verworfen (<)							
LFD	Anfangsnummer	Endnummer	Beob. [m]	S [km]	sniv [mm]	KB	
1	1	8	7.08932	0.40	1.0	1	
2	1	7	7.06443	0.40	1.0	1	
3	7	8	0.02525	0.10	1.0	1	
4	5	7	0.04863	0.20	1.0	1	
5	4	17	-1.26327	0.35	1.0	1	
6	5	6	-1.15124	0.10	1.0	1	
7	6	8	1.22447	0.20	1.0	1	
8	2	5	0.25988	0.20	1.0	1	
9	2	3	-3.31341	0.20	1.0	1	
10	3	4	-0.38181	0.10	1.0	1	
11	3	4	-0.38189	0.10	1.0	1	
12	2	4	-3.69501	0.20	1.0	1	
13	4	6	2.80302	0.30	1.0	1	
14	6	10	-1.04073	0.20	1.0	1	
15	8	10	-2.26522	0.40	1.0	1	
16	19	21	-2.02341	0.40	1.0	0	<
Gesamtdatei Beobachtungen							
-----							
Beobachtungen eingelesen : 16							
Beobachtungen verworfen (<) : 1							
Beobachtungen verwendet : 15							
Verwendete Beobachtungen verbinden Netzpunkte: 10							

NIVNET

Seite: 4

Ergebnis: Ausgegliche Beobachtungen

Schwellenwert fuer Testgrosse NV : 1.96

Anfangsnummer	Endnummer	Beob. Ausgegl. [m]	V/GF(**) [mm]	EV [%]	NV	EP [mm]
1	7	7.06433	-0.10	45	0.23	0.12
1	8	7.08942	0.10	45	0.23	-0.12
2	3	-3.31319	0.22	50	0.70	-0.22
2	4	-3.69498	0.03	53	0.08	-0.02
2	5	0.25963	-0.25	29	1.03	0.61
3	4	-0.38179	0.02	56	0.06	-0.01
3	4	-0.38179	0.10	56	0.40	-0.07
4	6	2.80339	0.37	43	1.03	-0.48
4	17	-1.26327	0.00			NK
5	6	-1.15123	0.01	28	0.07	-0.03
5	7	0.04836	-0.27	38	0.98	0.44
6	8	1.22468	0.21	46	0.68	-0.24
6	10	-1.04067	0.06	27	0.27	-0.17
7	8	0.02509	-0.16	26	0.99	0.45
8	10	-2.26535	-0.13	55	0.27	0.10

NIVNET						Seite: 5
Ergebnis: Ausgegliche Hohen						
Netz-Auswertung / frei mit Auffelderung						
L: Punkt lagert Netz						
N: Punkt ohne historische Bedeutung						
V: Punkt als vermutlich veraendert angenommen						
LFD	Punktnummer	Hoehe Bekannt [m]	Hoehe Ausgegl. [m]	DH [mm]	sH [mm]	
1	1	104.40012	104.39678	-3.34	0.22	L
2	2	111.15623	111.15311	-3.12	0.21	V
3	3	107.84334	107.83992	-3.42	0.20	L
4	4	107.46145	107.45813	-3.32	0.19	V
5	5	111.41656	111.41275	-3.81	0.17	V
6	6	110.25476	110.26152	6.76	0.14	L
7	7	111.46418	111.46111	-3.07	0.19	V
8	8	111.48923	111.48620	-3.03	0.18	V
9	10	109.22434	109.22085	-3.49	0.25	V
10	17		106.19486		0.40	N

Auf Seite 5 der Ausgabedatei sind die Auffelderungspunkte (L) mit ihren Restklaffungen (Spalte DH) ausgewiesen. Die Restklaffung in Punkt 6 ist mit 6.76mm auffällig groß. Der Punkt 6 muß als vermutlich höhenverändert angenommen werden.

NIVNET

Seite: 6

Ergebnis: Alles auf einen Blick

Projekt: beispiel.NIV

Beobachtungen N= 15

Unbekannte U= 10

Rangdefekt D= 1

Art der Berechnung: Netz-Auswertung F=N-U+D F= 6

Art der Ausgleichung: frei mit Auffeld. Gesamtredundanz 6.000

Art der Gewichtung: individuelle Gew.

s<sub>0</sub> (a priori)= 1.0000000 mm [PVV]= 2.0461611s<sub>0</sub> (a posteriori)= 0.58397504 mm [PLL\*U]= 2.0461611

Modelltest:  $(s_0/s_0)^{**2} < CHI^{**2}(F;1-a)/F$  Positiv -  
 (95.0 %) 0.3410 < 2.095 Vermutlich Modell  
 i.O.

