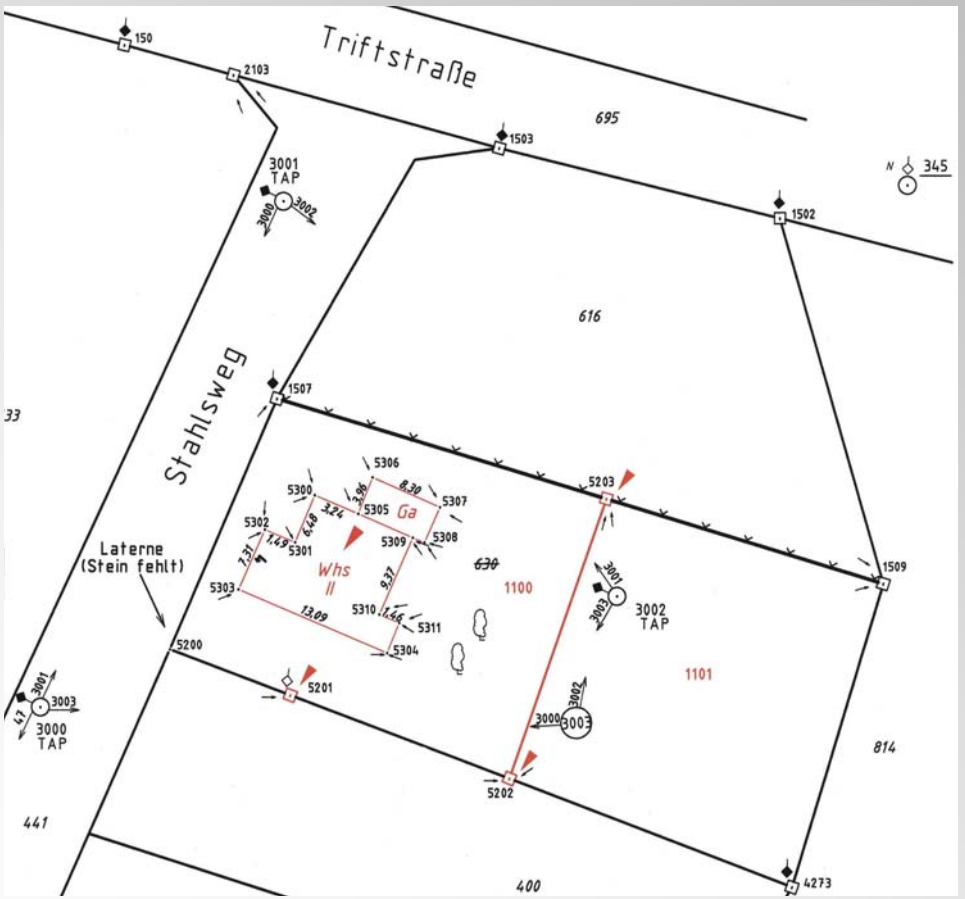
Bezirksregierung Arnsberg

Ausgleichung von Liegenschaftsvermessungen

im Bezugssystem ETRS89/UTM



Thomas Gräfrath, Bezirksregierung Arnsberg

Telefon: 02931/82-3408, E-Mail:thomas.graefrath@bezreg-arnsberg.nrw.de

1. Einleitung

- Mit dem Einführungserlass ETRS89 vom 9. August 2004 ist das ETRS89/UTM weiteres amtliches Bezugssytem für das Liegenschaftskataster in NRW.
- Überführung Punktnachweis bei den Katasterbehörden 2009/2010
- Für den Messungs- und Berechnungsablauf einer Fortführungs-vermessung im ETRS89/UTM sowie die einheitliche Dokumentation der Vermessungsergebnisse gelten die Anlagen 3 und 6 des Einführungserlasses ETRS89
- Für effizientes Zusammenspiel der Vermessungsstellen - insbesondere zwischen ÖbVI und Katasterbehörden - ist die Einhaltung von Standards von ausschlaggebender Bedeutung.

