

TRANSINT

03 - d

November 2002

Urs Marti
Alessandro Carosio

**Robuste Ähnlichkeitstransformation,
robuste affine Transformation und
Interpolation nach dem arithmetischen
Mittel**



Bundesamt für Landestopographie
Office fédéral de topographie
Ufficio federale di topografia
Uffizi federal da topografia

www.swisstopo.ch

TRANSINT

03 - d

Urs Marti
Alessandro Carosio

Robuste Ähnlichkeitstransformation,
robuste affine Transformation und
Interpolation nach dem arithmetischen
Mittel

November 2002

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung	1
1.1	Der Vergleich geodätischer Netze	1
1.2	Die Einpassung eines Netzes in bestehende Fixpunkte	1
1.3	Praktische Lösung	2
2	Robuste Ähnlichkeitstransformation	2
2.1	Allgemeines	2
2.2	Das mathematische Modell	2
2.3	Einsatz der robusten Ähnlichkeitstransformation	5
3	Interpolation nach dem arithmetischen Mittel	7
3.1	Allgemeines	7
3.2	Anwendungen in der Landesvermessung	7
3.3	Das mathematische Modell	8
3.4	Die numerische Lösung	11
4	Das Programm TRANSINT	12
5	Literatur	12
6	Benutzeranleitung	14
6.1	Einführung / Programmgliederung	14
6.2	Beschränkungen des Programms	14
6.3	Programmaufruf	14
6.4	Grundeinstellungen	14
6.5	Die Optionen	15
6.6	Bedeutung der einzelnen Optionen	17
6.7	Der Passpunkteditor	21
6.8	Dateneingabe	24
6.9	Die Ausgabe der Resultate	25
7	Der Optioneneditor TRANSINT-WIN	28

1 Einleitung

Zwei Aufgaben werden in der geodätischen Praxis sehr oft mit Koordinatentransformationen gelöst: Der Vergleich mehrerer unabhängig gemessener Netze mit gemeinsamen Punkten und die Einpassung neuer Netze in bestehende Fixpunktsysteme. Das Programm TRANSINT enthält eine Lösung für die Ähnlichkeitstransformation mit robuster Ausgleichung sowie ein Verfahren für die Interpolation nach dem arithmetischen Mittel. Um systematisch orientierte Zwänge zu korrigieren, wird manchmal auch eine affine Transformation benötigt. Das Programm kann deshalb auch eine Affinität als Verallgemeinerung der Ähnlichkeitstransformation berechnen. Der vorliegende Bericht beschreibt die mathematischen Grundlagen beider Aufgaben und enthält Angaben über die Benutzung des Programms.

Das Programm TRANSINT beschränkt sich in der vorliegenden Version auf Lagekoordinaten. Höheninformationen werden nicht verarbeitet.

1.1 Der Vergleich geodätischer Netze

In zwei verschiedenen Koordinatensystemen werden unabhängig die Koordinaten der gleichen Punkte bestimmt (y, x und y', x'). Nun möchte man feststellen, ob tatsächlich die Werte in den beiden Systemen zu den gleichen Punkten gehören und wie gross die eventuellen gegenseitigen Abweichungen sind.

Zur Lösung solcher Aufgaben werden in den meisten Fällen die Koordinaten des einen Systems mit einer Ähnlichkeitstransformation (z.B. durch Helmert-Transformation) in das andere System transformiert:

$$\begin{aligned}y' &= y_0 + m \cos \omega y + m \sin \omega x \\x' &= x_0 - m \sin \omega y + m \cos \omega x\end{aligned}\quad (1)$$

Die unbekannten Transformationsparameter werden mit einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt, damit die kleinstmögliche Summe der Quadrate der Koordinatendifferenzen zwischen beiden Systemen entsteht. Die Koordinatenverbesserungen

$$\begin{aligned}dy &= y'_{(\text{transformiert})} - y'_{(\text{beobachtet})} \\dx &= x'_{(\text{transformiert})} - x'_{(\text{beobachtet})}\end{aligned}\quad (2)$$

geben dann Hinweise auf die gegenseitigen Abweichungen der Koordinaten der beiden Systeme.

1.2 Die Einpassung eines Netzes in bestehende Fixpunkte

Gegeben sind zwei Systeme, die teilweise identische Punkte enthalten. Im ersten System (Ausgangssystem, früher in TRANSINT auch als 'lokales System' bezeichnet) liegen die Koordinaten aller Punkte vor, während im zweiten System (Zielsystem, früher: 'globales System') nur die Koordinaten einiger Punkte (Passpunkte) bekannt sind. Gesucht sind die Koordinaten aller Punkte im Zielsystem.

Für die Lösung des Problems wird eine geeignete mathematische Abbildung (Interpolationsfunktion) zwischen den Koordinaten im Ausgangssystem und jenen im Zielsystem benötigt. Nur selten kann eine solche Abbildung eine einfache geometrische Transformation (Translation, Rotation) sein, da in den meisten Fällen die beiden Koordinatensätze verschiedene Ungenauigkeiten zufälliger und systematischer Natur aufweisen.

Für die Wahl einer geeigneten Interpolationsfunktion müssen die funktionalen und statistischen Eigenschaften der vorhandenen Koordinaten (das mathematische Modell) genügend genau bekannt sein. Je nach Modell ist die eine, die andere oder überhaupt keine Interpolationsfunktion zweckmässig.

Es ist daher für diese Aufgabe nicht möglich, eine allgemeine Lösung für alle geodätischen Anwendungen zu finden. In jedem einzelnen Fall muss überprüft werden, welches Interpolationsverfahren sich am besten eignet.

Die häufigste Anwendung in der Landesvermessung ist die Einpassung von zwangsfrei berechneten Netzen in ein bestehendes, übergeordnetes Fixpunktsystem. Die Eigenart dieser Applikation liegt in der Tatsache, dass das Ausgangssystem oft genauer ist als das Zielsystem.

1.3 Praktische Lösung

Zur Lösung beider Aufgaben, der Ähnlichkeitstransformation und der Interpolation von neuen geodätischen Netzen in bestehende Fixpunktsysteme, wurde am Bundesamt für Landestopographie das Programm TRANSINT entwickelt, das mit geringem Aufwand zu den gewünschten Resultaten führt. Im Folgenden werden das mathematische Modell und die möglichen Anwendungen in der Praxis vorgestellt.

2 Robuste Ähnlichkeitstransformation

2.1 Allgemeines

Der Vergleich von geodätischen Netzen durch Ähnlichkeitstransformation ist ein klassisches und häufig verwendetes Verfahren in der angewandten Geodäsie.

Zur Veranschaulichung können folgende mögliche Anwendungen dienen:

- Beispiel 1

Nach der Messung eines neuen Operates 4. Ordnung wurden die Beobachtungen in einem zwangsfreien Netz ausgeglichen, um die innere Genauigkeit zu prüfen. Danach möchte man durch eine Ähnlichkeitstransformation die Übereinstimmung zwischen der neuen Triangulation und dem übergeordneten Fixpunktsystem kontrollieren.

- Beispiel 2

Bei Deformationsmessungen möchte man die Koordinaten der Fixpunkte der Ausgangsmessung mit denjenigen einer Wiederholungsmessung vergleichen. Das Netz der Fixpunkte wird für beide Epochen zwangsfrei ausgeglichen und dann das neuere Netz in das ältere transformiert.

Bei beiden Anwendungen hat die Transformation folgende Eigenschaften:

- Die Ähnlichkeitstransformation hat 2, 3 oder 4 Parameter (Translation, Translation und Rotation, Helmert-Transformation).
- Die Transformationsparameter müssen so bestimmt werden, dass die transformierten Ausgangskordinaten möglichst gut in das Ziel-Koordinatensystem passen.
- Die Beobachtungen der Ausgleichung sind die Zielkoordinaten (alte Koordinaten) der Punkte (Passpunkte), die in den beiden Netzen auftreten (pro Punkt y und x, d.h. 2 Beobachtungen). Die Passpunkte sind in der Regel zahlreich (10 bis 100 und mehr), so dass die Anzahl überschüssiger Beobachtungen gross ist.
- Vor allem in grossen Netzen wird vermutet, dass die Ausgangskordinaten (neue Koordinaten) einiger weniger Punkte aus irgendeinem Grund von den Zielkoordinaten (alten Werten) abweichen. Ziel der Analyse ist in diesen Fällen die Identifikation solcher Punkte.

2.2 Das mathematische Modell

2.2.1 Ähnlichkeitstransformation

Die Ähnlichkeitstransformation kann, wie bekannt, mit den folgenden Formeln berechnet werden:

$$y' = y_0 + m \cos \omega y + m \sin \omega x \quad (3)$$

$$x' = x_0 - m \sin \omega y + m \cos \omega x$$

und daher, wenn die Transformationsparameter mit einer Ausgleichung nach kleinsten Quadraten gesucht werden, sind die Beobachtungsgleichungen:

$$y' + v_y = y_0 + m \cos \omega y + m \sin \omega x \quad (4)$$

$$x' + v_x = x_0 - m \sin \omega y + m \cos \omega x$$

Wenn alle 4 Parameter (y_0 , x_0 , m , ω) unbekannt sind (Helmert-Transformation) oder wenn nur y_0 und x_0 zu finden sind (d.h. $m = 1$ und $\omega = 0$, Translation), können die Beobachtungsgleichungen, eventuell durch geeignete Substitutionen, in Linearform geschrieben werden. Hingegen sind, wenn $m = 1$ eingesetzt wird und y_0 , x_0 und ω als Unbekannte auftreten, die Beobachtungsgleichungen keine linearen Funktionen mehr; man kann sie nur in einem kleinen Intervall um die gesuchte Lösung linearisieren.

Da für die Praxis alle Varianten von Bedeutung sind, wurde für die Programmierung die allgemeinere Lösung mit den nicht-linearen Beobachtungsgleichungen (4) gewählt: Die Beobachtungsgleichungen werden vor jeder Iteration durch numerische Differentiation um den Näherungswert linearisiert. Damit kann der Programmbenützer jede beliebige Variante mit 2, 3 oder 4 Parametern wählen.

2.2.2 Robuste Transformation

Da der eine oder andere Passpunkt möglicherweise keine gut übereinstimmenden Koordinaten in beiden Systemen hat, schien es angebracht, die Transformationsparameter mit einer 'robusten Ausgleichung' zu ermitteln, welche wirklichkeitsnahe Resultate liefert, auch wenn sich unter den Messungen noch einige (wenige) grobe Fehler befinden. Die theoretischen Grundlagen dafür wurden von P.J. Huber erarbeitet und in verschiedenen Publikationen veröffentlicht (siehe [7], [8] und [9]). Ein Lösungsansatz für geodätische Anwendungen des Gauss-Markov-Modells (vermittelnde Ausgleichung) ist in [1] beschrieben.

Hier wird nur das Grundprinzip der robusten Ausgleichung wiederholt: Es seien

$$v_i = a_i x_0 + b_i y_0 + \dots + L_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

die Verbesserungsgleichungen, die durch Linearisierung der Beobachtungsgleichungen entstanden sind.

Die Unbekannten (x, y, z, ...) werden so bestimmt, dass

$$\sum p(v) = \min \quad (6)$$

Die Funktion $p(v)$ ist für die klassische Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate wie bekannt

$$p(v) = v^2 \quad (7)$$

Die Unbekannten werden so gewählt, dass die Summe der Quadrate der Verbesserungen minimal wird. Wenn grobe Fehler (im behandelten Fall Koordinatenunstimmigkeiten) vorhanden sind, führt die klassische Ausgleichung sehr rasch zu unbrauchbaren Unbekannten.

Bei der robusten Ausgleichung wird für die Bedingung

$$\sum p(v) = \min \quad (8)$$

eine andere Funktion $p(v)$ gewählt, damit die Unbekannten von eventuellen groben Fehlern weniger beeinflusst werden. Gemäss einem Vorschlag von P.J. Huber wurde folgende Funktion für das Programm TRANSINT verwendet

$$\begin{aligned} p(v) &= \frac{v^2}{2} & \text{für } |v_i| < k \cdot m_i \\ &= k \cdot m_i \cdot |v_i| - \frac{(k \cdot m_i)^2}{2} & \text{für } |v_i| > k \cdot m_i \end{aligned} \quad (9)$$

wobei k eine Konstante und m_i der mittlere Fehler der entsprechenden Beobachtung sind. Die Konstante k kann im Programm frei gewählt werden; für übliche Anwendungen sind k -Werte zwischen 2 und 3 zweckmässig. Für $k \rightarrow \infty$ erhält man die gewöhnliche Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate (das Programm berechnet diese Variante wenn $k = 0$ eingesetzt wird).

Mehrere Versuche mit der robusten Ausgleichung in verschiedenen geodätischen Applikationen sind in [16] beschrieben.