	Max. Betrag	von PNR	nach PNR
Verbesserung	0.37 mm	4	6
Normierte Verb.	1.03	4	6
Standardabw. Hoehe	0.40 mm	17	

Ausreissertests: Vermutlich grobe Fehler: 0  
 (95.0 %)

Um die Höhe des Punkts 6 zu prüfen, wird in einem weiteren Programmdurchlauf nur noch auf die Punkte 1 und 3 aufgefördert. Hierzu wird in BEISPIEL.NIV die Höhenkennung des Punktes 6 zu KH=0 gesetzt. Es werden die gleichen Steuerparameter benutzt wie vorher.

Dies führt zu folgendem Ergebnis:

NIVNET						Seite:	5
Ergebnis: Ausgegliche Hohen							
Netz-Auswertung / frei mit Auffelderung							
L: Punkt lagert Netz							
N: Punkt ohne historische Bedeutung							
V: Punkt als vermutlich veraendert angenommen							
LFD	Punktnummer	Hoehe Bekannt [m]	Hoehe Ausgegl. [m]	DH [mm]	sH [mm]		
1	1	104.40012	104.40016	0.04	0.20	L	
2	2	111.15623	111.15649	0.26	0.22	V	
3	3	107.84334	107.84330	-0.04	0.20	L	
4	4	107.46145	107.46151	0.06	0.21	V	
5	5	111.41656	111.41613	-0.43	0.21	V	
6	6	110.25476	110.26490	10.14	0.21	V	
7	7	111.46418	111.46449	0.31	0.22	V	
8	8	111.48923	111.48958	0.35	0.21	V	
9	10	109.22434	109.22423	-0.11	0.29	V	
10	17		106.19824		0.40	N	

Die Restklaffungen in den Auffelderungspunkten (L) 1 und 3 sind jetzt beide nahezu 0mm, während die Höhendifferenz im Vergleichspunkt (V) 6 bei etwa 1cm liegt. Die Annahme, daß der Punkt 6 höhenverändert ist, bestätigt sich.

Die Verfälschung der Höhe des Punktes 6 wird nun zurückgenommen, da es sich nach **eingehender Prüfung** der Sachlage um einen Fehler bei der Erfassung (Tippfehler) handelte. In BEISPIEL.NIV wird die Höhe des Punktes 6 um +1cm von 110.25476m auf 110.26476m verändert. Die Höhenkennung wird wieder zu KH=1 gesetzt.

Außerdem wird die nicht verwendete Beobachtung 19-21 wieder aus der Datei gelöscht.

Nachdem alle Veränderungen des Netzes in BEISPIEL.NIV erkannt und rückgängig gemacht wurden, ist diese Datei wieder in ihrem ursprünglichen Zustand (vgl. 6.7 Anwendungsbeispiele, Seite 89, 90).

### Erneute zwangsangeschlossene Ausgleichung

Zur endgültigen Ermittlung der ausgeglichenen Höhen der Neupunkte und ihrer Standardabweichungen wird nun erneut eine zwangsangeschlossene Netzausgleichung mit den Anschlußpunkten 1, 3 und 6 ausgeführt.

Die Datei BEISPIEL.NIV hat den Inhalt wie oben abgedruckt (vgl. 6.7 Anwendungsbeispiele, Seite 89, 90).

Während des Programmablaufs werden die Steuerparameter gewählt:

- Netz-Auswertung
- zwangsangeschlossene Ausgleichung
- Signifikanzniveau 95,0%
- individuelle Gewichte
- so (a priori)= 1
- Standard-Ausgabedatei

Die Ausgleichung führt zu folgender Ausgabedatei BEISPIEL.AUS:



NIVNET

Seite: 1

Nivellementnetz -Planung, -Analyse, -Ausgleichung  
L2-Norm

```

@@   @   @@   @   @   @@   @   @@@@   @@@@@
@@@@  @           @   @   @@@   @   @           @@
@  @  @   @@   @  @   @  @  @   @@@@   @@
@   @@@   @@   @  @   @   @@@   @           @@
@   @@   @@           @@   @   @@   @@@@@   @@

```

Version 7.1

-----

Projekt: beispiel.NIV

-----

Dies ist ein Beispiel-Niv-Netz.