1. Einleitung

- Initiativen der BR-Arnsberg zur Umsetzung des Einführungserlasses ETRS89/UTM

  1. Bildung einer AG „SAPOS im Kataster“

     - Ziel:
       - o Beschreibung des Messungs- und Berechnungsablaufes einer Fortführungsvermessung im ETRS89/UTM unter Nutzung von SAPOS,
       - o Standardisierung der Arbeitsabläufe und der Dokumentation
     - Vorstellung der Arbeitspapiere und Beispiele in mehreren Infoveranstaltungen im Regierungsbezirk Arnsberg und den 5 SAPOS-Nutzerforen 2009

1. Einleitung

2. Informationsveranstaltungen Ausgleichung von Liegenschafts-vermessungen

- Ziel:
  - Vermittlung der Grundlagen und Arbeitsabläufe der Ausgleichung von Liegenschaftsvermessungen,
  - Standardisierung der Arbeitsabläufe und der Dokumentation
- flächendeckend für Reg-Bezirk Arnsberg
- Veranstaltungen zusammen mit Katasterbehörden, ÖbVI und anderen Vermessungsstellen

2. Warum Ausgleichung?

- Bei Liegenschaftsvermessungen i.d.R. Kombination verschiedener Messverfahren (z.B. Messband-, Tachymeter- und GPS-Messungen). Es macht daher Sinn diese Messdaten mit ihren individuellen Genauigkeiten gemeinsam auszuwerten.
- Mit dem **Einführungserlass ETRS89/UTM** wird die **flächenhafte Ausgleichung als Standardberechnungsverfahren** vorgeschrieben.
- **Ausnahme:** nur bei direktem Anschluss der tachymetrischen Messung an temporäre Anschlusspunkte (SAPOS) oder Anschlusspunkte aus dem Nachweis ist die **Polarpunktberechnung mit Mittelbildung** (hierarchische Berechnung) noch zulässig

2. Warum Ausgleichung?

- Viele Vermessungsstellen wenden heute immer noch die hierarchische Berechnung als Standardberechnungsverfahren an.
- Eine Koordinatenbestimmung unter Heranziehung aller Beobachtungen und Bedingungen ist mit **linearen/hierarchischen Berechnung** nicht möglich. Je nachdem in welcher Reihenfolge man die einzelnen Messungen auswertet entstehen andere Ergebnisse.
- Hier ist die **Ausgleichungsrechnung** überlegen. Die **Vorteile** im Vergleich zur linearen/hierarchischen Berechnung sind:
  - gemeinsame Auswertung von z.B. Messband-, Tachymeter- oder GPS-Messungen mit unterschiedlichen Genauigkeiten
  - Ausschöpfung der vorhandenen Überbestimmungen (Redundanzen) in den Messwerten

2. Warum Ausgleichung?

- Berechnung in einem Guss, eine Bearbeitungsreihenfolge wird nicht festgelegt
- Analyse der Messdaten und der Anschlusspunkte
- Automatisierte Fehlersuche durch Anwendung statistischer Methoden
- Beurteilung der Berechnungsergebnisse durch Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsangaben entsprechend den Vorgaben des VPErl.
- Standardisierte Berechnungsergebnisse mit der Folge einer besseren und schnelleren Bewertung

- **Nur** die **Ausgleichung liefert** neben den Koordinaten für die VP auch **Angaben zur Qualität der Messung und der berechneten Koordinaten** (Qualitätssicherung).

2. Warum Ausgleichung?

- Vorteile der Ausgleichung werden vielfach nicht erkannt oder unterschätzt, weil oft nur wenige Mitarbeiter/innen über Kenntnisse und Erfahrungen in der Ausgleichungsrechnung verfügen.
- Durch zweckmäßige Einbindung von Ausgleichungsverfahren in die Arbeitsabläufe lassen sich auch bei kleinen Liegenschaftsvermessungen wirtschaftliche Vorteile erzielen.
- <u>Lösung:</u>
  - Fortbildungen, Workshops, um das erforderliche Knowhow unter den Beschäftigten zu verbreiten.
  - viele Berechnungsprogramme (z.B. KAVDI, KIVID, Geo8, TSM, …), besitzen eine Schnittstelle zu Ausgleichungsprogrammen (z.B. KAFKA) oder können durch Ausgleichungsmodule (z.B. PANDA) erweitert werden

