



Geoinformation und Landentwicklung

5-Parameter-Transformation

Christian Prägitzer

Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, Referat 44

Regionalbesprechungen LGL/UVB/ÖbVI 2018

5-Parameter-Transformation

Geschichtliche Entwicklung

Hoher Arbeitsaufwand für die Grenzfeststellung im württembergischen Landesteil durch die Wiederherstellung unvermarkter Vermessungslinien

In den 1960er Jahren Suche nach Möglichkeiten, die **örtliche** Wiederherstellung durch ein **rechnerisches** Verfahren zu ersetzen.

Als Rechenverfahren zunächst Verwendung der **Helmerttransformation**. Sie konnte jedoch die fachtechnischen Anforderungen **nicht** voll **erfüllen**.

- In den 1970er Jahren Entwicklung der **5-Parameter-Transformation (5-P-T)**.
- Seit Juli 1978 Einsatz der 5-P-T in Baden-Württemberg.

Beschreibung

- **5-P-T (5 Parameter):** E_0 , N_0 , N , M , ϕ
Landeskoordinaten des Anfangspunktes (E_0 , N_0)
Ordinaten- und Abszissenmaßstab (N und M)
Drehung (ϕ)
 - Unterschiedliche Maßstäbe für die Ordinaten und Abszissen
 - Rechte Winkel in den Lotfußpunkten bleiben nach der Transformation erhalten

Eignung des Verfahrens

Wegen dieser Eigenschaften eignet sich die 5-P-T besonders zur **rechnerischen** Wiederherstellung

- **unvermarkter** Vermessungslinien
- mit **rechtwinkligen** Kleinkoordinaten

Grundsatz zur Anwendung:

Nachvollzug der ursprünglichen Aufnahme, d.h.

- Erfassung und Berechnung der Linien entsprechend der ursprünglichen Aufmessung.

>> Zielgerichtete Beurteilung der Ergebnisse der Ausgleichung

VwVLV Nr. 221 Abs. 1:

Jede Vermessungslinie, die als Abszissenachse zur Aufnahme von Punkten verwendet wurde,
soll in einer **selbständigen 5-P-T** ausgewertet werden.

Insbesondere sind grundsätzlich selbständig auszuwerten:

1. die einzelnen Vermessungslinien,
2. die einzelnen Abszissenachsen eines Parallel- und Orthogonalsystems,
3. die einzelnen Randlinien eines Flurkartenblatts 1:2500 und
4. lange Ordinaten einer Vermessungslinie, soweit sie selbst wiederum als Abszissenachsen benutzt wurden



Baden-Württemberg
LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDENTWICKLUNG

Voraussetzungen zur Transformation:

- **sichere** identische Punkte,
- in **ausreichender** Zahl und
- **günstiger** Verteilung

Identische Punkte sind Punkte in beiden Koordinatensystemen:

- **Kleinkoordinaten** der Vermessungslinie(n) aus analogen Katasterunterlagen und
- **Landeskoordinaten**, die
 - bereits vorliegen (unabhängig von deren Entstehung),
 - berechnet werden können oder
 - durch Doppelaufnahme bestimmt werden.

Identische Punkte sind auch **Verknüpfungspunkte**, die mehrere Linien/-Systeme miteinander verbinden.

I.d.R. Berechnung der Verknüpfungspunkte mit dem neuesten Katasternachweis.

Auswahl der identischen Punkte (IP)

- TP, AP
- Grenzpunkte
- Gebäudeeckpunkte
- Zeugen von Grenzpunkten
- Verknüpfungspunkte von Vermessungslinien
- Sonstige

Wichtig:

- Auswahl der IP so, dass der Katasternachweis sachgerecht verwendet werden kann, **ideal**: Alle GP einer Vermessungslinie
- In der Berechnung der Landeskoordinaten der **nicht identischen** Punkte sind **Extrapolationen** zu vermeiden, um eine möglichst endgültige Lagerung der wiederhergestellten Linie zu erhalten.

Grenzpunkte

➤ **Aufsuchen**

- Mit möglichst genauen Suchkoordinaten
- Bei nicht mehr vorhandener Abmarkung: Suchen nach der Verzeugung
- **Unter Umständen nochmalige Suche nach erneuter Berechnung**

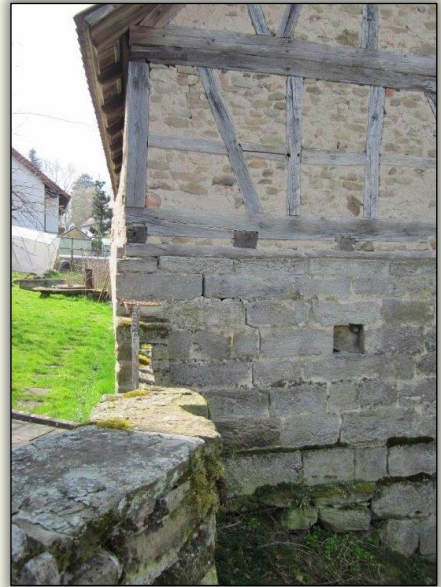
➤ **Doppelaufnahme der vorgefundenen Punkte**