Gewaehlte Steuerparameter:

-----

Art der Berechnung	:	Netz-Auswertung
Art der Ausgleichung	:	Zwang (angeschlossen)
Art der Gewichtung	:	individuelle Gewichte $P_i = s_o^{**2} / (S * s_{niv}^{**2})$
Standardabweichung der Gewichts- einheit	:	$s_o$ (a priori) = 1.000
Signifikanzniveau fuer Ausreisser- tests und Modelltest	:	95.0 %

NIVNET

Seite: 2

Eingabe: NivP-Hoehen

KH=1: Anschlusspunkt

LFD	Punktnummer	Hoehe [m]	KH
-----	-------------	--------------	----

1	1	104.40012	1
2	3	107.84334	1
3	6	110.26476	1

Anschlusspunkte (KH=1) eingelesen : 3

davon ohne Verbindung zum Netz : 0

Anschlusspunkte verwendet : 3

NIVNET

Seite: 3

Eingabe: Beobachtungen

KB=1: Beobachtung wird verwendet

KB=0: Beobachtung wird verworfen (&lt;)

LFD	Anfangsnummer	Endnummer	Beob. [m]	S [km]	sniv [mm]	KB
1	1	8	7.08932	0.40	1.0	1
2	1	7	7.06443	0.40	1.0	1
3	7	8	0.02525	0.10	1.0	1
4	5	7	0.04863	0.20	1.0	1
5	4	17	-1.26327	0.35	1.0	1
6	5	6	-1.15124	0.10	1.0	1
7	6	8	1.22447	0.20	1.0	1
8	2	5	0.25988	0.20	1.0	1
9	2	3	-3.31341	0.20	1.0	1
10	3	4	-0.38181	0.10	1.0	1
11	3	4	-0.38189	0.10	1.0	1
12	2	4	-3.69501	0.20	1.0	1
13	4	6	2.80302	0.30	1.0	1
14	6	10	-1.04073	0.20	1.0	1
15	8	10	-2.26522	0.40	1.0	1

Gesamtdatei Beobachtungen

```

-----
Beobachtungen eingelesen      :   15
Beobachtungen verworfen (<)   :    0
Beobachtungen verwendet       :   15

```

Verwendete Beobachtungen verbinden Netzpunkte: 10

NIVNET		Seite: 4					
Ergebnis: Ausgegliche Beobachtungen							
Schwellenwert fuer Testgroesse NV : 1.96							
Anfangsnummer	Endnummer	Beob. Ausgegl. [m]	V/GF(**) [mm]	EV [%]	NV	EP [mm]	
1	7	7.06428	-0.15	77	0.28	0.05	
1	8	7.08936	0.04	81	0.06	-0.01	
2	3	-3.31314	0.27	61	0.79	-0.18	
2	4	-3.69496	0.05	56	0.15	-0.04	
2	5	0.25956	-0.32	52	1.01	0.30	
3	4	-0.38182	-0.01	62	0.06	0.01	
3	4	-0.38182	0.07	62	0.26	-0.04	
4	6	2.80324	0.22	87	0.44	-0.03	
4	17	-1.26327	0.00			NK	
5	6	-1.15127	-0.03	38	0.16	0.05	
5	7	0.04837	-0.26	48	0.85	0.28	
6	8	1.22472	0.25	61	0.70	-0.15	
6	10	-1.04065	0.08	29	0.31	-0.18	
7	8	0.02508	-0.17	27	1.04	0.46	
8	10	-2.26537	-0.15	58	0.31	0.11	

NIVNET						Seite: 5
Ergebnis: Ausgegliche Hohen						
Netz-Auswertung / Zwang (angeschlossen)						
LFD	Punktnummer	Hoehe Bekannt [m]	Hoehe Ausgegl. [m]	DH [mm]	sH [mm]	
1	1	104.40012				
2	2		111.15648		0.15	
3	3	107.84334				
4	4		107.46152		0.10	
5	5		111.41603		0.13	
6	6	110.26476				
7	7		111.46440		0.16	
8	8		111.48948		0.15	
9	10		109.22411		0.20	
10	17		106.19825		0.33	

NIVNET		Seite: 6	
Ergebnis: Alles auf einen Blick			
Projekt: beispiel.NIV		Beobachtungen N=	15
		Unbekannte U=	7
		Rangdefekt D=	0
Art der Berechnung:	Netz-Auswertung	F=N-U+D	F= 8
Art der Ausgleichung:	Zwang (angeschl.)	Gesamtredundanz	8.000
Art der Gewichtung:	individuelle Gew.		
so (a priori)=	1.0000000	mm	[PVV]= 2.2287087
s0 (a posteriori)=	0.52781492	mm	[PLL*U]= 2.2287087
Modelltest:	$(s0/so)**2 < CHI**2(F;1-a)/F$	Positiv -	
(95.0 %)	0.2786 < 1.936	Vermutlich Modell	i.O.
	Max. Betrag	von PNR	nach PNR
	-----	-----	-----
Verbesserung	0.32 mm	2	5
Normierte Verb.	1.04	7	8
Standardabw. Hoehe	0.33 mm	17	
Ausreissertests:	Vermutlich grobe Fehler:	0	
(95.0 %)			

Das zwangsangeschlossen ausgeglichene Netz ist nun fehlerfrei. Damit ist die Auswertung beendet. Die ausgeglichenen Höhen der Neupunkte und ihre Standardabweichungen sind auf Seite 5 der Ausgabedatei zu finden.