3. Grundlagen der Ausgleichung

3.1 Einführung

- Nach VP-Erl. sind die **VP kontrolliert aufzumessen**, d.h. zur Ermittlung der Lagekoordinaten werden mehr Beobachtungen durchgeführt, als zu ihrer eindeutigen Bestimmung erforderlich wären.
- die Beobachtungen liegen somit in „überschüssiger Anzahl“ vor

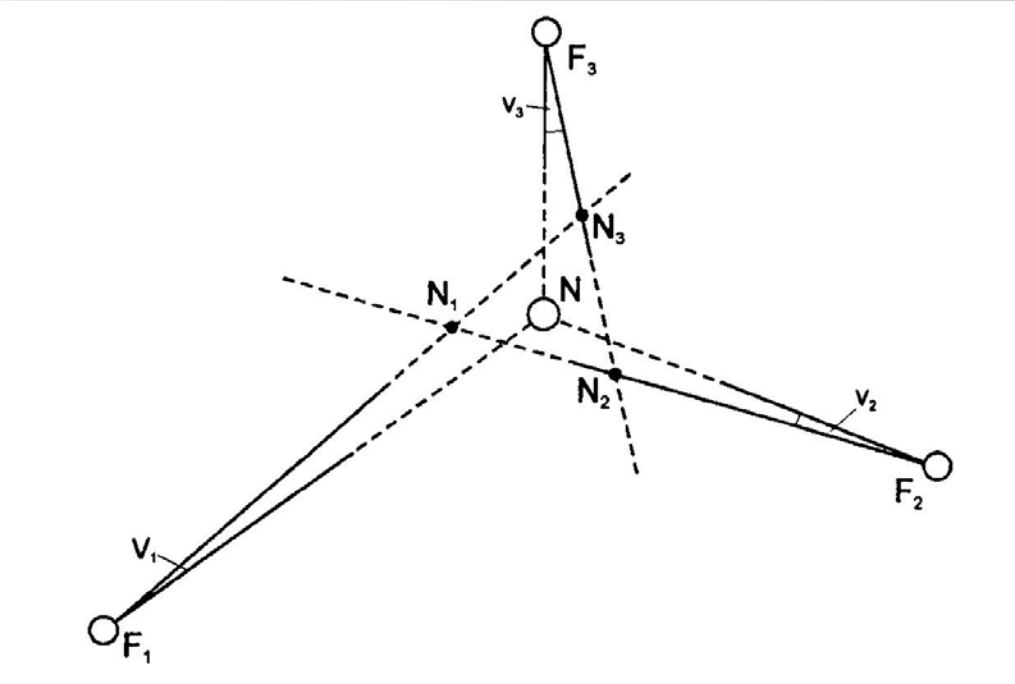
3. Grundlagen der Ausgleichung

- Alle Beobachtungen sind mit sog. **zufälligen Fehlern** (Beobachtungsfehlern) behaftet, so dass aus den einander in begrenztem Umfang widersprechenden Beobachtungen die wahrscheinlichsten (plausibelsten) Werte der gesuchten Koordinaten zu ermitteln sind.

- Was sind zufällige Fehler?
  - Kennzeichen: gleichwahrscheinlich positiv wie negativ, nicht zu tilgen oder rechnerisch zu berücksichtigen
  - Entstehung: Unvollkommenheit von Beobachter, unvermeidliche Restfehler an den Instrumenten
  - Wichtigste Gruppe der Messfehler und der eigentliche Gegenstand der Ausgleichungsrechnung.

3. Grundlagen der Ausgleichung

- Um die plausibelsten Werte der gesuchten Koordinaten zu erhalten versieht man die Beobachtungen L_i mit Verbesserungen v_i, so dass die auftretenden Widersprüche beseitigt werden: $\mathbf{L_i + v_i}$



3. Grundlagen der Ausgleichung

- Für eindeutige Berechnung wird eine Zielfunktion benötigt, die eine Minimierung der Verbesserungen unter Berücksichtigung der Genauigkeit der Beobachtungen erreicht.