Gebäudeeckpunkte

- Entspricht das geschätzte Alter dem des Katasternachweises?
- In welcher Höhe wurde das Gebäudeeck ursprünglich aufgenommen?
- Aufmessung Sockel und/oder Hausgrund
- Gebäudeseiten: Längen messen und mit dem Katasternachweis vergleichen
- Alte Gebäudeecke ist evtl. verdeckt durch Verkleidung/neuen Putz oder Wärmedämmung

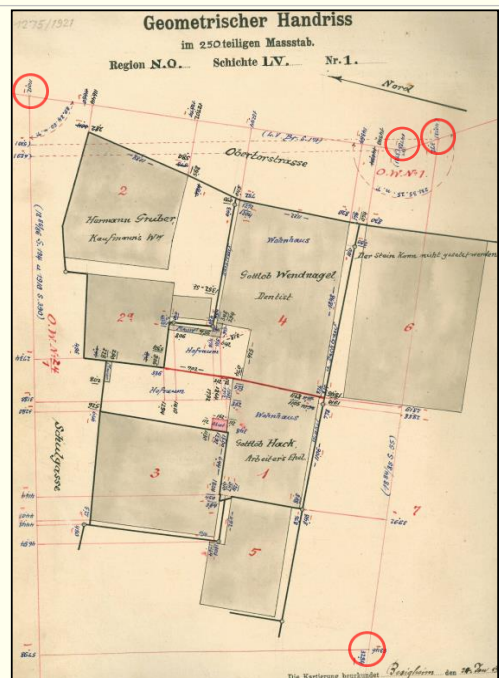
➤ Doppelaufnahme als V-Punkt



Verknüpfungspunkte

- Berechnung als nicht identische Punkte einer ausgeglichenen Linie
 - >> Einführung als IP in einer weiteren Linie (Linienverknüpfung/Stabilisierung von Liniensystemen)

Vorsicht vor Extrapolationen!



Eingabeparameter

Verfahrensnummer	00001-2012-00022	Fortführungsriß	2012/1
Datum	13.1.2012	Blatt	3
Geländehöhe	350	Gemarkung	A-Dorf
Genauigkeitsstufe	2	Gemarkungsnummer	9999

5-Parameter-Transformation		Auswerteschranke	2
----------------------------	--	------------------	---

Eingabe der identischen Punkte					
Punktnummer	Koordinaten im System 1		QP	Koordinaten im System 2	
	y	x		Ost (E)	Nord (N)
765/003	0.00	-69.38	11	32542 428.71	5385 172.16
765/007	2.60	-2.38	11	32542 397.55	5385 231.51
765/006	23.00	0.00	11	32542 413.85	5385 243.45
765/010	40.65	2.32	11	32542 427.57	5385 254.21
791/019	-8.90	40.14	11	32542 366.18	5385 262.37
791/018	-8.46	59.28	11	32542 356.93	5385 279.00
791/017	-8.26	69.98	00	32542 351.86	5385 288.12
791/016	-4.52	96.90	11	32542 341.69	5385 313.50
791/027	2.40	110.80	11	32542 340.64	5385 329.06
791/015	0.37	136.64	11	32542 325.84	5385 350.26
791/014	-7.00	195.64	11	32542 289.87	5385 397.54

Transformation der identischen Punkte von System 2 in System 1	
Katasternachweis	1878/79 S. 346
Liniennummer	1
Anwahl des Maßstabs N	= Normal
Anwahl des Maßstabs M	= Normal

Eingabe:

- Auswerteschranke (2,4,9, u.U. 1,8)
- Katasternachweis (Fundstelle)
- Liniennummer
- Punktnummern
- Kleinkoordinaten (y, x)
- Gewichte Ordinate und Abszisse (Q, P)
 - in der Regel 1,
 - im Ausnahmefall bis 5 (z.B. vermarkter Signalpunkt, im Ausgabeprotokoll begründen)
- Automatisches Ausscheiden aus Transformation anwählen (Gewicht = 0), manuelles Festsetzen auch möglich
- Ordinaten und Abszissenmaßstab (N, M), Anwahl i.d.R. „normal“ (nicht festsetzen) ³

Auswerteschranken (VwVLV Anl. 10 S. 21):

1	Zulässige Abweichung der Genauigkeitsstufe 1 $z_{P_1} = 0,06 \text{ m}$
2	Zulässige Abweichung der Genauigkeitsstufe 2 $z_{P_2} = 0,08 \text{ m}$
4	Zulässige Abweichung der Genauigkeitsstufe 2 erhöht um 0,10 m bei Vorgangsmessungen im badischen Landesteil, denen das alte TP-Netz und kein neues Polygonnetz zugrunde liegt.
8	Zulässige Abweichung der Genauigkeitsstufe 1 erhöht um 0,20 m bei Vorgangsmessungen in den ehemals württembergischen oder hohenzollerischen Landesteilen, die vor dem Jahre 1871 entstanden sind.
9	Zulässige Abweichung der Genauigkeitsstufe 2 erhöht um 0,20 m bei Vorgangsmessungen in den ehemals württembergischen oder hohenzollerischen Landesteilen, die vor dem Jahre 1871 entstanden sind.