2.2.3 Zuverlässigkeitsbetrachtungen

Die Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate, die für die Bestimmung der Transformationsparameter benötigt wird, ist in der Regel sehr einfach, und die empirische Beurteilung der Passpunktconfiguration sollte normalerweise keine Schwierigkeiten bereiten. Trotzdem schien es angebracht, ein numerisches Kriterium vorzusehen, um die Zuverlässigkeit nachzuweisen. Bei der Verwendung der robusten Ausgleichung werden die Zuverlässigkeitsbetrachtungen weniger einfach, und ein numerisches Verfahren ist dann sehr vorteilhaft.

Die gewählte Methode ist die Bestimmung des Koeffizienten der 'geometrischen Zuverlässigkeit' für jede Beobachtung der Ausgleichung, d.h. im vorliegenden Fall wird für jede Zielkoordinate:

$$Z_i = \frac{q_{vv}^{(ii)}}{q_{ll}^{(ii)}}$$

berechnet, wobei $q_{vv}^{(ii)}$ und $q_{ll}^{(ii)}$ die i-ten Diagonalelemente der Kofaktorenmatrizen der Verbesserungen und der Beobachtungen sind (für die Berechnung siehe z.B. [13]). Z_i ist ein Mass für den Überbestimmungsgrad der gemessenen Grössen im Netz und erlaubt den Vergleich mit bekannten einfachen Messanordnungen. Hier einige Beispiele:

Z_i	Beispiel
0.00	Messung ohne Überbestimmung
0.33	Drei gemessene Winkel in einem Dreieck (1 Freiheitsgrad)
0.50	Doppelmessung (2 unabhängige Bestimmungen der gleichen Grösse)
0.67	Dreifache Messung (3 unabhängige Bestimmungen der gleichen Grösse)
1.00	Totale Überbestimmung des Netzes (Messung einer Grösse die schon 'unendlich genau' bekannt ist)

Für die Berechnung von Z_i bei robusten Transformationen wurde die Näherung verwendet, wie sie in [16] empfohlen wird. Die daraus hervorgegangenen Z-Werte sind dann als Grenzwerte zu verstehen, d.h. die entsprechende Beobachtung ist mindestens so gut vom Netz überbestimmt, wie der berechnete Koeffizient der geometrischen Zuverlässigkeit angibt.

2.2.4 Die affine Transformation

Wenn aus der Problemstellung ersichtlich ist, dass die Unterschiede zwischen den Koordinaten richtungsabhängig sind, z.B. wenn sie aus Papierverzug, aus einer Rutschung usw. stammen, ist eine affine Transformation geeigneter als eine einfache Helmert-Transformation.

Die Affinität ist die allgemeinste lineare Transformation in der Ebene

$$y' = y_0 + B_x x + A_y y$$

$$x' = x_0 + A_x x + B_y y$$

wobei

y', x' die transformierten Koordinaten im Zielsystem sind,

x, y die zu transformierenden Ausgangskoordinaten sind und

$y_0, x_0, B_x, B_y, A_x, A_y$ die 6 unbekannten Transformationsparameter sind.

Die 6 unbekannten Parameter werden mit einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt. Eine robuste Ausgleichung nach Huber ist ebenfalls möglich. Sie ist aber nur bei guter Überbestimmung und zuverlässiger Konfiguration sinnvoll.

Die berechneten Parameter werden als Ergebnisse ausgedruckt. Sie sind aber nicht leicht interpretierbar. Das Programm berechnet daher auch weitere Funktionen der Parameter, die eine geometrische Bedeutung haben.

So wird die Tissot'sche Indikatrix (Verzerrungsellipse) bestimmt, die bei der Affinität für alle Punkte identisch ist. Die Konstruktionselemente (grosse Halbachse a , kleine Halbachse b und Richtung der grossen Halbachse ϕ) werden angegeben. Sie sind die maximalen bzw. die minimalen Längenverzerrungen und werden wie folgt berechnet:

$$a = \frac{1}{2} \left(\sqrt{(A_x + A_y)^2 + (B_x - B_y)^2} + \sqrt{(A_x - A_y)^2 + (B_x + B_y)^2} \right)$$

$$b = \frac{1}{2} \left(\sqrt{(A_x + A_y)^2 + (B_x - B_y)^2} - \sqrt{(A_x - A_y)^2 + (B_x + B_y)^2} \right)$$

$$\varphi = \frac{1}{2} \left(\arctan \frac{B_x - B_y}{A_x + A_y} + \arctan \frac{B_x + B_y}{A_x - A_y} \right)$$

Dazu werden die Längenverzerrungen in X- und Y-Richtung, die maximalen Richtungsverzerrungen und die Richtungsverzerrungen in X- und Y-Richtung angegeben.

Das mathematische Modell und die Programmierung für die affine Transformation sind aus Arbeiten von E. Schaub am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ entstanden [18].

2.3 Einsatz der robusten Ähnlichkeitstransformation

Die robuste Transformation soll zum Einsatz kommen, wenn vermutet wird, dass nicht alle Passpunkte fehlerfrei sind und wenn man schnell brauchbare Resultate haben möchte. Für geodätische Anwendungen sollte dann der Parameter k der robusten Ausgleichung zwischen 2.0 und 3.0 gewählt werden. Kleine k-Werte stärken die Unempfindlichkeit der Ausgleichung gegen grobe Fehler, erhöhen aber die Gefahr, dass die Berechnung zu einer singulären Matrix führt, wenn zu viele Beobachtungen von den ausgeglichenen Werten stark abweichen.

Das folgende Beispiel aus der Deformationsmessung der Staumauer Rempfen zeigt eine mögliche Anwendung der robusten Transformation. Aus dem Vergleich mit der gewöhnlichen Helmert-Transformation lassen sich die Vorteile der robusten Version bei Netzvergleichen sehr gut ansehen.

Die Staumauer Rempfen ist die kleine Sperre eines Ausgleichsbeckens des Kraftwerkes Wägital. Diese ältere Mauer wird periodisch geodätisch untersucht, um eventuelle Deformationen festzustellen. Ein besonderes Problem stellt dabei die grosse Unstabilität der Talflanken dar. Ein Vergleich der Pfeilerbestimmungen in den Jahren 1973 und 1979 zeigte zum Beispiel deutliche Zwänge.

a) Die gewöhnliche Helmert-Transformation

Die Einpassung der Koordinaten von 1979 in die Koordinaten 1973 durch eine 4-Parameter-Ähnlichkeitstransformation (Helmert-Transformation) führt zu den folgenden Restfehlern, wenn alle 4 Pfeiler als Passpunkte eingesetzt werden:

AEHNLICHKEITSTRANSFORMATION
PASSPUNKTE UND VERBESSERUNGEN

PASSPUNKT	VY [mm]	VX [mm]
PF.1	1.1	2.7
PF.2	3.0	-1.0
PF.3	-0.2	-0.8
PF.4	-3.9	-0.9

Die graphisch dargestellten Restfehler geben dann das folgende Bild und können mit einem einfach berechneten Konfidenzintervall (2 mF) verglichen werden:

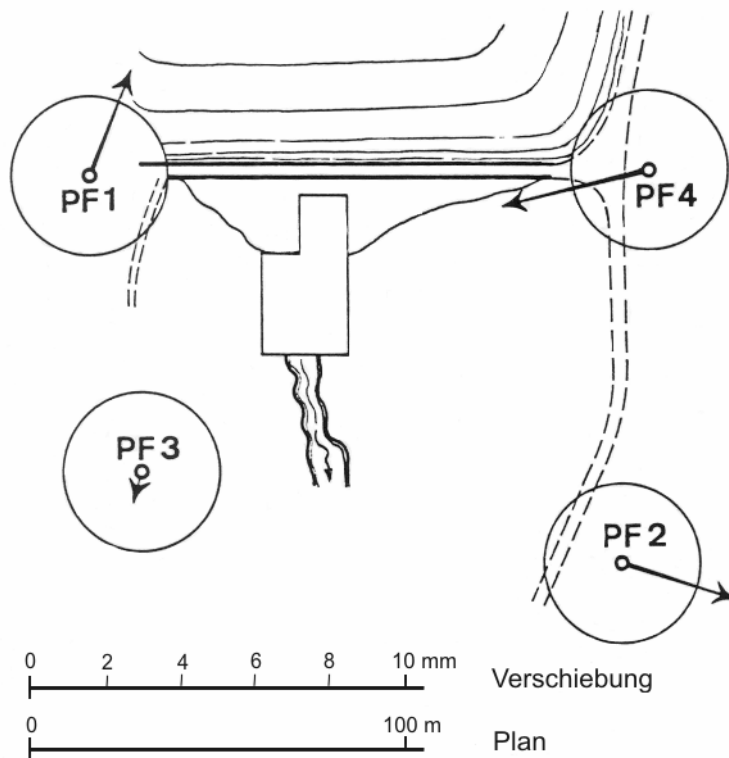


Fig. 1: Restfehler bei der üblichen Helmert-Transformation

Es ist leicht feststellbar, dass die 2 Netze (1973 und 1979) nicht gut zusammenpassen. Es ist aber nicht sofort ersichtlich, ob nur ein Punkt eine starke Abweichung aufweist oder mehrere Punkte ihre Lage geändert haben.

b) Die robuste Transformation

Die gleiche Transformation mit 4 Parametern wurde dann robust mit $k = 2.0$ berechnet, um die Wirkung auf die Resultate zu zeigen. Die robuste Transformation führt in einem Rechenschritt zu folgenden Restfehlern:

AEHNLICHKEITSTRANSFORMATION
 ROBUSTE TRANSFORMATION (MIT $K = 2.0$)
 PASSPUNKTE UND VERBESSERUNGEN

PASSPUNKT	VY [mm]	VX [mm]
PF.1	0.6	1.8
PF.2	1.7	-0.0
PF.3	-0.3	-0.9
PF.4	-5.9	-0.9

Das Bild zeigt, dass die Lageänderung von Pfeiler 4 sehr wahrscheinlich die Ursache der Unstimmigkeit ist.

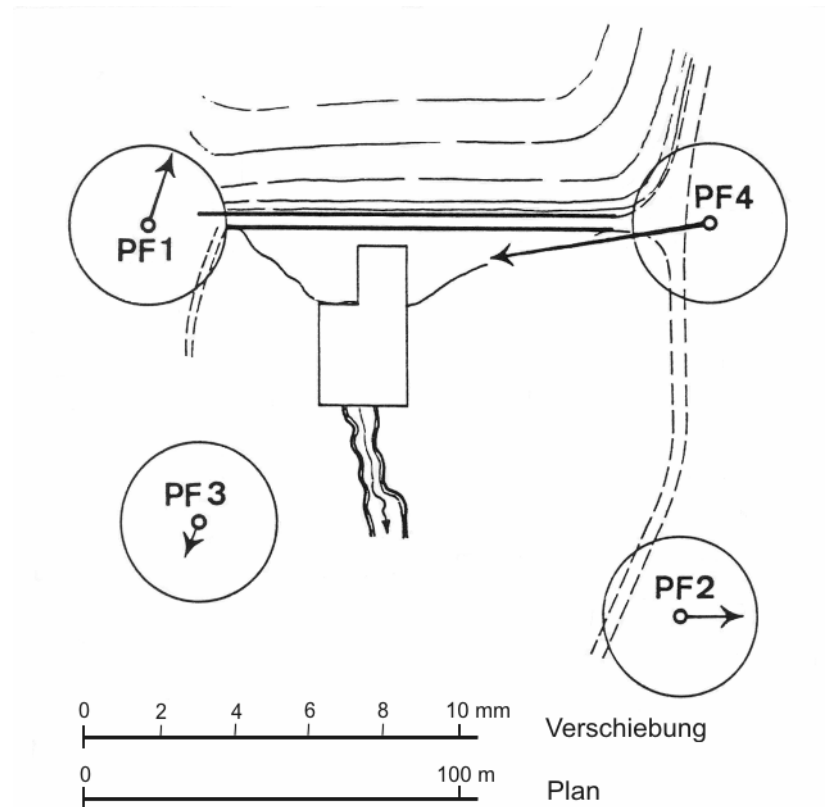


Fig.2: Restfehler bei der robusten Transformation ($k = 2$)

Der Einsatz in grösseren Netzen mit mehreren Passpunkten und im Verhältnis weniger häufigen Abweichungen (z.B. nur 10% der Passpunkte falsch) führt zu noch besseren und leichter interpretierbaren Resultaten.