- Die am weitesten verbreitete und verwendete Zielfunktion lautet:

$$[pvv] = \mathbf{Min}$$

mit v = Verbesserungen, p = Gewichte bzw. Genauigkeiten der Beobachtungen

als “Methode der kleinsten Quadrate“oder als “L2-Norm“ bekannt.

3. Grundlagen der Ausgleichung

- Ergebnis einer nach diesem Prinzip durchgeführten Ausgleichung wird sein, dass

  1. die ausgeglichenen Beobachtungen (Messwerte) bzw. Unbekannten (Koordinaten) die wahrscheinlichsten Werte sind und
  2. alle ausgeglichenen Größen die kleinstmöglichen mittleren Fehler (Standardabweichung) haben.

3. Grundlagen der Ausgleichung

- <u>Allgemein:</u>

  Voraussetzung für eine Ausgleichung ist das Vorhandensein von Beobachtungen in überschüssiger Anzahl:

  $$\mathbf{r = n - u}$$

  mit r = Anzahl der überschüssigen Beobachtungen (Redundanz)

  n = Anzahl der tatsächlich durchgeführten Beobachtungen

  u = Anzahl der zur eindeutigen Lösung notwendigen Beobachtungen = Anzahl der Unbekannten

  wenn $r > 0 \Rightarrow$ Ausgleichung,

  $r = 0 \Rightarrow$ eindeutige Bestimmung,

  $r < 0 \Rightarrow$ unvollständige Bestimmung

3. Grundlagen der Ausgleichung

3.2 Gewichtung der Messwerte

- Ziel jeder Liegenschaftsvermessung sind VP-Koordinaten in Koordinatenkatasterqualität
- alle Beobachtungen sind entsprechend ihrer Genauigkeit zu gewichten damit:
  - jede Beobachtung ihrer Genauigkeit entsprechend zum Ergebnis beiträgt und
  - eine zuverlässige Qualitätsaussage getroffen werden kann.
- Als ersten Ansatz Standardgewichtung einsetzen, ergibt sich aus Erfahrungswerten (Standardabweichung a priori). Bei Einsatz von WinKAFKA Standardgewichtung aus Projektvorlage über-nehmen.

3. Grundlagen der Ausgleichung

- **anzustrebende Standardabweichungen des VP-Erlasses** müssen **eingehalten** werden
- Vorschlag für Standardgewichtung (a priori)
  - EDM-Strecken: 0,005 m + 5 ppm
  - Messbandstrecken für GebP: 0,010 m
  - Richtungen: 0,001 gon + 0,003 m (für AP)
    0,002 gon + 0,005 m (für GP, GebP)
  - GPS-Echtzeitkoordinaten: 0,015 – 0,020 m
- In der freien Ausgleichung angemessene Gewichtung der Beobachtungen überprüfen. Ggf. weiterer Berechnungslauf mit angepassten a priori Ansätzen (näheres siehe Punkt 3.3.1) .

3. Grundlagen der Ausgleichung

3.3 Ausgleichungsverfahren

Die Berechnung der plausibelsten Koordinaten gliedert sich in eine Berechnungsabfolge, bei der verschiedene Ausgleichungs-verfahren mit unterschiedlichen Aufgaben zur Anwendung kommen, siehe Nr. 21.2 und 21.3 VPErl.:

- freie Ausgleichung,
- dynamische Ausgleichung und
- Ggf. Ausgleichung unter Anschlusszwang

3. Grundlagen der Ausgleichung

3.3.1 Freie Ausgleichung

- es werden nur die Beobachtungen ohne äußere Zwänge (alle eingegebenen Anschlusspunkte werden als Neupunkte betrachtet) ausgeglichen
- dient der Aufdeckung grober Fehler in den Messwerten,
- der Überprüfung des Gewichtsansatzes und
- der Überprüfung der inneren Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messwerte.