Zulässige Abweichungen für Strecken (VwVLV Nr. 291):

Ist in den ehemals württembergischen oder hohenzollerischen Landesteilen der Katasternachweis vor 1871 entstanden, **erhöht sich die zulässige Abweichung um 0,20 m**. Liegen im ehemals badischen Landesteil der Streckenberechnung die Koordinaten des alten TP- und Polygonnetzes zu Grunde, erhöht sich die zulässige Abweichung um 0,10 m.

Ausarbeitung der 5-P-T entsprechend VwVLV Nr. 273 (grünes Streichen)

Berechnung der Ausgleichung:

- Umrechnung der Koordinaten der Grenzpunkte in rechtwinklige Kleinkoordinaten (Abszisse und Ordinate) so, dass die Quadratsumme der Koordinatendifferenzen ein Minimum ergibt.

Vorgehensweise / Ablauf:

1. Schritt:

- Eingabe der Abszissen und Ordinaten der identischen Punkte in der Regel **mit Gewicht 1**
- Abszissen- und Ordinatenmaßstab in der Regel mit **Sollwert ≤ 1**

2. Schritt: Berechnung der Transformation zur Feststellung von groben Fehlern (Fehlerindikatorverfahren)

Statistische Fehlerindikatoren liefern Hinweise, ob und in welchen Aufnahmeelementen grobe Fehler vermutet werden können, und zwar in Abhängigkeit von

- der Größe der Abweichungen der Aufnahmeelemente und
- der Anzahl und geometrischen Verteilung der identischen Punkte
- Fehlerindikator umso zuverlässiger, je höher der Redundanzanteil
- Berechnung eines Fehlerindikators (Berechnung aus der Statistik) für jeden Koordinatenwert aus dem Verhältnis tatsächlicher Fehler / zulässiger Fehler für diese Koordinate.
- Berechnung von Fehlerindikatoren auch für die Maßstäbe.
Bei geringer Abszissen- bzw. Ordinatenstreuung und bei wenigen identischen Punkten werden die Fehlerindikatoren auf 0 gesetzt >> Maßstab = 1 festgesetzt.

Fehlerindikatoren :**Fehlerindikator K_y und $K_x \leq 1$:**

- es wird kein grober Fehler vermutet
- Katasternachweis und Abmarkung gelten als übereinstimmend

Fehlerindikator K_y und/oder $K_x \geq 1$:

- es wird ein grober Fehler vermutet
- Katasternachweis und Abmarkung stimmen nicht überein

Durch die Fehlerindikatoren werden grobe Fehler in der Regel zuverlässig eliminiert. Für die Fehlerindikatoren nicht zu erkennen sind systematische Fehler

3. Schritt: Rücktransformation im Maßstab =1

- Dient im Zusammenhang mit der Skizze als Hilfsmittel zur Erkennung von Systematiken
- Bei Ordinaten Fehlerbetrachtung absolut
- Bei Abszissen Vergleich der Abszissendifferenzen in allen Kombinationen
- Wichtig ist die manuelle Betrachtung der Abszissenwerte unter nachbarschaftlichen Gesichtspunkten (im Grenzverlauf)

➤ „F“ bzw. „(F)“:

F: Hinweis auf weitere erforderliche Untersuchungen

(F): Untersuchung erforderlich, ob Abszisse die zulässige Abweichung überschreitet

Kennzeichnung von unzulässigen Abweichungen bei den identischen Punkten

Liniennummer		1		Koordinaten im System 1 transformierte Koordinaten		Abweichung/Gewicht				
	Punktnummer			y	x	Wy	Q	Wx	P	
0	765/003		0.00	F	-69.38	F	0.05	1	-0.22	1
			-0.05		-69.16					
0	765/007		2.60	F	-2.38	F	-0.17	1	-0.19	1
			2.77		-2.19					
0	765/006		23.00	F	0.00		0.14	1	0.04	1
			22.86		-0.04					
0	765/010		40.65	F	2.32	F	0.52	0	-0.06	1
			40.13		2.38					
0	791/019		-8.90		40.14	F	-0.02	1	-0.10	1
			-8.88		40.24					
0	791/018		-8.46	F	59.28		0.08	1	0.01	1
			-8.54		59.27					
0	791/017		-8.26	F	69.98	F	0.09	0	0.28	0
			-8.35		69.70					
0	791/016		-4.52	F	96.90	F	-0.11	1	0.14	1
			-4.41		96.76					
0	791/027		2.40	F	110.80		-0.09	1	0.06	1
			2.49		110.74					
0	791/015		0.37		136.64		0.05	1	0.13	1
			0.32		136.51					
0	791/014		-7.00		195.64		0.07	1	0.19	1
			-7.07		195.45					

Maßstab N = 1.000000 (N festgesetzt)
Maßstab M = 1.000000 (M festgesetzt)
R0 = 3542 394.05 H0 = 5385 232.02 Drehung phi = 366.539

F Zulässige Abweichung überschritten, Untersuchung erforderlich.