3 Interpolation nach dem arithmetischen Mittel

3.1 Allgemeines

Die Landesvermessung wurde etappenweise aufgebaut: Neue Netze werden in die bestehende Netze höherer Ordnung eingeführt und müssen mit den älteren Nachbaroperaten verbunden werden. Das Problem der Anpassung wurde üblicherweise durch Einzwängen des Netzes bei der Ausgleichung gelöst: Die Koordinaten aller Punkte der übergeordneten Netze wurden als fest betrachtet. Diese Lösung hat sich in der Praxis durchgesetzt, da sie weniger Rechenaufwand erforderte als alle Alternativmöglichkeiten. Mit TRANSINT steht jedoch eine solche Alternativmöglichkeit zur Verfügung.

Das Einzwängen der Netze führt zu befriedigenden Resultaten, wenn die als fest angenommenen Punkte tatsächlich mit den Messungen der Ausgleichung übereinstimmen oder beim Vorhandensein einiger Zwänge, wenn das eingezwängte Netz sehr homogen ist und somit eine regelmässige Verteilung der Widersprüche entsteht. Da in der Praxis diese Bedingungen nicht leicht einzuhalten sind, haben explizite Interpolationsverfahren an Bedeutung gewonnen, weil sie die Restzwänge unabhängig vom Netzaufbau regelmässig verteilen [2].

3.2 Anwendungen in der Landesvermessung

Die häufigste Applikation ist die Einpassung neuer geodätischer Netze in das bestehende Fixpunktsystem. Das neue Netz ist mit den heutigen genauen Messgeräten gemessen und zwangsfrei ausgeglichen, die Ungenauigkeiten betragen daher nur wenige cm. Die übergeordneten Fixpunkte hingegen sind eine Erbschaft aus der Vergangenheit und enthalten oft örtliche systematische Fehler (im Dezimeterbereich); sie dürfen aber oft aus organisatorischen und wirtschaftlichen Gründen nicht geändert werden.

Die Fixpunktfehler sind fest und bekannt, da sie mit Hilfe des praktisch fehlerfreien neuen Netzes ermittelt werden können. Man darf sie daher nicht als stochastische Grössen interpretieren.

Für die Einpassung des neuen Netzes in das übergeordnete spielen dann nur die funktionalen Eigenschaften der Interpolationsmethode eine Rolle. Die Interpolationsmethode sollte die folgenden Bedingungen einhalten:

- die interpolierten Passpunkte müssen die Sollkoordinaten (übergeordnetes Netz) behalten
- die Zwischenpunkte müssen möglichst homogen und ohne Überkorrekturen interpoliert werden
- die Berechnung muss möglichst schnell und preisgünstig durchgeführt werden können
- die Modellparameter sollten eine möglichst anschauliche Bedeutung haben

Die meisten vorhandenen Interpolationsprogramme halten die oben erwähnten Bedingungen nicht ein, da sie von einer eher statistischen Modellvorstellung ausgehen (s. z.B. [4], [6], [10], [11], [14]).

Das Programm TRANSINT enthält ein einfaches Verfahren, die so genannte Interpolation nach dem arithmetischen Mittel, welche die gewünschten Eigenschaften aufweist.

3.3 Das mathematische Modell

3.3.1 Das Problem

Wenn ein neues Netz mit zahlreichen Punkten zwangsfrei ausgeglichen wird, erhalten die Netzknoten im Koordinatensystem der Berechnung neue Koordinaten. Um das neue Netz in ein bestehendes Netz einzupassen, werden geeignete Punkte festgelegt, von denen man die Koordinaten im bestehenden (übergeordneten) Netz bereits kennt und, meist aus wirtschaftlichen Gründen, unverändert behalten will. Diese Punkte werden Passpunkte genannt. Da für die Passpunkte Koordinaten in beiden Systemen vorliegen, sind die entsprechenden Inkremente dx und dy , für welche

$$y + dy = y' \quad (10)$$

$$x + dx = x'$$

gilt, mit den folgenden Formeln direkt berechenbar:

$$dy = y' - y \quad (11)$$

$$dx = x' - x$$

Die Interpolationsfunktion berechnet danach ausgehend von den Inkrementen der Passpunkte passende Korrekturen dy und dx auch für die anderen Punkte des lokalen Netzes und liefert dann ihre gesuchten Globalkoordinaten.

3.3.2 Die Wahl der Interpolationsfunktion

Man kann die Interpolationsfunktion für die vorgesehenen Applikationen weitgehend frei aufbauen, wie in Kapitel 3.2 erklärt wurde. Nur die vier dort erwähnten Bedingungen sollen eingehalten werden. Es ist daher zweckmässig mit ganz einfachen Funktionen zu beginnen, um dann durch sukzessive Verbesserungen zu einer befriedigenden Interpolationsfunktion zu gelangen. Bereits das allgemeine arithmetische Mittel

$$dy_p = \frac{\sum p_i \cdot dy_i}{\sum p_i} \quad (12)$$

$$dx_p = \frac{\sum p_i \cdot dx_i}{\sum p_i}$$

liefert bei einem geeigneten Gewichtseinsatz wie z.B.

$$p_i = \frac{1}{d_i^2} \quad (13)$$

gute Koordinaten für die interpolierten Punkte und befriedigt die gestellten Bedingungen, wenn die Passpunktdichte ungefähr konstant ist (d_i ist die Distanz zwischen Neupunkt und i -tem Passpunkt) und wenn die Ausgangs- und Zielkoordinaten sich wertmässig nur wenig unterscheiden. Falls die zwei Koordinatensysteme stark voneinander abweichen, kann man sie mit einer Helmert-Transformation vorgängig anpassen.

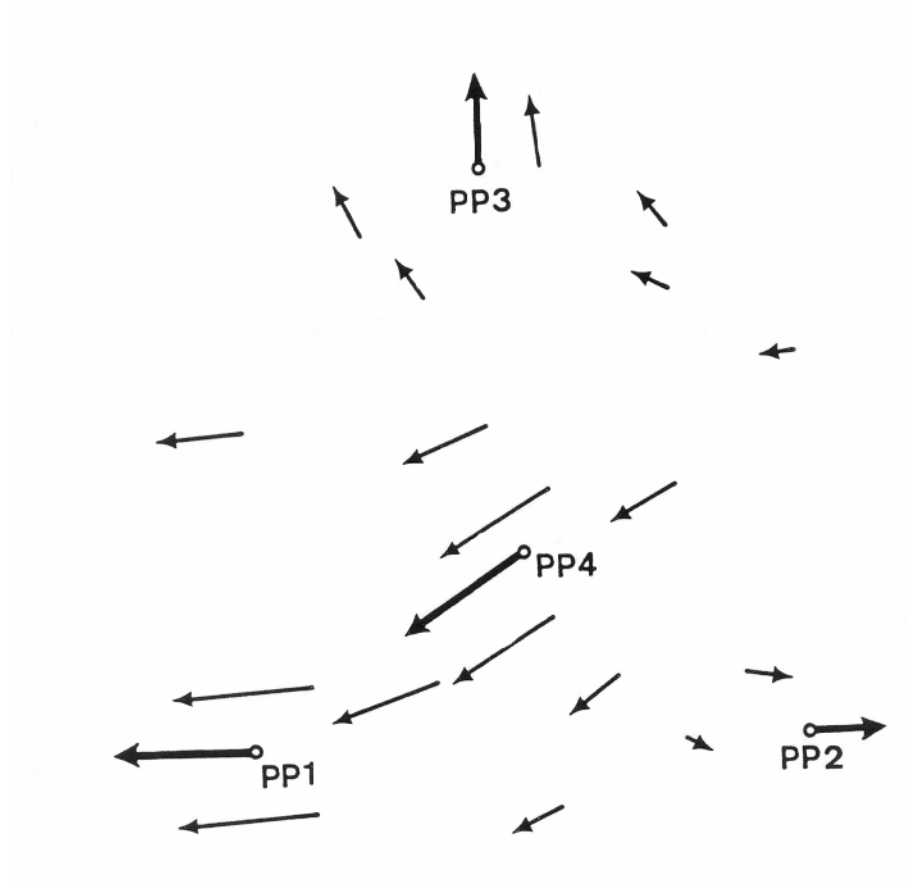


Fig.3: Gegebene Inkremente für die Passpunkte und interpolierte Werte für die Zwischenpunkte

Das allgemeine arithmetische Mittel kann wie eine vermittelnde Ausgleichung in Matrizenform dargestellt werden:

$$dy_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DY \quad (14)$$

$$dx_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DX$$

wobei: $A = (1, 1, \dots, 1)$ ein Vektor mit Einheitskomponenten,
 P die Diagonalmatrix der Gewichte und
 DY bzw. DX die Vektoren der Inkremente aller Passpunkte sind.

Ein Schönheitsfehler entsteht, wenn mehrere Passpunkte sich an einem Ort treffen (z.B. wenn mehrere Exzentren vorliegen). Diese mehrfachen Passpunkte würden dann ein Übergewicht bekommen und die Homogenität der Interpolation stören. Um dies auch zu berücksichtigen, kann man eine Korrelationsmatrix R zwischen den Passpunkten einführen:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Zur Berechnung der einzelnen Korrelationskoeffizienten r_{ij} wurden zahlreiche Netze untersucht, um eine geeignete Korrelationsfunktion zu bilden. Die folgende Formel hat sich als gute Näherung für die üblichen Applikationen erwiesen:

$$r_{ij} = 0.9 \cdot e^{-\left(\ln 1.8\right) \frac{d_{ij}^2}{d_0^2}} \quad (16)$$

wobei d_{ij} die Distanz zwischen dem i-ten und j-ten Passpunkt und die Konstante d_0 die Distanz zwischen zwei Passpunkten ist, für welche die Korrelation $r = 0.5$ gesetzt wird. Aus der Formel können die Werte der folgenden Tabelle berechnet werden, die das Variieren der Korrelation in Funktion der Distanz zeigen:

d_{ij}/d_0	r
0	0.90
0.5	0.78
1	0.50
2	0.09
3	0.005
4	0.0001

Da in Netzen mit Maschenweite = d_0 in der Praxis festgestellt werden kann, dass die Werte der Tabelle eine recht gute Näherung für die Korrelation zwischen den ausgeglichenen Koordinaten darstellen, bekommt der Parameter d_0 eine anschauliche Bedeutung. Er kann als mittlere Maschenweite der Netze angesehen werden, aus welchen die Passpunkte ursprünglich bestimmt wurden.

Selbstverständlich gilt diese Bedeutung nur unter der Voraussetzung, dass die Herkunftsnetze keine wesentlichen systematischen Fehler enthalten, was z.B. bei neuen Netzen der Fall ist. Bei der Interpolation von neuen Netzen in alten, systematisch verfälschten Fixpunktnetzen muss d_0 einfach als Distanz zwischen den Passpunkten gelten, bei welchen die Korrelation 0.5 ist. Sie muss empirisch durch die Betrachtung der grafischen Darstellung der Koordinatenänderungen der Passpunkte bestimmt werden. d_0 wird dann so klein gewählt, dass d_0 entfernte oder nähere Passpunkte tatsächlich sehr ähnliche Änderungsvektoren aufweisen. Ganz unterschiedliche Änderungsvektoren dürfen nur zwischen Passpunkten, die mehr als $2d_0$ voneinander entfernt sind, auftreten.

Die Korrelationsmatrix ist nach der Festlegung von d_0 bestimmt und daraus berechnet man aus [17] die entsprechende vollständige Gewichtsmatrix:

$$P = \sqrt{P_d} \cdot R^{-1} \cdot \sqrt{P_d} \quad (17)$$

P_d ist die Diagonalmatrix der Gewichte, die für das allgemeine arithmetische Mittel verwendet wurde.

Die Matrizenformeln des allgemeinen arithmetischen Mittels (14) können für diese allgemeinere Lösung unverändert übernommen werden:

$$dy_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DY \quad (18)$$

$$dx_p = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \cdot DX$$

Zu bemerken ist nur, dass im vorliegenden Fall die Matrix P keine Diagonalmatrix mehr ist.

Die gesuchten Korrekturen für die interpolierten Punkte sind, wie aus der Formel (18) ersichtlich ist, lineare Funktionen der Koordinateninkremente der Passpunkte, d.h.:

$$dy = c_1 dy_1 + c_2 dy_2 + \dots + c_n dy_n \quad (19)$$

$$dx = c_1 dx_1 + c_2 dx_2 + \dots + c_n dx_n$$

in jedem Fall mit $\sum c_i = 1$

Die Koeffizienten c_i sind in der Regel, wie es auch sinnvoll ist, positiv und führen daher zu keinen Überkorrekturen. Nur in Spezialfällen, wenn man stark korrelierte Passpunkte sehr unterschiedlich gewichtet, werden einige c_i negativ. Um dies zu vermeiden, werden die dazugehörigen Passpunkte bei der Interpolation nicht berücksichtigt. Die übrigen c_i erhalten, nach Neubildung der inversen Korrelationsmatrix und anschliessender Neuberechnung, die gewünschten positiven Werte ($c_i \geq 0$). So bleiben auch in extremen Fällen die geforderten funktionalen Eigenschaften der Interpolation erhalten.