## 7 Fehlermeldungen

Während des Programmablaufs kann eine Fehlermeldung (mit Programmabbruch) oder ein Hinweis auf einen Fehler (ohne Programmabbruch) auftreten. Jede dieser Meldungen hat auf dem Bildschirm eine Nummer, anhand derer sie in der nachfolgenden Auflistung schnell gefunden werden kann:

### 1005

**Der Pfad zur Steuer-Datei NIVNET16.OPT**

...

**ist zu lang. Es sind nur 125 Zeichen möglich !**

Der Pfad zur Steuer-Datei NIVNET16.OPT, (d.h. Laufwerksbuchstabe, Ordner, untergeordnete Ordner und Dateiname NIVNET16.OPT) ist zu lang.

Wählen Sie kürzere Ordernamen oder legen Sie die Datei NIVNET16.OPT in einem weniger verschachtelten Verzeichnis ab.

### 1006

**Der Pfad zur Eingabe-Datei**

...

**ist zu lang. Es sind nur 125 Zeichen möglich !**

Der Pfad zur Eingabedatei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO, (d.h. Laufwerksbuchstabe, Ordner, untergeordnete Ordner und Dateiname Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO) ist zu lang.

Wählen Sie einen kürzeren Projektnamen und kürzere Ordernamen oder legen Sie das Projekt in einem weniger verschachtelten Verzeichnis an.

**1009**

**Die folgende Datei kann nicht geöffnet werden:**

...

Ein Programmmodul kann eine Datei nicht öffnen.

Prüfen Sie, ob Ihnen ein Zugriffsrecht auf die Datei bzw. den Ordner fehlt, oder ob die Datei gerade von einem anderen Programm verwendet wird.

**1010**

**Die folgende Projekt-Datei existiert nicht :**

...

Die angegebene Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO ist im angegebenen Projektverzeichnis nicht vorhanden.

Erstellen Sie ggf. die Datei neu – aus Nigra heraus oder mit einem Editor (vgl. 2 Projekt, Seite 5).

**1018**

**Die zuletzt gewählten Steuer-Parameter sind nicht mehr bekannt.**

**Bitte alle Steuer-Parameter neu auswählen.**

Die Datei Projekt.IN\*, in der die Steuerparameter intern gespeichert werden, war beschädigt und wurde neu angelegt. Als Steuerparameter werden Standard-Voreinstellungen angezeigt.

Wählen Sie die Steuerparameter erneut aus.



**1020**

**Es liegt keine zu verwendende Beobachtung vor !**

Die Eingabedatei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO enthält keine Beobachtungen bzw. keine verwertbaren Beobachtungen (alle KB = 0).

**1021**

**Es liegen Beobachtungen für mehr als  
... Punkte vor !**

Die zu verwendenden Beobachtungen (KB=1) in der Eingabedatei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO verbinden mehr als ... Netzpunkte. Die Größe des Netzes überschreitet die Dimensionierung der vorliegenden Version von NIVNET<sup>plus</sup>.

Reduzieren Sie die Anzahl der Datensätze oder stellen Sie einen schriftlichen Antrag auf eine Sonderversion beim Autor.

**1027**

**Die Datei (Projekt.NIV) enthält fehlerhafte Da-  
tenzeilen.  
(Projekt.KNO)**

**Falls Sie als Art der Ausgabe-Datei "Standard" gewählt haben, wurden die Fehler in (Projekt.AUS) gekennzeichnet.**

**Andernfalls sollten Sie (NIV...) erneut starten und als Art der Ausgabe-Datei "Standard" wählen.**

Plausibilitätsprüfungen deckten Fehler in den Eingabedaten auf. Die fehlerhaften Elemente sind in der Datei Projekt.AUS markiert worden, falls eine Standard-Ausgabedatei gewählt wurde.

**1028**

**In der Datei (Projekt.NIV) fehlt das Ende-  
(Projekt.KNO)**

**Kriterium:**

**00000000000000 00000000000000**

**bzw.**

**00000000000000**

In der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO muß die Eingabe der Beobachtungen bzw. Festpunkt-Höhen durch ein Endekriterium bestehend aus Nullen abgeschlossen werden (vgl. 2.3 Die Datei Projekt.NIV, Seite 8).

**1031**

**Es liegen mehr als ... Beobachtungen vor !**

In der Eingabedatei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO liegen mehr als ... zu verwendende Beobachtungen (KB=1) vor. Die Anzahl der Beobachtungen überschreitet die Dimensionierung der vorliegenden Version von NIVNET<sup>plus</sup>.