4. Schritt: Erstellung eines graphischen Restfehlerauftrags (Skizze)

= Visualisierung aus Schritt 3 (automatisiert)

Zweck:

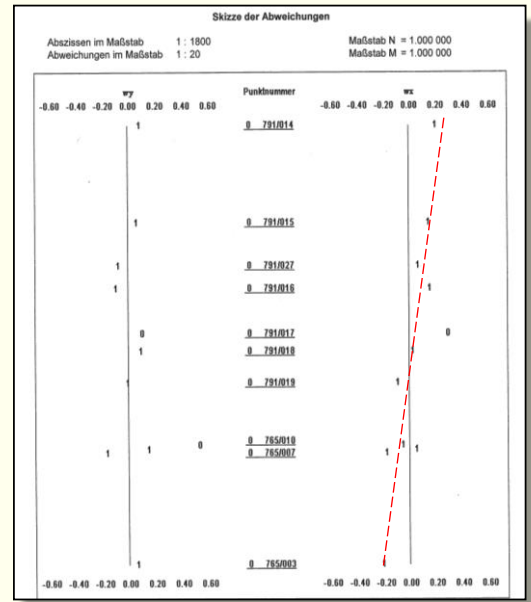
Untersuchung auf unverträgliche **systematische Einflüsse** (Unstetigkeitsstellen) wie z.B.

- Linienknick
- Linienversatz
- Abszissensprung
- Maßstabswechsel in der Abszisse (Abszissenknick)

Auftrag der Restfehler dy , dx aus Rücktransformation in Abhängigkeit von x

Die Skizze hilft, systematische Fehlereinflüsse zu erkennen.

Fehlerindikatoren, Transformation mit $M=1$ und Skizze dienen zum Auffinden von groben Fehlern (nicht für zufällige Fehler geeignet)

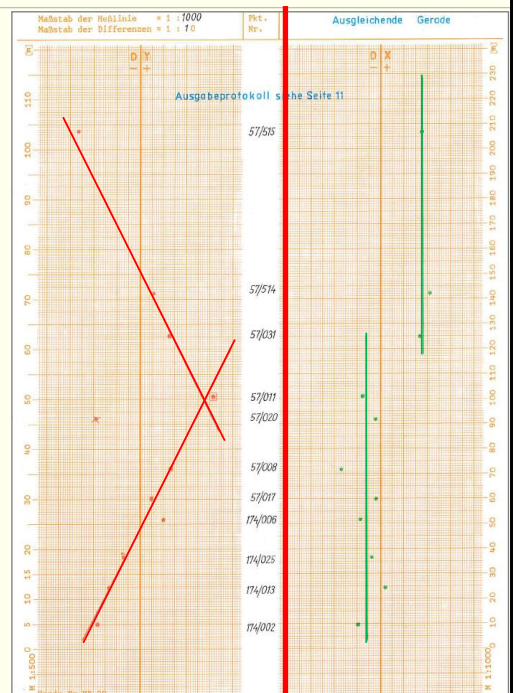


Unstetigkeiten

- **Linienknick**
z.B. keine direkte Sicht von Anf.punkt zu Endpunkt.
schlechtes Einweisen eines Zwischenpunktes
- **Linienversatz**
z.B. erzeugte Parallelen mit Nichtberücksichtigung dieses Parallelversatzes
- **Abszissensprung**
z.B. Fehler bei einem angelegten Zwischenpunkt,
Fehler bei der Zählung der Stangenanzahl,
Additionsfehler Abszisse im LV-Brouillon
- **Maßstabswechsel in der Abszisse (Abszissenknick)**
z.B. bei starkem Gefällwechsel

Werden Unstetigkeiten zweifelsfrei erkannt:

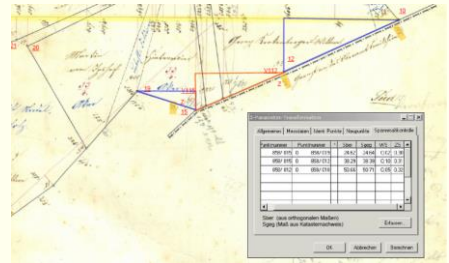
- **Unterteilung der Linie mit getrennter Auswertung**



5. Schritt: Weitere Untersuchungen

In die Überprüfung sind erforderlichenfalls weitere Kriterien einzubeziehen, wie

- Größe und Richtung der jeweiligen Abweichung
- Anzahl und geometrische Verteilung der identischen Punkte
- Qualität des Katasternachweises
- Hinzuziehung von Spannmaßen
(innerhalb der Transformation zur Güte des Vorgangs,
nach der Transformation Nachweis der Richtigkeit der
getroffenen Entscheidung)
- örtlicher Abmarkungszustand
- Geländeverhältnisse (Topographie, Flächennutzung, Hinweise auf Baumaßnahmen)
- Vergleich mit Abweichungen benachbarter identischer Punkte



Weitere Untersuchungen

Stimmen Katasternachweis und Abmarkung nicht überein, ist die Transformation zu wiederholen und die Überprüfung fortzusetzen (iterativer Prozess).
Unter Umständen weitere identische Punkte suchen (z.B. Wegfall identischer Punkte).