3.4 Die numerische Lösung

Die numerische Lösung, die für die Programmierung gewählt wurde, ist relativ einfach, so dass hier nur in Stichworten die Reihenfolge der Operationen angegeben wird.

a) Nur einmal für die ganze Interpolation

- Bilden der Korrelationsmatrix gemäss Formel (16)
- Inversion der Korrelationsmatrix
- Bilden der Vektoren der Passpunktinkremente (dy und dx) für y und x getrennt aus Formel (10)

b) Für jeden zu interpolierenden Punkt

- Bilden des Gewichtsvektors P_d gemäss Formel (13)
- Berechnen des Vektors C aus

$$P = \sqrt{P_d} \cdot R^{-1} \cdot \sqrt{P_d} \quad \text{und} \quad C = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P$$

- Prüfen, ob kein c_i negativ ist. Wenn mindestens ein c_i negativ ist, wird für den Passpunkt, bei welchem c_i am kleinsten ist, das Gewicht auf Null gesetzt und die Inverse der Korrelationsmatrix durch einen Austauschschritt (siehe [15]) entsprechend reduziert. Das Verfahren wird wiederholt, bis alle c_i die Bedingung $c_i \geq 0$ erfüllen. Dann folgt die Berechnung von

$$dy_p = C^T \cdot dy \quad \text{und} \quad dx_p = C^T \cdot dx$$

4 Das Programm TRANSINT

Geometrische Transformationen und Interpolationen sind organisatorisch sehr ähnliche Verfahren, so dass es zweckmässig schien, beide Operationen in einem einzigen Programm zu kombinieren. Es ist so möglich, eine Ähnlichkeitstransformation oder eine Interpolation oder beide Berechnungen hintereinander, einfach durch entsprechende Angaben in den Programmoptionen, auszuführen.

Die genauen Angaben für die Programmbedienung sind der Benutzeranleitung (Kapitel 6) zu entnehmen. Die Einfachheit des Modells erlaubt, die Anzahl der erforderlichen Erklärungen auf ein Minimum zu reduzieren. Gemeinsame Eingabedaten sind lediglich:

- das File der Zielkoordinaten (Passpunkte)
- das File der Ausgangskoordinaten (Passpunkte und Neupunkte)
- die Liste der Passpunkte

Die Berechnung erfolgt dann vollautomatisch, und es wird ein File der transformierten oder interpolierten Punkte erzeugt zur Weiterverwendung in anderen Programmen. Ein Protokollfile mit den notwendigen Angaben wird ebenfalls bereitgestellt.

Für die Ähnlichkeitstransformation sind zusätzlich einige Modellparameter anzugeben. Die wichtigsten:

- Anzahl Unbekannte (um zu wählen zwischen Translation, Translation und Rotation, Helmert-Transformation oder affiner Transformation)
- Die Transformationsparameter, wenn man sie vorgeben will; sonst werden sie durch Ausgleichung berechnet (Normalfall)
- Der Parameter k für die robuste Ausgleichung (für $k = 0$, was anstelle von $k \rightarrow \infty$ zu setzen ist, wird eine gewöhnliche Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate durchgeführt)

Für die Interpolation wird ein einziger Modellparameter benötigt: Die Netzmaschenweite d_0 des Passpunkt-Netzes (für neue LFP1-Netze ca. 3000 - 5000 m, für LFP2-Netze ca. 500 - 1000 m, für LFP3-Netze 50 - 100 m usw.), welche bei der Bildung der Korrelationsmatrix verwendet wird (Formel (16)).

5 Literatur

- [1] Carosio A.: Robuste Ausgleichung. VPK 11-1979.
- [2] Carosio A.: Anwendung von Interpolationsverfahren in der Landestriangulation. VPK 10-1980.
- [3] Conzett R.: Fehlertheorie und Ausgleichungsrechnung. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, 1976 (Vorlesung).
- [4] Engelhardt H.: Die Überführung der Soldner-Koordinaten in das Gauss-Krüger-Koordinatensystem. Karlsruhe.
- [5] Grossmann W.: Grundzüge der Ausgleichungsrechnung. Springer, Berlin, 1969.
- [6] Hein G.W. et K. Lenze: Zur Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit verschiedener Interpolations- und Prädiktionsmethoden. ZfV 11-1979.
- [7] Huber P.J.: Robust Estimation of a Location Parameter. Ann. Math. Statist., 1964.
- [8] Huber P.J.: Robust Estimation. Zeitschr. für Wahrscheinlichkeitstheorie und Verw. Gebiete, 10-1968.
- [9] Huber P.J.: Robust Regression: Asymptotics, conjectures and Monte Carlo. Ann. Math. Statist., 1/5, 1973.
- [10] Kraus K.: Interpolation nach kleinsten Quadraten in der Photogrammetrie. ZfV 9-1970.
- [11] Kraus K.: Interpolation nach kleinsten Quadraten in der Photogrammetrie. Bildmessung und Luftbildwesen 1-1972.
- [12] Kraus K.: QUINT Programmbeschreibung. Stuttgart, 1972.
- [13] Linkwitz K.: Über die Systematik verschiedener Formeln der Ausgleichungsrechnung. ZfV 5-1960.
- [14] Schneider D.: QUINT Programmbeschreibung (Version L+T). Bulletin des RZ-Landestopographie Nr. 2, 1979.

- [15] Stiefel E.: Einführung in die numerische Mathematik. Teubner, Stuttgart, 1963.
- [16] Walter M.: Compensation d'observations médiates par la méthode robuste. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, Bericht Nr. 37, 1980.
- [17] Wolf H.: Ausgleichungsrechnung. Dümmler, Bonn, 1975.
- [18] Schaub E.: Benützeranleitung TRANSINT. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich, Juni 1992.

6 Benützeranleitung

6.1 Einführung / Programmgliederung

TRANSINT (TRANSformation-INTERpolation) ist das überarbeitete Programm für die Ausführung geometrischer Transformationen von ebenen Punktfeldern des Bundesamtes für Landestopographie. Höheninformationen werden mit TRANSINT nicht verarbeitet.

Das Programm TRANSINT kann in fünf Teile gegliedert werden:

- Grundeinstellungen (Wahl der Sprache und des Namens des lokalen Optionenfiles)
- Menüteil (Eingabe aller gewünschten Optionen)
- Passpunkteditor (Definition und Gewichtung der Passpunkte)
- Transformation (Berechnung der Ähnlichkeitstransformation oder der affinen Transformation)
- Interpolation nach dem arithmetischen Mittel

Zur Eingabe der Optionen steht auf allen unterstützten Betriebssystemen ein textbasierter Eingabeeditor zur Verfügung. Auf Windows-Systemen steht zudem eine grafische Benutzeroberfläche zur Verfügung, welche in Kapitel 7 beschrieben ist.

6.2 Beschränkungen des Programms

Zurzeit sind in der Standardversion von TRANSINT folgende Maximaldimensionen implementiert:

Maximale Anzahl Passpunkte: 6000

Die Anzahl der zu transformierenden / interpolierenden Punkte ist nicht begrenzt.

6.3 Programmaufruf

Mögliche Programmaufrufe lauten für alle Plattformen:

TRANSINT

oder

TRANSINT -f Optionenfile [GER/FRN]

bei Verwendung der Option -f werden der Startbildschirm und der ganze Optionenteil übersprungen und die Berechnung wird sofort ohne weitere Eingabe durch den Benutzer gestartet. Dies hat insbesondere beim Aufruf von TRANSINT durch Rahmenprogramme Vorteile. Die optionale Angabe von GER oder FRN ermöglicht die Wahl der Sprache für die Ausgaben auf den Bildschirm von TRANSINT.

Auf Unix-Plattformen existiert noch der zusätzliche Programmaufruf

TRANSINT -m

welcher statt der grafischen Motiv-Eingabemasken die textorientierten Masken verwendet wie bei der klassischen PC-Version.

Die alten Aufrufe wie TRANSINT 'Filename' und TRANSINT 'Filename' ALT werden aus Gründen der Portierbarkeit des Programmcodes auf die verschiedenen Rechnerplattformen nicht mehr unterstützt.

6.4 Grundeinstellungen

Der Menüteil benötigt im Falle des Programms TRANSINT einige Grundeinstellungen. Es handelt sich insbesondere um die Dialogsprache und den Namen des lokalen Optionenfiles.

Nach dem Programmaufruf erscheint folgender Titel am Bildschirm:

TRANSINT Version 99.4.1 - PC
15/01/02 16:45

INITIALIZE OPTIONS

NNNNNNNN NNNNNNN NNNN N NN NNNNNN NN N NN NNNNNNNN

NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN

NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN

NN NNNNNNN NNNNNNNN NN NN NN NNNNNN NN NN NN NN NN

NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN NN

NN NN NN NN NN NN NN NNN NN NN NN NN NNN NN

NN NN NN NN NN NN N NNNNNN NN NN N NN NN

(c) 2001, Bundesamt für Landestopographie

welche sprache <f>, <d> ? >d<

Alle Eingaben werden, durch den ganzen Menüteil hindurch, auf der untersten Zeile, der so genannten Eingabezeile, gemacht. Der Cursor positioniert sich immer an den Ort, an dem die Eingabe zu machen ist. Es ist nicht möglich, den Cursor auf dem Schirm zu bewegen.

Zum Teil steht an der Position des Cursors bereits ein Wert. Dieser kann, ohne ihn neu eingeben zu müssen, übernommen werden. Es reicht in diesem Fall, ein <RETURN> einzugeben.

6.4.1 Sprachauswahl

Als erste Grundeinstellung wird die Dialogsprache abgefragt. Die Abfrage erscheint in der Sprache, in der das Programm zuletzt im gleichen Verzeichnis verwendet wurde. Je nachdem welche Menüfiles installiert sind, kann mit d, f, i oder e der Dialog auf Deutsch, Französisch, Italienisch oder Englisch geführt werden. Das Programm erkennt selbständig, welche Sprachfiles installiert sind und gibt nur diese zur Auswahl. Ist also nur ein Menüfile installiert, so wird die Sprache nicht abgefragt und das Programm startet automatisch in der entsprechenden Sprache.

6.4.2 Lokales Optionenfile

Als zweite Grundeinstellung wird der Name eines eventuellen lokalen Optionenfiles abgefragt. Dazu wird die Eingabezeile wie folgt geändert:

Name des lokalen optionen-Files (ohne Extension) ? > <

Somit ist es möglich, mehrere verschiedene Optionenfiles im gleichen Verzeichnis zu haben. Wird kein Filename angegeben, so arbeitet TRANSINT mit dem Standardfile TRANSINT.OPT. Der Filename (ohne Extension) darf maximal 8 Zeichen umfassen und muss den üblichen Konventionen für Filenamen auf dem entsprechenden Computersystem entsprechen. Dem Namen wird in jedem Fall die Extension .OPT angehängt. In diesem File werden die Parametereinstellungen gespeichert.

6.5 Die Optionen

6.5.1 Allgemeines

Der Eingabeteil dient zur Eingabe von Anwählsequenzen und Optionswerten.

Auf dem folgenden Hauptmenü von TRANSINT können wir fünf Teile unterscheiden:

- einen Titelteil (normal dargestellt)
- einen Erklärungsteil mit Anwählsequenz (fett dargestellt)
- einen Teil mit den eingestellten Optionen (kursiv dargestellt)
- einen Teil der weitere Optionen beinhaltet (fett/kursiv dargestellt)
- und einen Eingabeteil (normal dargestellt)

```

                                TRANSINT Version 99.4.1 - PC
MENÜ 1 : F I L E - M E N Ü                                     15/01/02 16:57
-----
--- INPUT / OUTPUT ---
<1> Name des GLOBALEN Koordinaten-Files: GLOBAL.KOO           *
<2> Name des LOKALEN Koordinaten-Files: LOKAL.KOO            *
<3> Name des Passpunkt-Files      : BEISPIEL.PP              *
<4> Name des Protokoll-Files       : BEISPIEL.PRN             *
<5> Name des Resultat-Files       : BEISPIEL.PUN             *
<6> Max. Anzahl Zeilen/Seite in <4> : 42
--- HAUPT-PARAMETER ---
<7> Koordinatenrundung [Stellen]   : 3
<8> Mittlerer Fehler Globalkoordinaten : 0.
<9> Mittlerer Fehler Lokalkoordinaten : 10.
<10> Punktidentifikation [NORMAL/neu] : NORMAL
<11> Namenabkürzungen ?           [ja/NEIN]: NEIN
-----
weitere Befehle :  <X> / <Q> / <F> / <N> / <P> / <M> / <E> / <?i> /
waehle :
-----

```

Der Titelteil beinhaltet den Programmnamen und die Versionsnummer, die Menünummer und den Menünamen sowie das Datum und die aktuelle Zeit.