3. Grundlagen der Ausgleichung

Ablauf einer freien Ausgleichung:

- Alle Anschlusspunkte werden als Neupunkte angenommen
- 1. Fehlersuche in den Messwerten:
  - Werden **g**robe **F**ehler **GF in den Beobachtungen** berechnet und ausgewiesen**?** $GF = - v / r$

    Grobe Fehler (Ausreißer) sind Fehler, die aus dem Rahmen der normalen Messgenauigkeit fallen, sie entstehen durch Unachtsamkeit.

  - **automatisierte Fehlersuche** mit statistischen Testverfahren
    - **statistisch** wird ein **g**rober **F**ehler **GF im Messwert** vermutet, **wenn** die **Normierte Verbesserung den Vergleichswert k=2 (nach VP-Erl.)übersteigt**

      $NV = |v| / \sigma * \sqrt{r} > 2$

    - D.h für einen **vollständig kontrolliertem Messwert** (r = 1 od. EV=100%): ein **GF** wird **vermutet, wenn** der **Verbesserungsbetrag** |v| **größer als das Doppelte der vorgegebenen Standardabweichung** σ beträgt.

3. Grundlagen der Ausgleichung

– Beispiel polare Strecke:

NR	VON	NACH	SRED V.D.A. (M)	V A.K. (MM)	SA V.A. (MM)	SA N.A. (MM)	EV (%)	EP (MM)	NV	GF (M)
164	34355696100113	34355696100111	40.192	0	5	3	66	0	0.1	
165		34355696300052	16.642	2	16	9	68	1	0.1	
166		34355696300053	7.420	-1	16	8	74	0	0.1	
167		34355696300054	8.712	7	16	9	68	3	0.5	
168		34355696300055	7.850	-30	16	8	73	11	2.2	0.04*

– **Bei schlecht kontrollierten Messwerten werden deutlich eher GF vermutet**, bei einer Kontrolliertheit von 10% (r = 0,1) z.B. bereits, wenn der Verbesserungsbetrag etwa das 0,6 fache der vorgegebenen Standard-abweichung übersteigt.

– Der **aufgespürte GF** ist **zunächst nur rein statistisch** begründet. Deswegen **bedarf** es einer **fachkundigen Wertung!**

– Ist der **E**influss auf die **P**unklage **EP** gering, d.h. **bei AP unter 2 cm, bei GP und GebP unter 3 cm** (Nr. 2.34 der Anlage 3 VPErl.) kann der **GF vernachlässigt** werden. EP gibt den Betrag an, um den sich die Punktlage ändert, wenn der Messwert nicht an der Ausgleichung teilnimmt.

3. Grundlagen der Ausgleichung

- Suche maximale NV, bereinige oder eliminiere die mit einem groben Fehler behaftete Beobachtung
- Wiederholung der freien Ausgleichung
- **Im Falle zu vieler grober Fehler** GF, zu großeVerschmierungseffekte, **„robuste Schätzung“** (als automatisierte Fehlersuche) einsetzen

3. Grundlagen der Ausgleichung

- 2. Überprüfung des Gewichtsansatzes:
  - **Alle Beobachtungen** sind **entsprechend ihrer Genauigkeit** vor der Ausgleichung zu **gewichten** (Standardabweichung a priori, Erfahrungswerte oder Herstellerangaben).
  - Zur **Überprüfung** der **angemessenen Gewichtung** werden **im Ausgleichungslauf für jede Beobachtungsgruppe** (z.B. EDM-Strecken, Richtungen, Messband, GPS-Beobachtungen, …) getrennt **Gewichtseinheitsfehler** (Standardabweichung oder Varianzkomponenten a posteriori) **berechnet**. Diese **geschätzten Gewichtseinheitsfehler σ_0 sollen dem Erwartungswert 1 nahe kommen**. Ist **$\sigma_0 > 1$, sind** die **Messwerte ungenauer** als angenommen, ist umgekehrt **$\sigma_0 < 1$, sind** die **Messwerte genauer als angenommen.**