Je nach Ursache der jeweiligen Abweichung sind dabei die Gewichte der Aufnahmeelemente wie folgt zu ändern:

- Ist die Abweichung bei **einem Punkt auf örtliche Veränderungen der Abmarkung** zurückzuführen, sind **Abszisse und Ordinate auf das Gewicht 0** zu setzen.
- Ist die Abweichung bei einem Punkt auf Ungenauigkeiten eines der Aufnahmeelemente zurückzuführen, kann in der Ausnahme erforderlich sein, nur die entsprechende **Abszisse oder Ordinate auf das Gewicht 0** zu setzen.

5-Parameter-Transformation

Dokumentation im Auswerteprotokoll

➤ durch **grünes** Streichen

**Widersprüche in den Aufnahme-
elementen, z.B. Ablesefehler**

Streichung des entspr. Elements,
weiterer Nachweis: Spannmaß-
berechnung

**Verwerfung der Punktlage,
z.B. örtliche Veränderung
des Grenzzeichens**

Streichung der transformierten
Abszisse und Ordinate,
Weiterer Nachweis: Spannmaß-
berechnung,

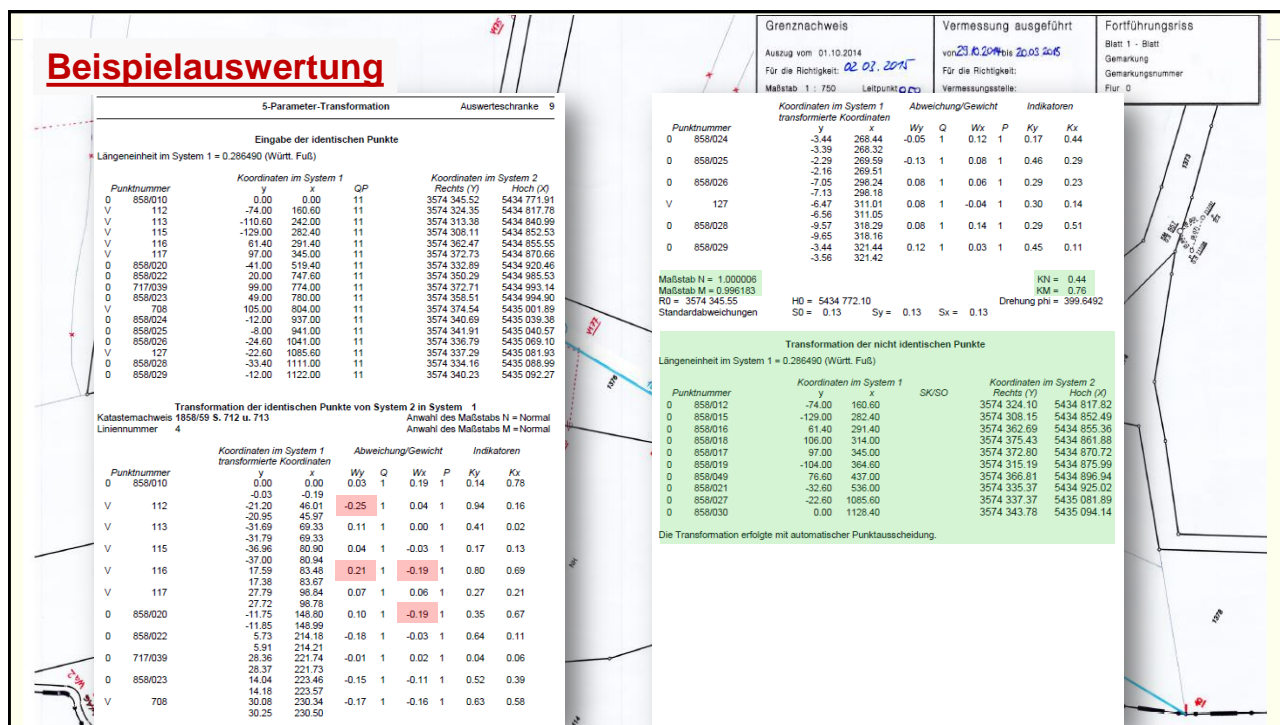
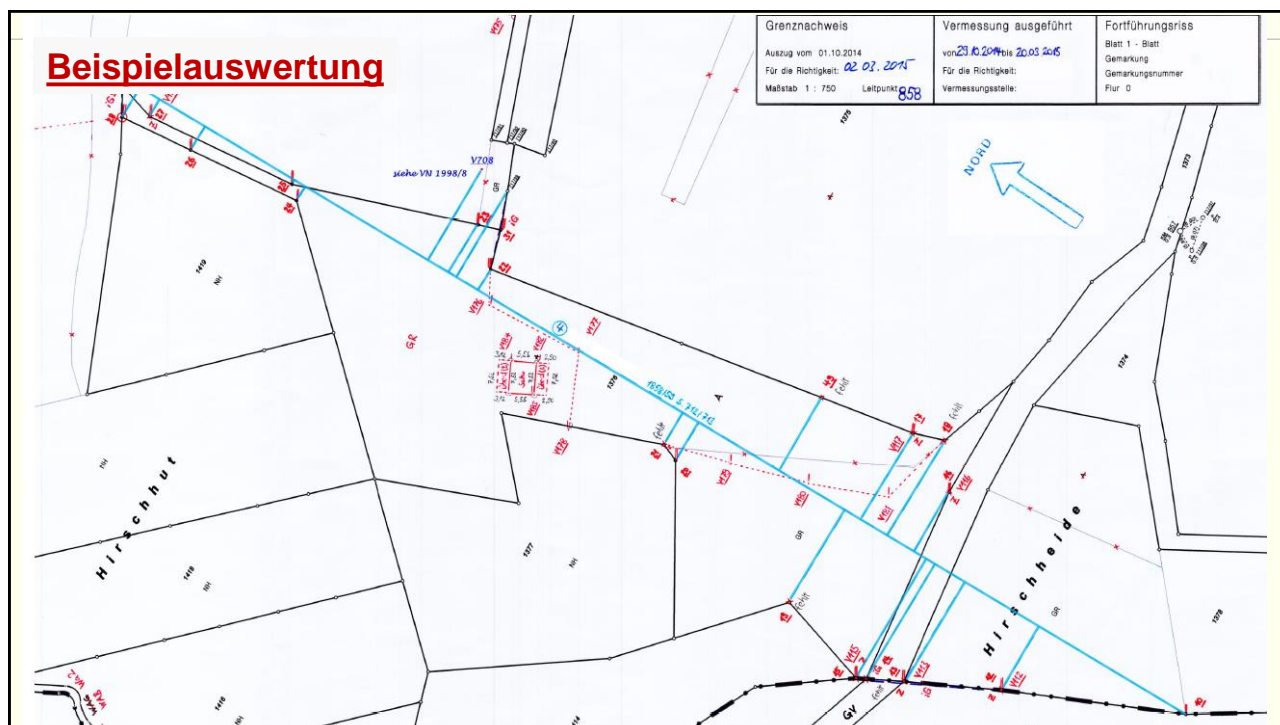
>> Berechnung als nichtidentischer
Punkt