Der Erklärungsteil beinhaltet eine kurze Erklärung jeder einzelnen Option sowie ganz links zwischen <> die Anwählsequenz, um der entsprechenden Option einen neuen Wert zuzuweisen.

Der Optionswerteteil befindet sich rechts vom Erklärungsteil und beinhaltet zu jeder Zeit die eingestellten Werte.

Der Teil für weitere Befehle beinhaltet Befehle, die in allen geodätischen Programmen des Bundesamts für Landestopographie (TRANSINT, KOORDIFF usw.) die gleiche Bedeutung besitzen:

<X> Starten der Berechnung	(eXecute)
<Q> Programm abbrechen	(Quit)
<N> Nächstes Menü aufrufen	(Next menu)
<P> Vorhergehendes Menü aufrufen	(Previous menu)
<M> Hauptmenü aufrufen	(Main menu)
<E> Punkteditor aufrufen	(Edit)
<?i> Hilfe zur Option i aufrufen	(i = Anwählsequenz)
<\$a> Systembefehl absetzen	(a = Betriebssystem-Befehl)

Mit \$ kann z.B. ein DIR (PC) oder ls (UNIX) gemacht werden oder es kann ein Editor aufgerufen werden. Nachdem der Befehl ausgeführt wurde, wird das Menü wieder angezeigt.

Der Eingabeteil dient zur Eingabe von Anwählsequenzen und Optionswerten.

6.5.2 Eingeben / ändern einzelner Optionen

Um einer Option einen (neuen) Wert zuzuweisen, muss zuerst auf der Eingabezeile (Aufforderung Wähle :) die entsprechende Anwählsequenz eingegeben werden. Nach dem <RETURN> erscheint auf der Eingabezeile ein Text, welcher zur Eingabe der entsprechenden Werte auffordert. Oft ist dieser Text identisch mit dem Text im Erklärungsteil. Er kann aber unter Umständen auch weitere Informationen enthalten, z.B. über den Wertebereich. Die Eingabe wird wie immer mit einem <RETURN> abgeschlossen. In diesem Moment wird der Wert an die entsprechende Position im Optionswerteteil geschrieben und der Eingabeteil wird wieder gelöscht, d.h. in seine Normalform (Wähle :) zurückgeführt.

Gewisse Eingaben, z.B. nicht zugelassene Filenamen, werden direkt bei der Eingabe erkannt. Anstatt den Wert in den Optionswerteteil aufzunehmen erscheint unterhalb des Eingabeteils eine Fehlermeldung und der Wert muss nochmals eingegeben werden.

Wird der Menüteil mit X oder E verlassen, so werden die Optionswerte auf ihre Plausibilität überprüft. Werden Fehler erkannt, so wird das entsprechende Menü nochmals angezeigt und die fehlerhafte Option wird

optisch hervorgehoben. Am unteren Bildschirmrand erscheint eine Fehlermeldung, die den Anwender über den aufgetretenen Fehler informiert. Die Option muss nun nochmals eingegeben werden. Erst wenn alle Optionen plausible Werte enthalten, arbeitet das Programm weiter.

6.5.3 Hilfefunktion des Menüteils

Das Programm TRANSINT enthält eingebaute Hilfefunktionen. Mit dem Befehl ?i kann zu jeder Option Hilfe verlangt werden (mit i wird die Anwahlsequenz der Option angegeben). Wird für eine bestimmte Option Hilfe angefordert, so wird der Bildschirm gelöscht und der Hilfetext angezeigt und am unteren Bildschirmrand erscheint folgende Eingabezeile:

```
=====
====>> weiter mit <U>p, <D>own, <Q>uit          >d<
=====
```

Je nachdem wie lange der Hilfetext ist und ob man sich auf der ersten oder letzten Seite befindet, wird nur <D>own, <Q>uit, oder <U>p, <Q>uit, oder nur <Q>uit angezeigt. Aus dem Hilfetext kann nichts ausgewählt werden. Er dient lediglich als Erklärung für eine gewisse Option.

6.6 Bedeutung der einzelnen Optionen

6.6.1 Das HAUPTMENÜ

Im Hauptmenü wird ausgewählt, welche Art von Berechnung (Transformation und/oder Interpolation) durchgeführt werden soll. Die weiteren Optionen verzweigen zu Untermenüs, verlassen das Programm, Starten eine Berechnung oder rufen den Passpunkt-Editor auf.

```

                                TRANSINT Version 99.4.1 - PC
MENÜ 0 : H A U P T   -   M E N Ü                                15/01/02 16:53
-----

<1> Hauptparameter + INPUT/OUTPUT-Files ...
<2> Transformation / Interpolation ...

<3> Transformation berechnen? [JA/nein]: JA
<4> Interpolation berechnen? [ja/NEIN]: JA

<E> Passpunkteditor aufrufen
<X> TRANSINT starten
<Q> QUIT (Programm abbrechen OHNE Speichern der Optionen)
<F> FILE (Programm abbrechen MIT Speichern der Optionen)

<?> oder <?i>   Hilfe zu Option i

-----
waehle : 1
-----
```

<1> Hauptparameter + INPUT/OUTPUT-Files ...

Aufruf des Menü 1, wo die Hauptparameter und die Eingabe- und Ausgabefilenames angegeben werden. Die drei Punkte am Schluss zeigen an, dass hinter diesem Menüpunkt wieder ein ganzer Menüschirm versteckt ist.

<2> Transformation / Interpolation ...

Aufruf des Menüs 2, wo die Parameter für die Transformation und die Interpolation eingegeben werden können.

<3> Transformation berechnen? [JA/nein]:

Standardwert: JA

Abfrage, ob die Transformation durchgeführt werden soll.

<4> Interpolation berechnen? [ja/NEIN]:

Standardwert: NEIN

Abfrage, ob die Interpolation durchgeführt werden soll.

<E> Punkteditor aufrufen

Ruft den Passpunkteditor auf.

<X> TRANSINT starten

Startet TRANSINT ohne den Passpunkteditor aufzurufen.

<Q> QUIT (Programm abbrechen ohne speichern)

Programm TRANSINT verlassen, ohne die Änderungen abzuspeichern. Es wird keine Verarbeitung durchgeführt.

<F> FILE (Programm abbrechen MIT speichern)

Programm TRANSINT verlassen und die Änderungen abspeichern. Es wird keine Verarbeitung durchgeführt.

<?> oder <?i> Hilfe zu Option i

Mit <?> wird generelle Hilfe zum Arbeiten mit den Optionen gegeben.

Mit <?i> wird Hilfe zur Option i gegeben.

6.6.2 Das FILEMENÜ

TRANSINT Version 99.4.1 - PC		15/01/02 17:29
MENÜ 1 : F I L E - M E N Ü		
--- INPUT / OUTPUT ---		
<1>	Name des GLOBALEN Koordinaten-Files: GLOBAL.KOO	*
<2>	Name des LOKALEN Koordinaten-Files: LOKAL.KOO	*
<3>	Name des Passpunkt-Files : BEISPIEL.PP	*
<4>	Name des Protokoll-Files : BEISPIEL.PRN	*
<5>	Name des Resultat-Files : BEISPIEL.PUN	*
<6>	Max. Anzahl Zeilen/Seite in <4> : 42	
--- HAUPT-PARAMETER ---		
<7>	Koordinatenrundung [Stellen] : 3	
<8>	Mittlerer Fehler Globalkoordinaten : 0.	
<9>	Mittlerer Fehler Lokalkoordinaten : 10.	
<10>	Punktidentifikation [NORMAL/neu] : NORMAL	
<11>	Namenabkürzungen ? [ja/NEIN]: NEIN	
weitere Befehle : <X> <Q> <F> <N> <P> <M> <E> <?i>		
wähle :		

<1> Name des GLOBALEN Koordinaten-Files

Kein Standardwert

In diesem File müssen die Koordinaten im **Zielsystem** vorliegen, also im System in welches transformiert werden soll. Ist das File noch im alten Koordinaten-Format, muss die Zusatzoption -A, vom Filenamen durch einen Leerschlag getrennt, hinzugefügt werden. Ein * am Ende der Zeile zeigt an, dass das File existiert.

<2> Name des LOKALEN Koordinaten-Files

Kein Standardwert

In diesem File müssen die zu transformierenden Koordinaten (**Ausgangssystem**) vorliegen. Ist das File noch im alten Koordinaten-Format, muss die Zusatzoption -A, vom Filenamen durch einen Leerschlag getrennt, hinzugefügt werden. Ein * am Ende der Zeile zeigt an, dass das File existiert.

<3> Name des Passpunkte-Files

Standardwert: TRANSINT.PP

In diesem File liegen die Passpunkte vor. Wurde die Passpunktliste noch nicht gebildet, muss sie mit dem Passpunkteditor generiert werden (Kapitel 6.7). Sie wird anschliessend in diesem File abgelegt.

<4> Name des Print-Files

Standardwert: TRANSINT.PRN

In diesem File werden die wichtigsten Optionen und Resultate ausgegeben. Ein * am Ende der Zeile zeigt an, dass das File schon existiert.

<5> Name des Resultat-Files

Standardwert: TRANSINT.RES

Das Resultatfile ist ein Koordinatenfile und liegt immer im neuen Punktformat vor. Es beinhaltet die transformierten Koordinaten mit allen Zusatzinformationen, wie sie im Inputfile der lokalen Punkte stehen. Ein * am Ende der Zeile zeigt an, dass das File schon existiert.

<6> Max. Anzahl Zeilen/Seite in <4>

Standardwert: 42

Mit dieser Angabe kann gesteuert werden, wie viele Zeilen auf einer Seite im Printfile (TRANSINT.PRN) ausgegeben werden sollen. Angemessene Werte sind:

42 für A4-quer

64 für A4-hoch

<7> Koordinatenrundung [Stellen]

Standardwert: 3

Anzahl der Dezimalstellen, die ins File der transformierten Koordinaten sowie ins Printfile geschrieben werden.

Mögliche Antworten: 2 (die Koordinaten werden auf den cm gerundet), 3 (für mm) usw.

<8> Mittlerer Fehler Globalkoordinaten

Standardwert: 0.0

Mittlerer Standardfehler für die gegebenen Koordinaten im Zielsystem in mm.

<9> Mittlerer Fehler Lokalkoordinaten

Standardwert: 10.0

Mittlerer Standardfehler für die zu transformierenden Koordinaten (Ausgangssystem) in mm.

<10> Punktidentifikation [NORMAL/neu]

Standardwert: NORMAL

Wahl zwischen Punktname (Option NORMAL) oder neuer Nummer aus der Artilleriepunktkarte (Option NEU). Wenn für einen Punkt die gewünschte Punktidentifikation fehlt, wird die andere angezeigt.

<11> Namenabkürzungen ? [ja/NEIN]

Standardwert: NEIN

Wenn sie zugelassen sind (Option JA), werden bei der Passpunktsuche Abkürzungen für die Punktnamen zugelassen. Das Programm sucht dann den vermutlich gemeinten Punkt. Wenn keine Abkürzungen zugelassen sind (Option NEIN), müssen die Punkte mit dem vollen Namen identifiziert werden.

6.6.3 Das TRANSFORMATION / INTERPOLATION - Menü

```

TRANSINT Version 99.4.1 - PC
MENÜ 2 : TRANSFORMATION / INTERPOLATION 15/01/02 17:33
-----
--- TRANSFORMATION ---
<1> PP transformieren ? [JA/nein] : JA
<2> Anzahl Unbekannter [2/3/4/6] : 4
    --- vorgegebene Parameter: ---
    <3> Y-Translation [m] :
    <4> X-Translation [m] :
    <5> Rotation [gon(/gon)] :
    <6> Massstab [mm/km(mm/km)] :
    <7> Globaler Drehpunkt (Y/X) [m] : 600000.0 200000.0
    <8> Lokaler Drehpunkt (Y/X) [m] : 600000.0 200000.0
    <9> K-Robust : 2.

--- INTERPOLATION ---
<10> Maschenweite d0 [m] : 1000.
-----
weitere Befehle : <X> | <Q> | <F> | <P> | <M> | <E> | <?i> |
-----
wähle :
-----

```

<1> PP transformieren? [JA/nein]

Standardwert: JA

Mit JA werden auch die transformierten Koordinaten der Passpunkte ins File der transformierten Koordinaten (Resultatfile) geschrieben.

<2> Anzahl Unbekannter [2/3/4/6]

Standardwert: 4

Hier muss die Anzahl der Transformationsparameter angegeben werden:

2 für eine Translation

3 für eine Translation und Rotation

4 für eine Helmert-Transformation

6 für eine Affin-Transformation

Mit den folgenden vier Optionen können bestimmte Transformationsparameter vorgegeben werden. Leere Felder bedeuten, dass die Parameter zu berechnen sind, was auch dem Normalfall entspricht.