Reduzieren Sie die Anzahl der Datensätze oder stellen Sie einen schriftlichen Antrag auf eine Sonderversion beim Autor.

**1039**

**Konfigurationsdefekt !**

**Das Niv-Netz haengt nicht zusammen.**

**Vergleiche Datei (Projekt.AUS) !**

Das Nivellementnetz hängt nicht zusammen. Welche Punkte nicht durch Beobachtungen mit dem Netz verbunden sind, wird in der Datei Projekt.AUS angegeben.

Prüfen Sie die Eingabedatei auf Vollständigkeit, die Einstellung der Beobachtungskennungen KB und die Punktnummern.

**1040**

**Konfigurationsdefekt. Keine Lösung möglich !  
Vergleiche Datei (Projekt.AUS) !**

Es liegt ein Konfigurationsdefekt vor, der eine Auswertung unmöglich macht. Die Art des Defektes wird in der Ausgabedatei dokumentiert:

- bei Zwangsausgleichung:

**2041**

**Konfigurationsdefekt - Nicht bestimmbare NivP:  
PNR ...  
PNR ...  
.....**

- bei freier Ausgleichung oder Auffelderung:

**2042**

**Konfigurationsdefekt - Unzusammenhaengendes  
Netz. NivP:  
PNR ...  
PNR ...  
.....**

Prüfen Sie die Daten in der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO.

**1041**

**\*\*\* Auffelderung \*\*\*  
Vermutlich kein zusammenhängendes Netz.  
Überprüfen mit freier Netzausgleichung !**

Bei der Berechnung von Näherungshöhen kann noch nicht festgestellt werden, daß das Projekt aus nicht zusammenhängenden Netzteilen besteht, da für jedes Netzteil Auffelderungspunkte vorliegen. Dies wird erst im Zuge der Auswertung bemerkt, aber nicht lokalisiert. Die bis zum Abbruch angelegte Ergebnis-Datei Projekt.AUS ist wertlos.

Führen Sie eine freie Netzausgleichung durch, um zu ermitteln, welche Punkte nicht durch Beobachtungen mit dem Netz verbunden sind.

**1050**

**Der Speicherplatz reicht nicht aus !**

**Reservierte Anzahl Profil: ...**

**Benötigte Anzahl Profil: ...**

Das Projekt kann nicht ausgewertet werden. Obwohl die *Sparse-Technik* angewendet wird, ergibt sich ein zu großes Normalgleichungssystem. Das kann darin begründet sein, daß zu viele Punkte untereinander verbunden sind, und sich somit für die Normalgleichungen keine ausgeprägt schmale Bandstruktur ergibt.

Reduzieren Sie die Anzahl der Datensätze oder stellen Sie einen schriftlichen Antrag auf eine Sonderversion beim Autor.

**1060**

**Fehler bei Reduktion der Normalgleichungen !**

Dieser Fehler kann bei der Reduktion des Normalgleichungssystems auftreten. Seine Ursache läßt sich nicht exakt lokalisieren. Jedoch ist zu vermuten, daß ein zu schlecht konditioniertes System vorliegt.

**1061**

**Die Matrix  $A0' * A0$  ist zu schlecht konditioniert !**

Der L1-Norm-Ausreißertest schlägt fehl.

Prüfen Sie, ob die Standardabweichungen der Beobachtungen sinnvoll angesetzt wurden (S und sniv in der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO).

**1062**

**Die Modell-Matrix ist zu schlecht konditioniert !**

Der L1-Norm-Algorithmus schlägt fehl.

Prüfen Sie, ob die Standardabweichungen der Beobachtungen sinnvoll angesetzt wurden (S und sniv in der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO).

**1070**

**Die Datei (Projekt.NIV) enthält keine zum  
(Projekt.KNO)  
Netz gehörenden Anschluß- bzw. Auffel-  
derungs-Punkte (KH=1) .**

**Keine Ausgleichung mit Zwangsanschluß  
bzw. Auffelderung möglich !**

In der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO sind keine NivP mit ihrer Höhe und der Höhenkennung KH = 1 eingetragen.

Prüfen Sie die Eingabedatei auf Vollständigkeit, die Einstellung der Höhenkennungen KH und die Punktnummern.

**1071**

**Alle Netz-Punkte sind Anschluß-Punkte.**

**In diesem Fall keine L1-Ausgleichung  
mit Zwangsanschluß möglich !**

NIV\_L1 dient nicht zur Genauigkeitsberechnung durch die Gegenüberstellung von Soll- und Ist-Werten. Hierzu bitte NIVNET einsetzen.