3. Grundlagen der Ausgleichung

- Geringe Abweichungen der Gewichtseinheitsfehler vom Erwartungswert 1 sind für das Koordinatenergebnis unerheblich.

```
FREIE NETZAUSGLEICHUNG ( FREIHEITSGRAD 3 )
------------------------------------------
PARAMETER- UND VARIANZKOMPONENTENSCHAETZUNG

STANDARDABWEICHUNG DER TACHYMETERSTRECKEN A-PRIORI:
 +-(  0.003 M + 3.0 PPM ) *  1.000
   GEWICHTSEINHEITSFAKTOR A-POSTERIORI:            0.880

STANDARDABWEICHUNG DER RICHTUNGEN A-PRIORI:
 +-(  0.0010 GON + 0.003 M * RHO / S)  *  1.000
   GEWICHTSEINHEITSFAKTOR A-POSTERIORI:            0.988
```

- Eine sachgerechte Interpretation der Gewichtseinheitsfehler setzt voraus, dass eine ausreichende Kontrolliertheit der Messungen von durchschittlich mehr als 30% vorliegt.

- **Wichtig** ist, dass die **Gewichtseinheitsfehler der Beobachtungsgruppen** relativ zueinander **um nicht mehr als etwa 0,3 differieren**, um eine Über- oder Untergewichtung der einzelnen Gruppen zu vermeiden.

3. Grundlagen der Ausgleichung

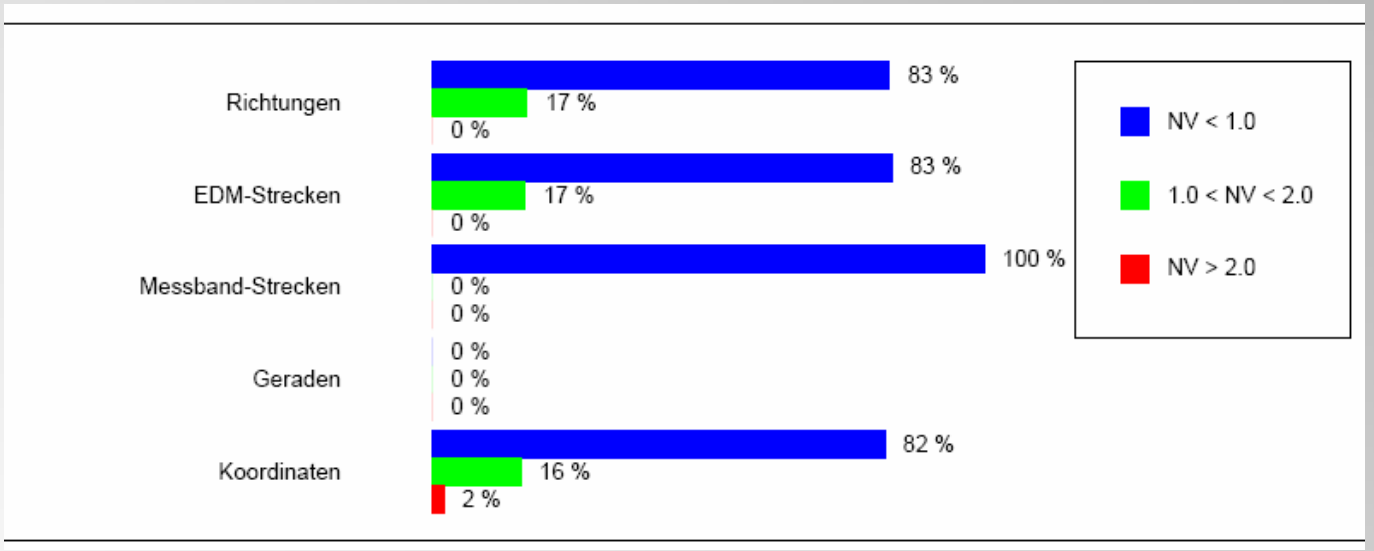
- 3. Überprüfung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Messwerte :

  D.h.: sind die Ausgleichungsergebnisse nicht nur genau sondern auch richtig?