<3> Y-Translation [m]

Kein Standardwert

Wert der Translation in Richtung der Y-Achse in Meter.

<4> X-Translation [m]

Kein Standardwert

Wert der Translation in Richtung der X-Achse in Meter.

<5> Rotation [gon(/gon)]

Kein Standardwert

Rotationswinkel in Gon. Wurden 3 oder 4 Unbekannte unter Punkt 2 gewählt, so ist ein Rotationswinkel einzugeben, wurden 6 Unbekannte gewählt, so sind deren zwei, getrennt durch ein Leerzeichen, einzugeben.

<6> Massstab [mm/km(mm/km)]

Kein Standardwert

Massstab in mm pro km. Wurden 4 Unbekannte unter Punkt 2 gewählt, so ist ein Massstab einzugeben, wurden 6 Unbekannte gewählt, so sind deren zwei, getrennt durch ein Leerzeichen, einzugeben.

<7> Globaler Drehpunkt (Y+X) [m]

Standardwert: 0.0 0.0

Drehpunkt der Koordinaten des Zielsystems. Normalerweise wird 0. 0. eingesetzt. Keine Angabe hat den gleichen Effekt. Die Eingabe eines Drehpunktes ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die beiden Koordinatensätze in verschiedenen Koordinatensystemen vorliegen (z.B. LV03 und LV95). Man kann dann hier entweder die Koordinaten des Koordinatenursprungs (Sternwarte Bern) oder den ungefähren Schwerpunkt des Netzes eingeben.

<8> Lokaler Drehpunkt (Y+X) [m]

Standardwert: 0.0 0.0

Normalerweise wird 0. 0. eingesetzt. Keine Angabe hat den gleichen Effekt.

Mit den beiden vorhergehenden Parametern kann eine Translation des lokalen Koordinatensatzes vor der Berechnung erreicht werden. Die Parameter X_0 und Y_0 beziehen sich dann auf den neuen Ursprung.

<9> K-Robust

Standardwert: 0

Für $k = \infty$, dargestellt durch $k = 0$, werden die Transformationsparameter nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt.

Für $k > 0$ wird eine robuste Ausgleichung mit dem entsprechenden k-Wert berechnet. Empfohlene k-Werte: 2 oder 3.

<10> Maschenweite d0 [m]

Standardwert: 1000.0

Diese Option ist nur sinnvoll, wenn unter Punkt <4> des Hauptmenüs auch wirklich eine Interpolation verlangt wurde. Die Maschenweite steuert die Bildung der Korrelationsmatrix für die Passpunktkoordinaten (Distanz = Maschenweite, Korr. = 0.5). Richtwerte für gute Netze sind:

LFP1 (Triangulation 3. Ordnung) $d_0 = 3000$ bis 5000 m

LFP2 (Triangulation 4. Ordnung) $d_0 = 500$ bis 1000 m

LFP3 (Polygonnetze) $d_0 = 30$ bis 100 m

6.7 Der Passpunkteditor

Wenn die Initialisierungsparameter (Optionen) eingegeben sind und der Passpunkteditor mit dem Befehl E aufgerufen wird, zeigt das Programm die Liste der gespeicherten Passpunkte an und führt dann zum Passpunkteditor. Mit diesem wird die Liste der Passpunkte erzeugt, modifiziert oder eingegeben. Dann kann man die Transformationsberechnung veranlassen. Zu bemerken ist, dass die Liste der Passpunkte vor einer Berechnung mit neuen Punktfiles erzeugt werden muss, da sonst die Liste entweder leer ist (Meldung 'keine Passpunkte') oder Punkte aus einer früheren Berechnung enthalten kann. Durch die Angabe eines bestimmten Filenamens im FILE-Menü können verschiedene Passpunktfiles verwendet werden. Der Anwender ist selber verantwortlich, dass er das richtige verwendet.

6.7.1 Eingaberegeln für den Passpunkteditor

Der Passpunkteditor stellt am Anfang und nach jeder Operation die Frage 'BEFEHL:', wonach der Benutzer eine der Anweisungen eintippen kann, um neue Passpunkte zu speichern, bestehende Eintragungen zu ergänzen oder zu modifizieren und abschliessend die Transformationsberechnung durchzuführen. Eingabe- und Mutationsbefehle lassen eine Schablone mit den Feldabgrenzungen erscheinen, die das Eingeben erleichtern. Die Feldgrenzen sind einzuhalten.

```
BEFEHL :
<-PUNKT-----><-MF.GL--><-MF.LOK->
```

Der Tabulator (oder "/>") bewirkt einen Sprung zum nächsten gezeigten Eingabefeld. Wenn eine Anweisung ausgeführt ist, wird die Frage 'BEFEHL:' wiederholt, und eine neue Anweisung kann erteilt werden. Im Folgenden werden die zur Verfügung stehenden Anweisungen erläutert.

6.7.2 Positionierungs- und Anzeigebefehle

FIND x	[f] Passpunktsuche. Der Passpunkt mit dem ähnlichsten Namen wird angezeigt.
NEXT n	[n] n-ten Passpunkt ab aktueller Position anzeigen (n darf negativ sein)
PRINT n	[p] n Passpunkte anzeigen (beginnend mit dem aktuellen Passpunkt)
POINT n	[po] den n-ten Passpunkt des Files zeigen
BOTTOM	[b] die aktuelle Position ans Ende des Files stellen
TOP	[t] die aktuelle Position an den Anfang des Files stellen
WHERE	[w] aktuelle Position angeben
OPTION	[op] zum Menüteil zurückkehren, d.h. Aufruf des HAUPTMENÜs

6.7.3 Eingabe- und Mutationsbefehle

INPUT oder leer	[i] für die sukzessive Erfassung von neuen Passpunkten im File. Die neuen Passpunkte werden hinter der aktuellen Position eingeführt. Eine leere Zeile dient als Befehlsabschluss.
OVERLAY	[o] die aktuellen Passpunktinformationen überschreiben. In der Eingabezeile leer gelassene Felder bedeuten, dass alte Eintragungen unverändert zu belassen sind. Felder mit Eingabetext bedeuten, dass die ganze alte Eintragung zu löschen und durch den Text der Eingabezeile zu ersetzen ist. Ein ! im Feld löscht das ganze Feld ohne neue Eintragung. Eine leere Zeile dient als Befehlsabschluss.
IDENT	[id] In den Files der globalen und lokalen Punkte werden alle Namen gesucht, die in beiden Verzeichnissen (mit identischer Bezeichnung) auftreten. Sie werden in der Passpunktliste aufgenommen. [pk] Der Befehl Punktliste hat die gleiche Wirkung wie IDENT.

6.7.4 Löschen

DELETE n	[d] n Passpunkte löschen (inkl. aktueller Passpunkt)
----------	--

6.7.5 Testgitter erzeugen

GITTER	[gi] Für die Beurteilung der Eigenschaften einer Interpolation ist es oft erwünscht, eine Reihe von willkürlich gewählten lokalen Punkten zu transformieren um die Systematik der Koordinatenänderungen betrachten zu können. Mit dem Befehl GITTER wird ein File erzeugt, in welchem alle lokalen Punkte der Transformation und eine Reihe Punkte mit runden Koordinaten (Testgitter) enthalten sind. Die Ausdehnung des rechteckigen Gitters wird automatisch aus der Liste der lokalen Punkte bestimmt. Der Filename, sowie der Gitterpunktastand werden im Dialog eingegeben. Zuletzt fragt das Programm, ob das erzeugte Gitterfile als Lokalfile für die Berechnung gelten soll. Eine positive Antwort bewirkt die Eintragung des neuen Filenamens in der aktiven Optionsliste.
--------	---

6.7.6 Passpunkteditor verlassen

QUIT	[q] TRANSINT verlassen. Die Änderungen werden nicht gespeichert; die Transformation wird nicht berechnet.
FILE	[fil] TRANSINT verlassen. Die Änderungen werden gespeichert; die Transformation wird nicht berechnet. Wird zusätzlich ein Filename angegeben, so wird die Passpunktliste unter dem neuen Namen abgespeichert.

6.7.7 Transformation berechnen

TRANSINT [tr] die Änderungen an den Passpunkten werden gespeichert (wie FILE), die Transformation wird anschliessend gemäss Anweisungen der Optionsliste bis zum Ende der Verarbeitung berechnet. Der Bildschirm bleibt während der Berechnung für Eingaben gesperrt.

[x] Der Befehl EXECUTE hat die gleiche Wirkung wie der Befehl TRANSINT.

Transformation und Interpolation werden gemäss Optionsangaben berechnet und die Resultate werden im Listingfile (TRANSINT.PRN) für einen Papierausdruck und im File der transformierten Koordinaten (TRANSINT.RES) für eine weitere Verarbeitung gespeichert. Der Benutzer kann in den Ablauf nicht mehr eingreifen. Nach Abschluss der Berechnung kann er diese Files in einem externen Programm öffnen und ausdrucken.

6.8 Dateneingabe

Das Programm TRANSINT arbeitet mit den bekannten LTOP-Punktformaten. Es unterstützt sowohl das neue als auch das alte Format.

6.8.1 Das neue Eingabeformat

In der Regel sollte nur noch dieses Eingabeformat verwendet werden. Es handelt sich um ein gewöhnliches ASCII-File, welches mit jedem beliebigen Texteditor bearbeitet werden kann. Die erste Zeile muss zwingend am Anfang (Positionen 1 - 4) folgende Zeichen beinhalten:

\$\$PK

Der Rest auf der Zeile wird als Kommentar behandelt. Dort kann also z.B. ein Erfassungsdatum oder ein Operatname stehen. Die folgenden Zeilen (ab 2. Zeile) enthalten dann die Koordinaten. Das genaue Format ist das folgende:

```
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012
1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
<---A---><-B><---C---><-D><---E---><---Y---><---X---><-F><---H---><-G><-I><-J---><-K><-L><-M><-N>
$$PK TRIANGULATION 4. ORDNUNG, KANTON XY, LK-BLATT 1089
89.345      644963.0000 245557.0000      421.0000      0.4112      11.01-25.03
89.466      .6      645366.1600 246188.3400      442.2900      0.4306      10.61-25.38
89.467      .6      646011.4500 246167.5500      423.3400      0.4196      9.77-24.57
89.469      .2      645687.0000 245753.0000      410.6500      0.4082      9.50-24.21
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012
```

Feld	Bedeutung	Bündig	Format	Kolonnen
A *	Punktname	links		1 - 10
B	Punkttyp	links		11 - 14
C	Versicherungsdatum	rechts	YYYYMMDD	15 - 22
D	Ordnung/Kanton	rechts	OOKK	23 - 26
E	Neue Nummer (Karte,Punkt)		KKKPPP	27 - 32
Y *	Lagekoordinate Y	.	YYYYYY.YYYY	33 - 44
X *	Lagekoordinate X	.	XXXXXX.XXXX	45 - 56
F	Herkunft Lage	rechts		57 - 60
H	Höhe	.	HHHHH.HHHH	61 - 70
G	Herkunft Höhe	rechts		71 - 74
I	Koordinatencode			75 - 76
J	Geoidabstand	.	JJJ.JJJJ	77 - 84
K	Herkunft Geoidabstand	rechts		85 - 88
L	Ellipsoidcode			89 - 90
M	Lotabweichung, Komponente Eta	.	MMM.M	91 - 96
N	Lotabweichung, Komponente Xi	.	NNNN.N	97 -102

Die Felder, die mit * bezeichnet sind, müssen zwingend Werte enthalten, damit TRANSINT das Punktteile verarbeiten kann. Die andern Felder sind optional. Deren Inhalt wird aber unverändert in das Resultatfile übertragen.

Dezimalpunkt: Felder mit numerischen Werten werden im Allgemeinen mit Dezimalpunkt eingegeben. Der Dezimalpunkt muss nicht zwingend an der angegebenen Stelle stehen (siehe Lotabweichungen).

6.8.2 Das alte Eingabeformat

Um auch weiterhin Punktdaten, die im alten LTOP-Format vorliegen, verarbeiten zu können, ist es mit der Eingabe der Zusatzoption -A hinter dem Filenamen (Optionen <1> und <2> des File-Menüs) möglich, solche Daten einzulesen. Das genaue Format ist das folgende:

```
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012
1      2      3      4      5      6      7      8
KA<PUNKT>.<---Y---> <---X---> <---H---><GEOI> <ETA><-XI>
2189.345      644963      245557      421      4112      110 -250
2189.466.6 64536616      24618834      44229      4305      106 -253
2189.467.6 64601145      24616755      42334      4196      97 -245
2189.469.2 645687      245753      41065      4081 (NIV)      95 -242
2189.469.6 645626      245683      435      4063      95 -241
```

Alle numerischen Werte werden ohne Dezimalpunkt eingegeben. Das bedeutet, dass die Werte an der richtigen Position stehen müssen. Eine Verschiebung um eine Position wirkt sich im entsprechenden Wert um einen Faktor 10 aus. Hingegen müssen 0 nicht unbedingt eingegeben werden. Leerstellen in den numerischen Feldern haben die gleiche Bedeutung wie die 0.