**1097**

**Die Steuer-Datei NIVNET16.OPT existiert nicht !**

Die Datei NIVNET16.OPT ist unter dem beim Programmstart (ggfs. von Nigra) vorgegebenen Pfad nicht vorhanden.

**1098**

**Die Steuer-Datei NIVNET16.OPT ist am Ende unvollständig.**

Die Datei NIVNET16.OPT ist unvollständig.

Kontrollieren und ergänzen Sie die Datei NIVNET16.OPT (vgl. 2.2 Die Datei NIVNET16.OPT, Seite 7).

**1400**

**Die Datei (Projekt.NIV) enthält keine zum  
(Projekt.KNO)  
Netz gehörenden Anschlußpunkte (KH=1).**

**Keine Netzreduktion auf Anschluß- und  
Knotenpunkte möglich !**

In der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO sind keine NivP mit ihrer Höhe und der Höhenkennung KH = 1 eingetragen.

Prüfen Sie die Eingabedatei auf Vollständigkeit, die Einstellung der Höhenkennungen KH und die Punktnummern.

**1410**

**Keine mehrfachen Niv-Strecken vorhanden !**

Die Datei Projekt.NIV enthält keine zu verwendenden (KB=1), mehrfach bestimmten Nivellementstrecken.

### 1420

**Aus den eingegebenen Beobachtungen kann kein knotenpunkt-reduziertes Niv-Netz gebildet werden !**

Das Nivellementnetz ist für eine Netzreduktion nur auf Knotenpunkte nicht geeignet. Es zerfällt bei der Netzreduktion.

Versuchen Sie es mit einer Netzreduktion auf Anschluß- und Knotenpunkte oder verwenden Sie das nicht reduzierte Netz.

### 2009

**Überlauf in Nachbarschaftsmatrix !  
Punkt ... hat mehr als 10 Nachbarn.**

Von einem NivP gehen Beobachtungen zu mehr als 10 anderen NivP ab; dies kann nicht verarbeitet werden.

- Führen die abgehenden Beobachtungen lediglich zu „einseitig angehängten“ *NivP* (in der Regel im Zwischenblick beobachtet), ist das Netz vorab mit NIVVOR zu reduzieren.
- Gehen von einem *NivP* mehr als 10 *Nivellementlinien* ab, ist eine schriftliche Rückfrage beim Autor bezüglich einer Sonderversion möglich - unter Beifügung des Netzbildes, der Verfahrensdatei auf Diskette und von Angaben zum PC (Typ, RAM\_KB usw.).

### 2019

**Überlauf in Vektor ADJNCY bei der Elimination doppelter Schleifen !**

Die Dimensionierung des Vektors ADJNCY wurde überschritten.

Es ist eine schriftliche Rückfrage beim Autor bezüglich einer Sonderversion möglich - unter Beifügung des Netzbildes, der Verfahrensdatei auf Diskette und von Angaben zum PC (Typ, RAM\_KB usw.).

### 2020

**Aus den verwendeten Beobachtungen läßt sich keine Niv-Schleife bilden !**

Das *Nivellementnetz* bestehend aus den verwendeten Beobachtungen (KB=1) der Datei Projekt.NIV bzw. Projekt.KNO enthält keine *Nivellementschleifen*.

Prüfen Sie ggf. die Eingabedatei auf Vollständigkeit, die Einstellung der Beobachtungskennungen KB und die Punktnummern.



## 8 Literaturverzeichnis

- [1] *Baumann, E.*: Vermessungskunde Band 1 und 2, Dümmler Verlag Bonn
- [2] *Fröhlich, H.*: Auswertung von Nivellements mit dem Programmsystem NIVNET. Vermessungsingenieur Heft 6/1988
- [3] *Fröhlich, H.*: Auswertung von Nivellements mit dem PC-Programm NIVNET, Dümmler Verlag, Bonn
- [4] *Fröhlich, H.*: Zur Schleifenbildung in Nivellementnetzen ohne Lagekoordinaten, Vermessungswesen und Raumordnung, Heft 1/1994
- [5] *Fröhlich, H./J. Kremers*: Zur Bestimmung der lösbaren und unlösbaren Parameter bei Ausgleichungen, Zeitschrift für Vermessungswesen 1985
- [6] *George, A./J. W.-H. Liu*: Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems, Prentice-Hall, Inc. New Jersey
- [7] *Kampmann, G.*: Zur kombinatorischen Norm-Schätzung mit Hilfe der L1-, der L2- und der Boskovic-Laplace-Methode mit den Mitteln der Linearen Programmierung. Veröff. des Geod. Inst. der RWTH Aachen, Nr. 43, 1988, ISSN 0515-0574
- [8] *Koch, K.R.*: Parameterschätzung und Hypothesentests in linearen Modellen, Dümmler Verlag, Bonn
- [9] *Landesvermessungsamt NRW*: Das Nivellementpunktfeld in Nordrhein-Westfalen (NivP-Erl.), RdErl. des Innenministeriums vom 29.6.1993-III-C3-4412.
- [10] *Matthias, H.J./P. Kasper/D. Schneider*: Amtliche Vermessungswerke Band 2, Triangulation 4. Ordnung, Verlag Sauerländer, Aarau, Schweiz