  - **innere Messgenauigkeit,**
    - **Normierte Verbesserung NV,** Darstellung der inneren Mess-genauigkeit, bezogen auf die vorgegebene Standardabweichung und die Kontrolliertheit des Messwertes
    - bei vollständig kontrolliertem Messwert (r = 1) bedeutet NV = 1, dass seine individuelle Messgenauigkeit genau der vorgegebenen Standardabweichung entspricht, bei NV = 2 beträgt sie entsprechend das 2-fache der vorgegebenen Standardabweichung
    - VP-Erlaß fordert für 2/3 aller Messwerte NV < 1

3. Grundlagen der Ausgleichung

– Histogramm über die Verteilung der NV im KAFKA NRW-Protokoll



3. Grundlagen der Ausgleichung

- **Kontrolliertheit (Zuverlässigkeit) der Messwerte**
  - Beobachtungen nur dann gut kontrolliert, wenn
    - zusätzliche, benachbarte Beobachtungen in Bezug auf die zu kontrollierende Beobachtung richtig angeordnet sind, z.B. Streben bei Rechtwinkelaufnahme
    - diese benachbarten Beobachtungen außerdem eine ausreichende Genauigkeit aufweisen
  - Daher Aufnahmegeometrie so anlegen, dass sich die Beobachtungen gegenseitig kontrollieren. Dies ist meist bei doppeltem polaren Aufmass oder doppelten polaren GPS-Bestimmung der Fall.
  - Liegenschaftsvermessungen bestehen i.d.R. aus einer Kombination verschiedener Aufmessungsverfahren, z.B. Messband-, Tachymeter- oder GPS-Messungen mit unterschiedlichen Genauigkeiten

3. Grundlagen der Ausgleichung

- Zur Beurteilung der Kontrolliertheit (Zuverlässigkeit) der Messung wird der Wert EV (Einfluss auf die Verbesserung) verwendet. Dieser bringt zum Ausdruck, wieviel Prozent eines möglichen Messungsfehlers sich in der Verbesserung niederschlägt.

- Bei niedrigem EV ist ein Messwert schlecht kontrolliert.
  Beispiel: bei Streckenfehler von 15 cm und EV von 10% drücken sich nur 10% des Fehlers, also nur 1,5 cm, in der Verbesserung aus. Damit bleibt der Fehler unentdeckt. Bei EV von 40 % dagegen beträgt der Anteil an der Verbesserung bereits 6 cm, der Fehler wird aufgedeckt.

- **Nach VP-Erlaß** gelten Beobachtungen mit einem **EV-Wert größer oder gleich 10%**, als **kontrolliert**. Im Durchschnitt sollte EV mindestens 30% betragen.

3. Grundlagen der Ausgleichung

– Trotzdem kann es bei offensichtlich kontrolliertem Aufmass zu einer **Unterschreitung der 10%** kommen. Ursache hierfür ist oft das Zusammentreffen von unterschiedlichen **Beobachtungstypen mit stark abweichenden Genauigkeiten** oder **schlechte Messanordnung**.

  Beispiel: Kontrolle eines einfachen polaren Aufmasses mit dem Tachymeter durch Messbandstrecken. Standardabweichung EDM-Strecke 5 mm, Messbandstrecken 20 mm. Mit diesen Genauigkeitsansätzen ist die Messbandstrecke ein unzulängliches Mittel zur Kontrolle einer EDM-Strecke, denn **kontrollieren können sich nur Beobachtungen vergleichbarer Genauigkeit**.

3. Grundlagen der Ausgleichung

- Maß für **äußere Zuverlässigkeit der Punktbestimmung:**

  EP = **E**influss des Messwertes auf die **P**unktlage. EP gibt den **Betrag** an, **um den sich die Punktlage ändert, wenn der Messwert nicht an der Ausgleichung teilnimmt**.

- Nach VP-Erl. soll der **EP-Wert** bei **AP ≤ 0,02 m**, bei **GP und GebP ≤ 0,03 m** sein. Ist der Wert größer, ist zu untersuchen, ob ein grober Fehler vorliegt.