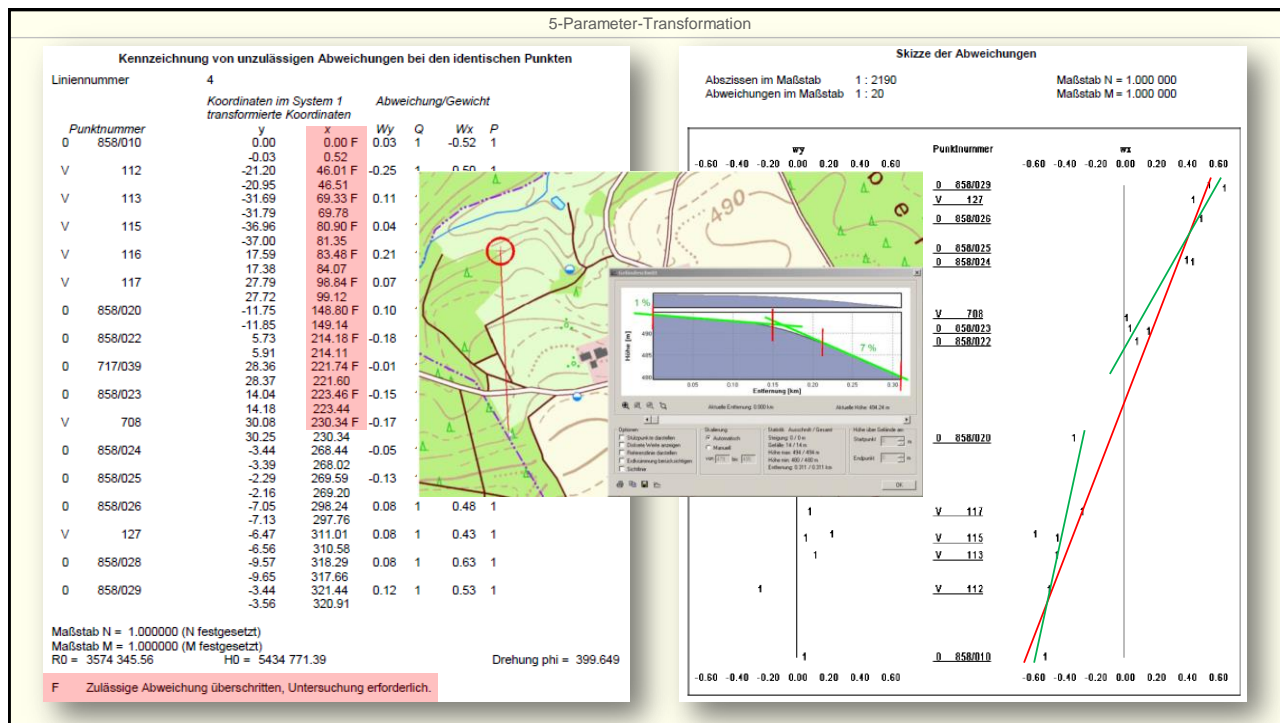
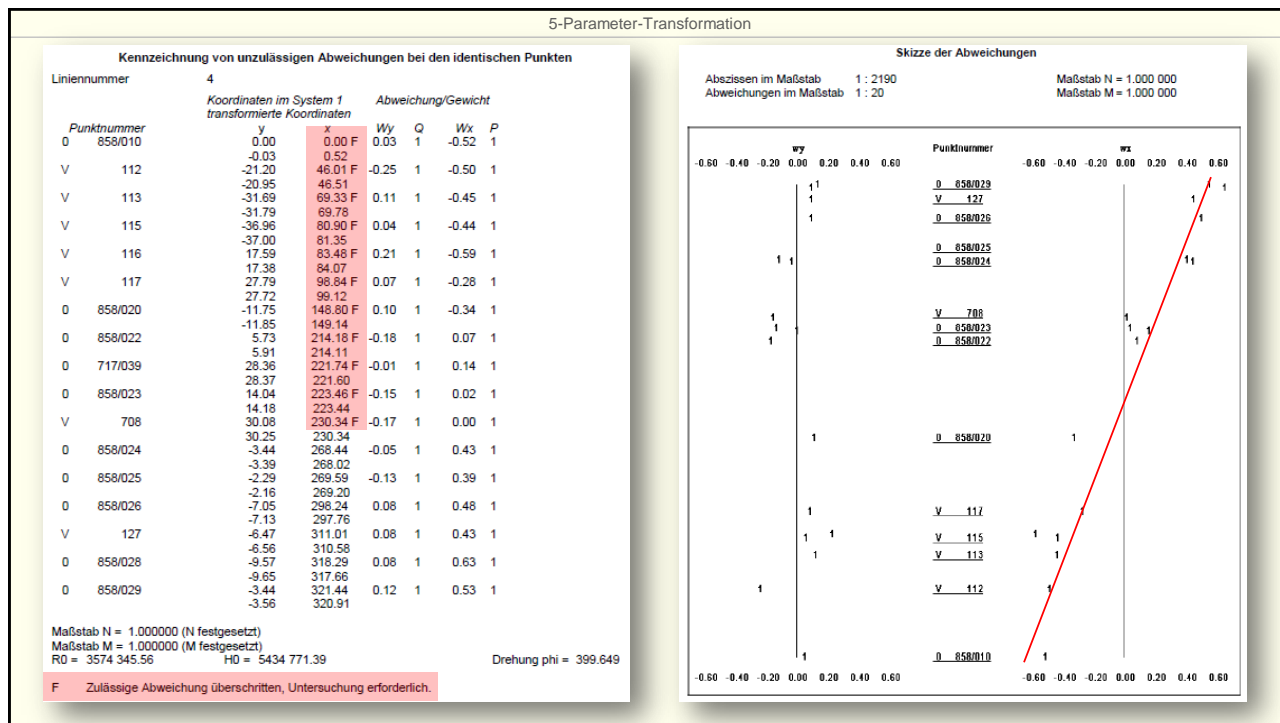
Punktnummer	Koordinaten im System 1 transformierte Koordinaten		Abweichung/Gewicht				Indikatoren	
	y	x	Wy	Q	Wx	P	Ky	Kx
765/003	0.00	-69.38	0.04	1	-0.03	1	0.25	0.18
	-0.04	-69.35						
765/007	2.60	-2.38	-0.08	1	-0.10	1	0.61	0.56
	2.68	-2.28						
765/006	23.00	0.00	0.11	1	0.13	1	0.57	0.71
	22.89	-0.13						
765/010	40.65	2.32	0.47	0*	0.02	1	0.00	0.11
	40.18	2.30						
791/019	-8.90	40.14	-0.02	1	-0.08	1	0.10	0.42
	-8.88	40.22						
791/018	-8.46	59.28	0.08	1	0.01	1	0.37	0.04
	-8.54	59.27						
791/017	-8.26	69.98	0.09	0	0.26	0	0.00	0.00
	-8.05	69.72						
791/016	-4.52	96.90	-0.11	1	0.08	1	0.55	0.46
	-4.41	96.82						
791/027	2.40	110.80	-0.10	1	-0.02	1	0.48	0.13
	2.50	110.82						
791/015	0.37	136.64	0.04	1	0.01	1	0.19	0.08
	0.33	136.63						
791/014	-7.00	195.64	0.07	1	-0.02	1	0.40	0.13
	-7.07	195.66						
Maßstab N = 0.999082								
Maßstab M = 0.998521								
E0 = 32542 394.00								
Standardabweichungen								
N0 = 5385 232.08			S0 = 0.09			Sy = 0.10		
			Sx = 0.07					
KN = 0.10								
KM = 0.33								
Drehung phi = 366.5393								
* zugehörige Koordinate wurde programmgesteuert ausgeschieden								