- [11] *Trukk-Soft*: Nigra-Handbuch, 53757 Sankt Augustin, Paracelsusstraße 49
- [12] *Wolf, H.*: Ausgleichungsrechnung I, Formeln zur praktischen Anwendung, Dümmler Verlag, Bonn
- [13] *Wolf, H.*: Ausgleichungsrechnung II, Aufgaben und Beispiele zur praktischen Anwendung, Dümmler Verlag, Bonn

## 9 Glossar

Einigen Begriffen im Glossar ist die Fundstelle beigelegt. Dabei bedeuten:

DIN 18709: Deutsche Norm (Vornorm) DIN 18709, Teil 1: Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen im Vermessungswesen, Allgemeines; Berlin, August 1982

FIG-Wb.: Fachwörterbuch Benennungen und Definitionen im deutschen Vermessungswesen, Vorläufige Ausgabe zum XIII. Internationalen Kongreß der Fédération Internationale des Géomètres Wiesbaden 1971; Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a.M. 1971

NivP-Erl.: Das Nivellementpunktfeld in Nordrhein-Westfalen, i.d.F. vom 29.6.1993, Bonn-Bad Godesberg

### Ausreißer

Vermutlich fehlerhafte Beobachtung. Der *Ausreißertest* kennzeichnet eine Beobachtung dann als Ausreißer, wenn ihre *Normierte Verbesserung NV* (Testgröße) größer ist als der *Schwellenwert*, der durch die vorgegebene Sicherheitswahrscheinlichkeit (*Signifikanzniveau*) definiert wird.

### CHI<sup>2</sup> - Test (Modelltest)

vgl. 6.4 Geschätzte Standardabweichung der Gewichtseinheit, Seite 82

### Data-snooping (Ausreißertest)

Ein von BAARDA entwickeltes Verfahren (Daten schnüffeln) zur Aufdeckung von *Ausreißern* in den Beobachtungsdaten im Anschluß an eine Ausgleichung nach der L2-Norm.

Bekanntlich haftet jeder Beobachtung ein mehr oder weniger großer Beobachtungsfehler an. Im Zuge der überbestimmten Auswertung ( $\sum PVV =$

min.) - hierzu zählt auch die Bildung des arithmetischen Mittels - wird ein Anteil in der Beobachtungsverbesserung  $V$  aufgedeckt, ein nicht erkannter Anteil schlägt sich in den geschätzten Unbekannten (ausgeglichenen Höhen) nieder.

Mit Hilfe des Data-snoopings lassen sich nun diese Anteile ermitteln. Über den Anteil des Beobachtungsfehlers an der Verbesserung  $V$  kann dann mit Hilfe eines statistischen Tests (Ausreißertest) mit einer vorgegebenen Sicherheitswahrscheinlichkeit (*Signifikanzniveau*) die Abgrenzung zwischen zufälligen Fehleranteilen und *Ausreißern* (groben Fehlern) wie folgt vorgenommen werden:

Ein *Ausreißer* liegt vermutlich dann vor, wenn die *normierte Verbesserung*  $NV$  der betreffenden Beobachtung als Testgröße den *Schwellenwert*, abhängig vom gewählten *Signifikanzniveau*, überschreitet.

Im Vermessungswesen gebräuchliche *Schwellenwerte* sind:

<i>Signifikanzniveau</i>	<i>Schwellenwert</i>
68 %	1.00
95 %	1.96
99 %	2.58
99.9 %	3.29

Anmerkung:

Der *Schwellenwert*, ob ein Fehler als grober Fehler anzusehen ist, hängt vom gegebenen *Signifikanzniveau* ab. Je höher das *Signifikanzniveau*, um so sicherer werden nur die tatsächlich grob fehlerhaften Beobachtungen aufgedeckt.

Einfluß auf die relative Punktlage EP

EP ist der Wert, um den der *Grobe Fehler* die ausgeglichene Beobachtung (ausgeglichene Höhe Endpunkt minus ausgeglichene Höhe Anfangspunkt) verfälscht. Es ist:

$$EP_i = GF_i \cdot (1 - r_i)$$

mit:  $GF_i =$  Grober Fehler in der Beobachtung  $i$

$r_i =$  Redundanzanteil der Beobachtung  $i$  an der Gesamtredundanz

### Grober Fehler GF

Geschätzte Größe des (Beobachtungs-)fehlers (*Ausreißers*). GF berechnet sich aus:

$$GF_i = \frac{-v_i}{r_i}$$

mit:  $v_i =$  Verbesserung der Beobachtung  $i$

$r_i =$  Redundanzanteil der Beobachtung  $i$  an der Gesamtredundanz

### Knotenpunkt

vgl. Nivellementknoten.