Es ist zu empfehlen, dieses Format nicht mehr zu verwenden.

6.9 Die Ausgabe der Resultate

Das Programm TRANSINT erstellt zwei Ausgabefiles:

- Ein File der transformierten Koordinaten im LTOP-Format für die Weiterverwendung in anderen Programmen. Der Name dieses Files entspricht demjenigen, der in der Option <5> des File-Menüs (Name des Resultat-Files) angegeben wurde. Falls für diese Option keine Angabe gemacht wurde, wird der Default-Filename TRANSINT.RES verwendet. Dieses File wird immer im neuen Punktformat erzeugt.
- Eine ausdrückbare Liste mit allen wesentlichen Angaben. Der Name des entsprechenden Files entspricht demjenigen, der in der Option <4> des File-Menüs (Name des Print-Files) angegeben wurde. Falls für diese Option keine Angabe gemacht wurde, so wird der Default-Filename TRANSINT.PRN verwendet.

Im Folgenden ist ein Beispiel eines Print-Files gegeben. Je nach gewählten Optionen kann es jedoch auch leicht anders aussehen oder es können einzelne Teile auch vollständig fehlen

Die Seite 1 enthält die Angaben über die gewählten Filenamen und den Benutzernamen unter welchem die Berechnung durchgeführt wurde.

BUNDESAMT FUER LANDESTOPOGRAPHIE	WABERN, DEN	1.11.2002 12.13
PROGRAMM TRANSINT	VERSION:	Version 99.4.1 - PC
		SEITE 1

FILES :		
GLOBALKOORDINATEN :	global.koo	
LOKALKOORDINATEN :	lokal.koo	
PASSPUNKTE :	beispiel.pp	
TRANSF.KOORDINATEN:	beispiel.res	
OUTPUT-FILE :	beispiel.prn	
SACHBEARBEITER :	ltum	

Die Seite 2 enthält die Angaben über die Art der durchgeführten Transformation (ähnlich oder affin) sowie die gewählten Optionen, die berechneten Parameter und eventuell daraus abgeleiteten Grössen (z.B. Tissot'sche Indikatrix)

BUNDESAMT FUER LANDESTOPOGRAPHIE	WABERN, DEN	1.11.2002 12.13
PROGRAMM TRANSINT	VERSION:	Version 99.4.1 - PC
		SEITE 2

AFFINTRANSFORMATION		

ALLGEMEINE ANGABEN		

FORMEL DER AFFINTRANSFORMATION :		

$Y = Y_0 + B_X \cdot X_I + A_Y \cdot Y_I$ $X = X_0 + A_X \cdot X_I + B_Y \cdot Y_I$		
MITT.FEHLER (GL., LOK.) :	0.000	50.000
GLOBALER DREHPUNKT :	2600000.0000	1200000.0000
LOKALER DREHPUNKT :	600000.0000	200000.0000
TRANSFORMATIONSPARAMETER :		

ANZAHL :	6	
Y0 [M] :	0.5077	(MF [MM] : 42.31)
X0 [M] :	-0.1552	(MF [MM] : 42.31)
AY :	0.999995077	
AX :	0.999996267	
BY :	0.000004046	
BX :	-0.000005130	

ROTATIONS- UND MASSSTABSUNBEKANNTE :

DREHUNG Y [GON] : -0.0002576 (MF [CC] : 0.41)
DREHUNG X [GON] : -0.0003266 (MF [CC] : 0.40)
MASSSTAB Y [FAKT.] : 0.999995077 (MF [MM/KM]: 0.65)
MASSSTAB X [FAKT.] : 0.999996267 (MF [MM/KM]: 0.62)

VERZERRUNGSELEMENTE :

RICHTUNGSWINKEL DER GROSSEN HALBACHSE : 176.48130 gon
GROSSE HALBACHSE DER VERZERRUNGSELLIPSE : 0.999996476
KLEINE HALBACHSE DER VERZERRUNGSELLIPSE : 0.999994867
MAXIMALE RICHTUNGSVERZERRUNG : 0.05 mgon

MITTLERER FEHLERQUOTIENT : 1.89

ANZAHL PASSPUNKTE : 9
UEBERBESTIMMUNG : 12
TOTALE ANZAHL LOK. PUNKTE : 20

ANZAHL ITERATIONEN : 1

Auf den Seiten 3 bis 6 (oder höher) erfolgen die Zusammenstellungen der transformierten Punkte: Zunächst eine Liste der verwendeten Passpunkte mit Verbesserungen und Zuverlässigkeitsindikatoren, danach eine Liste derjenigen Punkte, welche zwar in beiden Files vorkommen, aber nicht als Passpunkte verwendet wurden und schliesslich eine Liste aller transformierten Punkte (inklusive Passpunkte)

BUNDESAMT FUER LANDESTOPOGRAPHIE Version: Version 99.4.1 - PC WABERN, DEN 1.11.2002 12.13
PROGRAMM TRANSINT SEITE 3

AFFINTRANSFORMATION

PASSPUNKTE UND VERBESSERUNGEN

PASSPUNKT	YLOC [M]	XLOC [M]	YGL [M]	XGL [M]	VY [MM]	VX [MM]	MFGL [MM]	MFLOC [MM]	ZI
PASSPKT01	621081.0419	154516.5366	2621081.7100	1154516.6700	-30.8	-33.5	0.0	50.0	0.86
PASSPKT02	682732.8485	235616.1259	2682732.7400	1235616.0300	26.2	142.5	0.0	50.0	0.79
PASSPKT03	618432.8256	141982.0538	2618433.6900	1141982.0900	-149.8	99.8	0.0	50.0	0.82
PASSPKT04	693683.0509	272191.1429	2693682.7400	1272191.0700	-13.0	27.3	0.0	50.0	0.66
PASSPKT05	685740.9574	284456.8347	2685740.5800	1284456.8100	29.7	-98.9	0.0	50.0	0.60
PASSPKT07	634129.0258	109390.6246	2634129.8200	1109391.0300	10.3	-84.2	0.0	50.0	0.63
PASSPKT08	606779.0522	202982.7042	2606779.5800	1202982.6500	-68.8	-84.7	0.0	50.0	0.82
PASSPKT09	499139.2491	142944.0239	2499140.4600	1142943.6400	86.1	33.6	0.0	50.0	0.22
PASSPKT10	679178.1471	140539.0908	2679178.4600	1140539.4800	110.0	-2.0	0.0	50.0	0.60

AFFINTRANSFORMATION

PUNKTE IN GLOBAL- UND LOKALFILE, DIE NICHT ALS PASSPUNKTE DIENEN

PUNKT	YGL [M]	XGL [M]	YTRA [M]	XTRA [M]	VY [MM]	VX [MM]
PASSPKT06	2709404.0700	1239148.9200	2709403.9447	1239149.1633	-125.3	243.3

TRANSFORMIERTE PUNKTE

PUNKT	YLOC [M]	XLOC [M]	YTRA [M]	XTRA [M]
PASSPKT01	621081.0419	154516.5366	2621081.6792	1154516.6365
PASSPKT02	682732.8485	235616.1259	2682732.7662	1235616.1725
PASSPKT03	618432.8256	141982.0538	2618433.5402	1141982.1898
PASSPKT04	693683.0509	272191.1429	2693682.7270	1272191.0973
PASSPKT05	685740.9574	284456.8347	2685740.6097	1284456.7111
PASSPKT06	709404.1765	239149.0220	2709403.9447	1239149.1633
PASSPKT07	634129.0258	109390.6246	2634129.8303	1109390.9458
PASSPKT08	606779.0522	202982.7042	2606779.5112	1202982.5653
PASSPKT09	499139.2491	142944.0239	2499140.5461	1142943.6736
PASSPKT10	679178.1471	140539.0908	2679178.5700	1140539.4780
PUNKT01	679178.7271	140539.8208	2679179.1500	1140540.2080
PUNKT02	640730.2619	194192.2063	2640730.5989	1194192.2376
PUNKT03	629533.2192	296960.6326	2629533.0841	1296960.2349
PUNKT04	615777.3529	121443.8119	2615778.1859	1121444.0139
PUNKT05	557505.0879	123065.7536	2557506.1995	1123065.7137
PUNKT06	606650.6495	189903.4795	2606651.1763	1189903.3889
PUNKT07	789941.9927	139772.4015	2789941.8742	1139773.2397
PUNKT08	580515.4498	169450.1086	2580516.2102	1169449.9886
PUNKT09	746903.4991	168609.2484	2746903.4446	1168609.8048
PUNKT10	716797.7413	185052.0496	2716797.7507	1185052.4228

Schliesslich erfolgen noch die Angaben zur Interpolation nach dem arithmetischen Mittel: Zunächst eine Seite mit allgemeinen Angaben und den gewählten Optionen und danach eine Seite mit den interpolierten Punkten.

BUNDESAMT FUER LANDESTOPOGRAPHIE			WABERN, DEN	1.11.2002 12.13
PROGRAMM TRANSINT		VERSION:	Version 99.4.1 - PC	SEITE 6

INTERPOLATION NACH DEM ARITHMETISCHEN MITTEL				

ALLGEMEINE ANGABEN				

MASCHENWEITE (KORR.=0.5) :		1000.000		
MITT.FEHLER (GL.,LOK.) :		0.000	50.000	
GLOBALER DREHPUNKT :		2600000.0000	1200000.0000	
LOKALER DREHPUNKT :		600000.0000	200000.0000	
ANZAHL PASSPUNKTE :		9		
TOTALE ANZAHL LOK. PUNKTE :		20		

BUNDESAMT FUER LANDESTOPOGRAPHIE					WABERN, DEN		1.11.2002 12.13	
PROGRAMM TRANSINT		VERSION:	Version 99.4.1 - PC		SEITE 7			

INTERPOLATION								

INTERPOLIERTE PUNKTE UND VERSCHIEBUNGEN								

PUNKT	YLOC	XLOC	YINT	XINT	DY	DX	MFGL	MFLOC
	[M]	[M]	[M]	[M]	[MM]	[MM]	[MM]	[MM]
PASSPKT01	2621081.6792	1154516.6365	2621081.7100	1154516.6700	30.8	33.5	0.0	50.0
PASSPKT02	2682732.7662	1235616.1725	2682732.7400	1235616.0300	-26.2	-142.5	0.0	50.0
PASSPKT03	2618433.5402	1141982.1898	2618433.6900	1141982.0900	149.8	-99.8	0.0	50.0
PASSPKT04	2693682.7270	1272191.0973	2693682.7400	1272191.0700	13.0	-27.3	0.0	50.0
PASSPKT05	2685740.6097	1284456.7111	2685740.5800	1284456.8100	-29.7	98.9	0.0	50.0
PASSPKT06	2709403.9447	1239149.1633	2709403.9329	1239149.1034	-11.8	-59.9	0.0	50.0
PASSPKT07	2634129.8303	1109390.9458	2634129.8200	1109391.0300	-10.3	84.2	0.0	50.0
PASSPKT08	2606779.5112	1202982.5653	2606779.5800	1202982.6500	68.8	84.7	0.0	50.0
PASSPKT09	2499140.5461	1142943.6736	2499140.4600	1142943.6400	-86.1	-33.6	0.0	50.0
PASSPKT10	2679178.5700	1140539.4780	2679178.4600	1140539.4800	-110.0	2.0	0.0	50.0
PUNKT01	2679179.1500	1140540.2080	2679179.0400	1140540.2100	-110.0	2.0	0.0	50.0
PUNKT02	2640730.5989	1194192.2376	2640730.6298	1194192.2499	30.9	12.3	0.0	50.0
PUNKT03	2629533.0841	1296960.2349	2629533.0824	1296960.2461	-1.7	11.2	0.0	50.0
PUNKT04	2615778.1859	1121444.0139	2615778.2425	1121444.0099	56.6	-4.0	0.0	50.0
PUNKT05	2557506.1995	1123065.7137	2557506.2152	1123065.7080	15.7	-5.7	0.0	50.0
PUNKT06	2606651.1763	1189903.3889	2606651.2370	1189903.4516	60.7	62.7	0.0	50.0
PUNKT07	2789941.8742	1139773.2397	2789941.8623	1139773.2349	-11.9	-4.8	0.0	50.0
PUNKT08	2580516.2102	1169449.9886	2580516.2566	1169449.9987	46.4	10.1	0.0	50.0
PUNKT09	2746903.4446	1168609.8048	2746903.4264	1168609.7939	-18.2	-10.9	0.0	50.0
PUNKT10	2716797.7507	1185052.4228	2716797.7319	1185052.4014	-18.8	-21.4	0.0	50.0

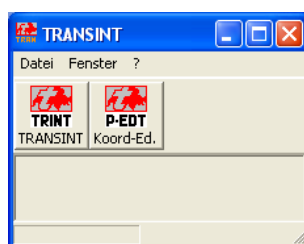
7 Der Optioneditor TRANSINT-WIN

Bei TRANSINT-WIN handelt es sich um einen Editor der Optionen von TRANSINT, welcher unter Windows-Betriebssystemen (ab Version 95) als Alternative zu den klassischen textbasierten Eingabemasken verwendet werden kann. Die einzelnen Optionen entsprechen dabei exakt den Optionen aus der textbasierten Eingabe. Deren Bedeutung kann deshalb in Kapitel 6.6 nachgeschlagen werden. Hier sind deshalb nur einige Spezialitäten von TRANSINT-WIN erwähnt.