5-Parameter-Transformation

Weitere Untersuchungen

- Zeigen sich **bei Abszissen- und Ordinatenmaßstab** bei ausreichender Anzahl und günstiger geometrischer Verteilung der identischen Punkte **erhebliche Abweichungen vom Sollwert**, die z. B. offensichtlich auf eine Messung mit auf geneigtem Gelände aufgelegten Messlatten zurückzuführen sind, ist **der entsprechende Maßstab auf das Gewicht 0** zu setzen (>> M=frei).
- I.d.R. wurden die Vorgangsmaße zu lang gemessen (M<1)





6. Schritt: Berechnung der Transformation mit Eingabe der nicht identischen Punkte

VwVLV Nr. 226: Mit den Transformationsparametern der zuletzt durchgeführten Ausgleichung und den Aufnahmeelementen des Katasternachweises sind Landeskoordinaten für die nicht identischen Punkte zu berechnen.

Nicht identische Punkte sind:

1. Grenzpunkte,

- deren vorgefundene Abmarkung auf Grund örtlicher Veränderungen nicht mit dem Katasternachweis übereinstimmt,
- deren Zeugen als identische Punkte verwendet wurden oder
- bei denen nachweislich keine Abmarkung vorgefunden wurde

sowie falls erforderlich

2. Verknüpfungspunkte in den Vermessungslinien und

3. Anfangs- und Endpunkte der Vermessungslinien.

3

Hinweis auf Extrapolation bei den nicht identischen Punkten

→ Transformation der nicht identischen Punkte						
Längeneinheit im System 1 = 1.000000						
→ Punktnummer	→ Koordinaten im System 1		SK/SO	→ Koordinaten im System 2		
	→ y	→ x		→ Rechts (Y)	→ Hoch (X)	
→ 0 → 249/999 → *	→ -20.00 →	50.00 →	→ 1.10	→ 3511 840.15	→ 5339 927.05	
→ 0 → 249/723 → *	→ -2.21 →	30.86 →		→ 3511 833.03	→ 5339 952.19	
→ *	→ *	→ WP ⇒ 0.36 →	→ gegeben Koord.	→ 3511 833.10	→ 5339 952.54	
→ 0 → 249/723 →			→ gültige Koord.	→ 3511 833.03	→ 5339 952.19	

Die Transformation erfolgte mit automatischer Punktausscheidung.

* → Identischer Punkt

SK/SO: Verhältnis mittlerer transformationsbedingter Koordinatenfehler / mittleren Gewichtseinheitsfehler
Wenn der Wert >1, Hinweis auf Extrapolation
 ➤ **Bestimmung weiterer identischer Punkte**

Berechnung von Punkten in der Geraden:

1. Einbeziehung als identische Punkte zur rechnerischen Wiederherstellung der Linie
 - Bestimmung bzw. Prüfung von Anfangs- und Endpunkt der Geraden
2. Prüfung der in der Geraden festgelegten identischen Punkte, rechnerische Verwirklichung der geometrischen Bedingung zur Beseitigung der Widersprüche im Katasternachweis
3. Berechnung der fehlenden Punkte in die Gerade über das Einbinde- und Orthogonalverfahren, wenn Anf.- oder Endpunkt Beginn oder Ende einer weiteren Linie sind

Fazit

- Anwendung: Rechnerischer Nachvollzug der ursprünglichen Messung („Rechnen wie gemessen“)
 - Keine generelle einheitliche Vorgehensweise
 - Durch 5-P-T sehr gute Verwertung des eingegebenen Zahlenmaterials
 - Entscheidungshilfen zum Ausschluss grober Fehler durch Transformation mit Maßstab = 1, Skizze, Fehlerindikatoren und Spannmaßberechnung
 - Unabdingbar für Erreichung des Ziels:
Wissen des Bearbeiters (Kenntnis des Geländes, der Abmarkung, Qualität des Katasternachweises)
- **Abschließende Beurteilung durch den Bearbeiter**

Literaturhinweise

- **Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz für die Durchführung von Liegenschaftsvermessungen (LV-Vorschrift – VwVLV), Abschnitt G3**
- **Baumann, Eberhard: Vermessungskunde Band 2 Punktbestimmung nach Höhe und Lage**, 6. Auflage, Dümmler Verlag, Bonn 1998
- **Helble, Wolfgang: Rechnerische Grenzbestimmung mit Hilfe einer 5-Parameter-Transformation**, in: Mitteilungen des DVW LV Baden-Württemberg, 1976, Heft 1, S. 1 bis 16
- **Helble, Wolfgang: Zur rechnerischen Grenzbestimmung mit Hilfe einer 5-Parameter-Transformation**, in: Mitteilungen des DVW LV Baden-Württemberg, 1977, Heft 2, S. 20 bis 31
- **Helble, Wolfgang: Mathematische Grundlagen der 5-Parameter-Transformation**, in: Mitteilungen des DVW LV Baden-Württemberg, 1979, Heft 1, S. 40 bis 53
- **Helble, Wolfgang: Rechnerische Grenzfeststellung mit 5-Parameter-Transformation**, in: ZfV, 1981, Ausgabe 11, S. 590 bis 597
- **Helble, Wolfgang: Zusätzliche Beurteilungsgrößen bei der rechnerischen Grenzfeststellung mit 5-Parameter-Transformation**, in: Mitteilungen des DVW LV Baden-Württemberg, 1983, Heft 1, S. 36 bis 52