### Kontrolliertheit der Beobachtung

Wie gut eine Beobachtung kontrolliert ist, läßt sich aus der Größe ihres *Redundanzanteiles*  $r_i$  schließen. In der Praxis wird der Redundanzanteil in % angegeben und mit EV (Einfluß auf die Verbesserung) bezeichnet:

$$EV_i = r_i \cdot 100$$

EV = 0% : Nicht kontrolliert (NK); z.B. einseitig angehängter *NivP*

EV = 100% : Voll kontrolliert; z.B. gemessener Höhenunterschied zwischen zwei Festpunkten

Oft ist gebräuchlich :

EV < 10% : schwach kontrolliert

10% ≤ EV ≤ 40% : ausreichend kontrolliert

EV > 40% : gut kontrolliert

### Nivellementknoten

*NivP*, an dem mindestens drei *Nivellementlinien* oder *-strecken* zusammentreffen (*NivP-Erl.*).

Nivellementlinie

Zusammenfassung von aufeinanderfolgenden *Nivellementstrecken* zwischen zwei *Knotenpunkten* (FIG-Wb., DIN 18709).

Nivellementnetz

Zusammenfassung der Nivellements Schleifen (NivP-Erl.).

Nivellementpunkt (= NivP)

Die *Nivellementpunkte* sind Vermessungspunkte, deren Höhen durch Nivellement bestimmt sind und die im amtlichen Nachweis geführt werden (NivP-Erl., DIN 18709).

Nivellements Schleife

In sich geschlossene Aneinanderreihung von *Nivellementlinien* oder *Nivellementstrecken* (FIG-Wb., NivP-Erl., DIN 18709).

Nivellementstrecke

Nivellitische Verbindung zweier aufeinanderfolgender *Nivellementpunkte* (FIG-Wb., NivP-Erl., DIN 18709).

NivP

vgl. Nivellementpunkt.

Normierte Verbesserung NV

Der durch seine Standardabweichung geteilte Betrag einer Verbesserung. Die normierte Verbesserung wird als Testgröße für den Ausreißertest benutzt.

$$NV_i = \frac{|v_i|}{s_0 \cdot \sqrt{Q_{v_i v_i}}}$$

mit:  $v_i$  = Verbesserung der Beobachtung  $i$   
 $s_0$  = Standardabweichung der Gewichtseinheit a priori  
 $Q_{v_i v_i}$  = Kofaktor der Verbesserung  $v_i$

### Präzisionsnivellement

Ein geometrisches Nivellement höchster Genauigkeit, das den Empfehlungen der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) entspricht (FIG-Wb.).

### Redundanz R

Anzahl der Überbestimmungen eines Ausgleichungsproblems unter Berücksichtigung eines etwaigen Rangdefektes  $d$  (freies *Nivellementnetz*  $d=1$ ) gemäß:

$$R = f = n - u + d$$

mit:  $f$  = Anzahl der Freiheitsgrade  
 $n$  = Anzahl der Beobachtungen  
 $u$  = Anzahl der Unbekannten  
 $d$  = Rangdefekt

### Redundanzanteil $r_i$

Anteil einer Beobachtung an der Gesamtredundanz  $R$ .

$$R = \sum r_i$$

### Schleifenschlußfehler (= Schleifenwiderspruch)

Allgemeiner Ausdruck für die Abweichung von Null, die bei *Nivellementschleifen* auftritt (DIN 18709).

### Schwellenwert (kritischer Wert)

Ein vom gewählten *Signifikanzniveau* abhängiger Wert . In Verbindung mit einem Ausreißertest die Schranke, bei deren Überschreiten eine Beobachtung als *Ausreißer* deklariert wird.

### Signifikanzniveau

Im Sinne von NIVNET<sup>plus</sup> die Sicherheitswahrscheinlichkeit dafür, daß eine Beobachtung zwischen zwei vorgegebene Grenzen (*Schwellenwert*) fällt.

Sparse-Technik

Sparse (engl. dünn, spärlich).

Ein speicherplatz- und rechenzeitsparendes Verfahren bei der Aufstellung und Auflösung von Normalgleichungen.

Überschlagsnivellement

Geometrisches oder trigonometrisches Nivellement zwischen Höhenfestpunkten mit bekannten Höhendifferenzen zur Ermittlung eines geeigneten Anschlußpunktes.