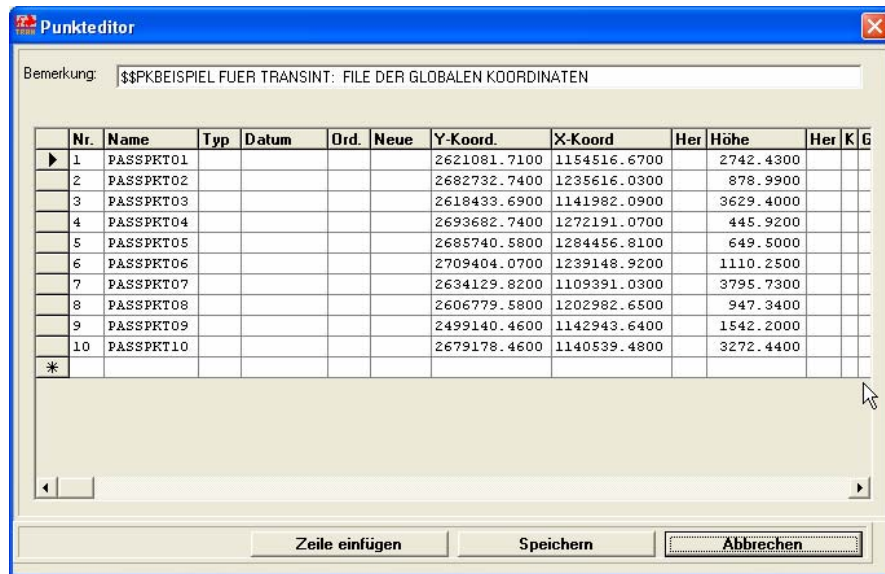
Nach dem Start des Programms erscheint der folgende Eröffnungsbildschirm, wo die aktuelle Version ersichtlich ist und die Dialogsprache gewählt werden kann.



Nach dem Drücken der 'Weiter'-Taste kann im nächsten Bildschirm entweder das Hauptmenü von TRANSINT-WIN geöffnet werden oder der Editor für Koordinatenfiles gestartet werden.

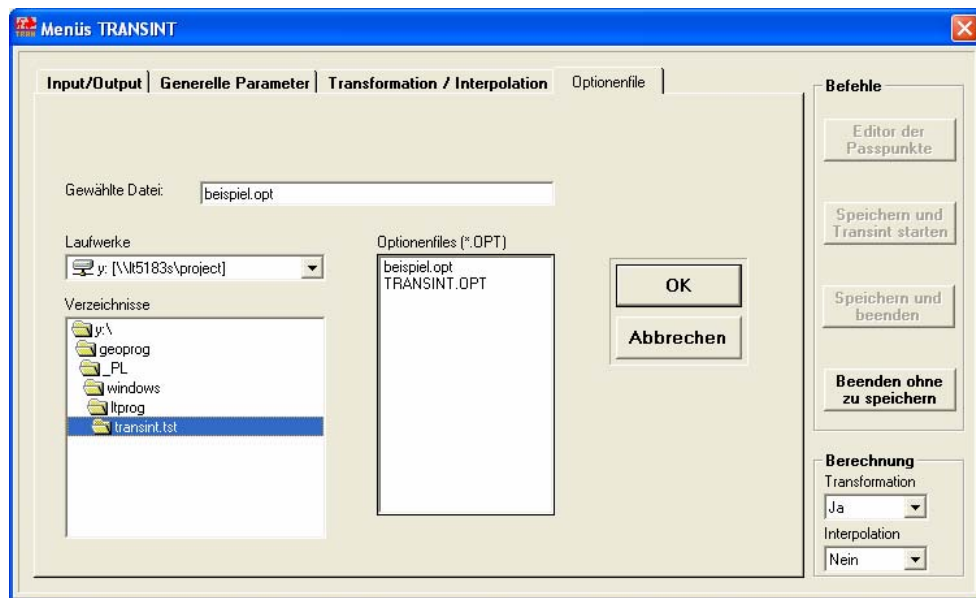


Falls der Koordinaten-Editor gewählt wird, so erscheint der 'Öffnen'-Dialog von Windows, wo ein bestehendes Koordinatenfile ausgewählt werden kann. Danach kann dieses File in einem einfachen matrix-basierten Fenster bearbeitet werden. Nach Abschluss der Editier-Arbeiten wird der Koordinaten-Editor verlassen durch drücken der 'Speichern'-Taste. Falls die Änderungen verworfen werden sollen, so verlässt man den Editor mit der 'Abbrechen'-Taste.



Bei Wahl des Knopfes 'TRANSINT' im Hauptfenster erscheint das Fenster mit 4 Registerkarten zum Editieren der Optionen.

In der Registerkarte 'Optionenfile', welche als erstes erscheint, muss ein bestehendes Optionenfile gewählt werden. Solange dies nicht geschehen ist, bleiben die Knöpfe rechts zum Starten des Programms TRANSINT und zum Aufrufen des Passpunkt-Editors deaktiviert.



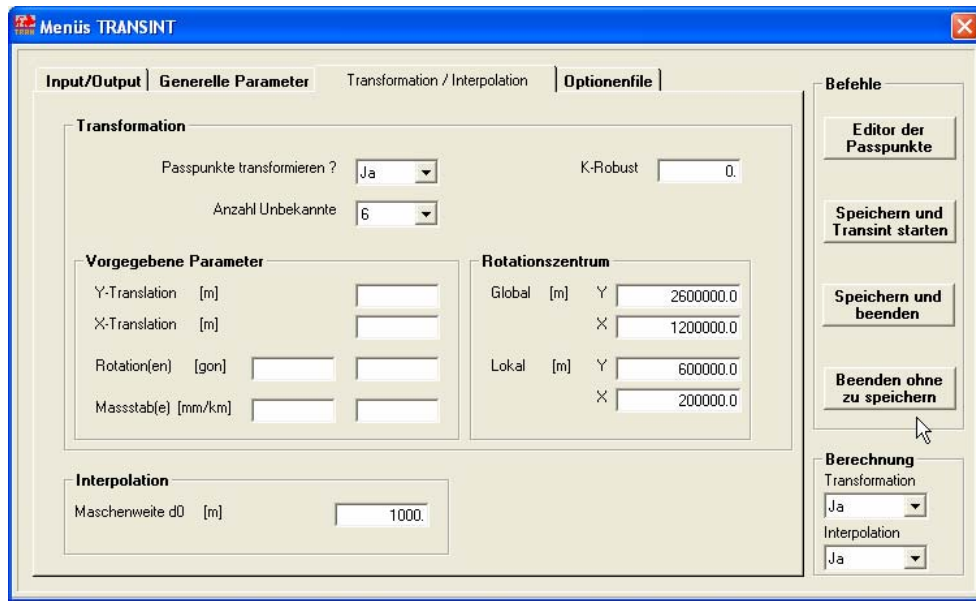
Nachdem das Optionenfile ausgewählt wurde (durch Doppelklick auf den Filenamen oder durch drücken der 'OK'-Taste, wird automatisch in die Registerkarte 'Input/Output' gesprungen.

In dieser Registerkarte werden hauptsächlich die Filenamen (Input und Output) eingegeben, welche für die Berechnung benötigt werden. Falls keine Pfadangaben eingegeben werden, so müssen sich diese Files im selben Verzeichnis wie das Optionenfile befinden.

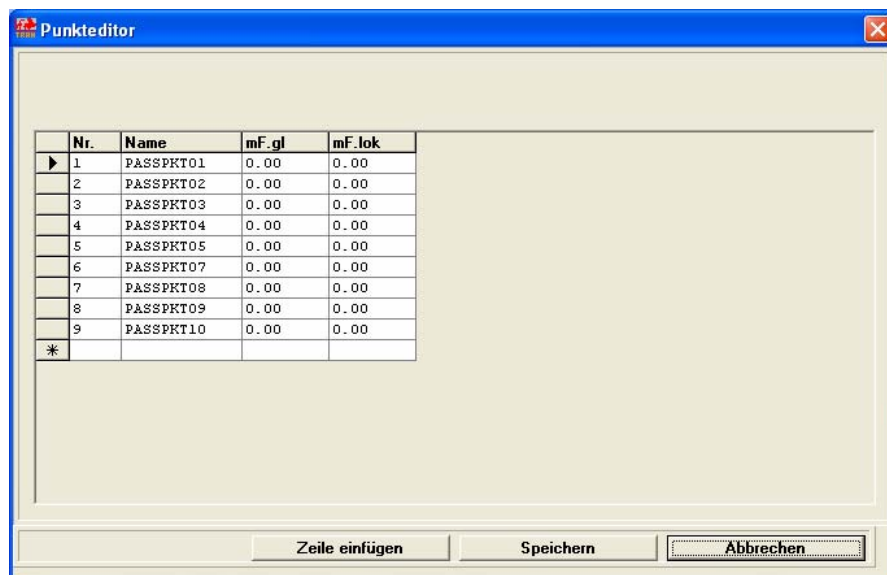
Im unteren Teil des Fensters kann noch separat die Sprache für das Printfile und die Anzahl Zeilen pro Seite im Printfile angegeben werden.

Die Optionen zur Berechnungsart (Transformation und Interpolation) in der Ecke rechts unten sind in allen Registerkarten sichtbar.

Die Registerkarte 'Generelle Parameter' enthält einige allgemeine Angaben über die Koordinatenfiles und sind im Kapitel 6.6 erklärt. Dasselbe gilt für die Optionen der Registerkarte 'Transformation / Interpolation' wo die Parameter für die Transformation und Interpolation eingegeben werden können.



Nachdem alle Optionen eingegeben wurden, kann mit dem Knopf recht oben der Editor der Passpunkte gestartet werden.



Im Editor der Passpunkte können die einzelnen Passpunkte von Hand eingegeben werden und, falls nötig, individuelle mittlere Fehler einzelner Punkte definiert werden, wenn nicht die generellen Werte verwendet werden sollen.

Bei sehr vielen Passpunkten ist die manuelle Eingabe all dieser Punkte relativ mühsam. Deshalb ist für grosse Koordinatenlisten folgendes Vorgehen eher zu empfehlen: Man lässt die Liste der Passpunkte leer und startet TRANSINT ohne den Passpunkteditor aufzurufen. Die Berechnung wird dann mit der Meldung

PASSPUNKTLISTE LEER
LISTE MIT DEM PASSPUNKTEDITOR ERZEUGEN (Befehl ID oder PK)

unterbrochen. Nach dem Bilden der Passpunktliste mit dem entsprechenden Befehl (ID oder PK) kann die Berechnung dann mit 'X' oder 'TR' fortgesetzt werden.

Falls nicht alle diese Punkte als Passpunkte verwendet werden sollen, so können dann in einem zweiten Berechnungsdurchgang einzelne Punkte mit dem Passpunkt-Editor von TRANSINT-WIN gelöscht werden.

Nach dem Verlassen des Passpunkt-Editors kann die eigentliche Berechnung von TRANSINT gestartet werden durch Drücken des Knopfes 'Speichern und TRANSINT starten'. Es erfolgt dann zunächst der Dialog zum Abspeichern des Optionenfiles, wobei hier entweder das alte File überschrieben oder ein neuer Name eingegeben werden kann. Danach erfolgt die eigentliche Berechnung mit TRANSINT ohne weitere Eingaben des Benutzers.

Die Output-Files von TRANSINT können danach mit einem externen Programm eingesehen und ausgedruckt werden.

Der Knopf 'Speichern und Beenden' bewirkt, dass nur ein neues Optionenfile gespeichert wird ohne eine eigentliche Berechnung durchzuführen. Anschliessend wird TRANSINT-WIN verlassen. Der Knopf 'Beenden ohne zu speichern' bewirkt das sofortige Verlassen von TRANSINT-WIN ohne die veränderten Optionen zu speichern.