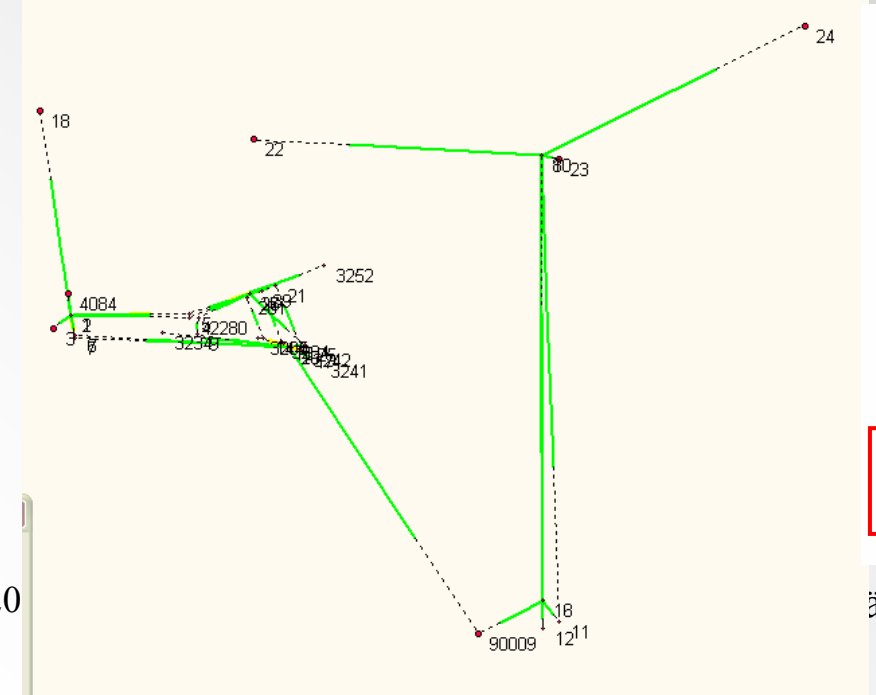
- <u>4. Überprüfung der Zuverlässigkeit der Berechnung:</u>

  - Kontrolle der Redundanz $\sum r_i = n - u$?

    Redundanz und Redundanzkontrolle sollen übereinstimmen. Abweichungen können an einer nicht ausreichenden Anzahl von Iterationen oder einem Netzdefekt liegen.

3. Grundlagen der Ausgleichung

- Beispiel: 2 Teilnetze die nur über einen Verknüpfungspunkt miteinander verbunden sind
  - in freier Ausgleichung werden Anschlusspunkte als Neupunkte behandelt, eines der Teilnetze kann beliebig um den Verknüpfungs-punkt herumgedreht werden
  - Lösung: weitere Beobachtung zwischen den Teilnetzen




```
FREIE NETZAUSGLEICHUNG ( FREIHEITSGRAD 3 )
------------------------------------------
PARAMETER- UND VARIANZKOMPONENTENSCHAETZUNG
ANZAHL DEFINIERTER PUNKTE IM PROJEKT:                38
ANZAHL NEUPUNKTE EINSCHL. LOTFUSSPUNKTE:             38
ANZAHL DER BEWEGLICHEN ANSCHLUSSPUNKTE:               0
ANZAHL DER MESSUNGSLINIEN:                            0

ABSZISSEN,ORDINATEN,SPANNMASSE,STREBEN:               4
GEMESSENE RECHTE WINKEL (LOTE):                       0
DURCHFLUCHTUNGEN FUR LINIEN-/LOTFUSSPUNKTE:           0
TACHYMETRISCHE STRECKEN:                             74
RICHTUNGSSAETZE:                                     10
RICHTUNGEN INSGESAMT:                                74
ANZAHL GESCHAETZTER GROBER DATENFEHLER:               0

REDUNDANZ:                                           69
REDUNDANZ (KONTROLLE):                               70.1
ANZAHL GERECHNETER ITERATIONEN:                       2
MAXIMALER KONVERGENZFORTSCHRITT:                      0.000
SUMME PVV AUS FEHLERGLEICHUNGEN:                     21.336
```

3. Grundlagen der Ausgleichung

- o Anzahl der gerechneten Iterationen, maximaler Konvergenz-fortschritt

- 5. Abschluss der freien Netzausgleichung:
  - o Die Beobachtungen sind weitestgehend fehlerfrei und
  - o die Qualität der Messung nachgewiesen.

3. Grundlagen der Ausgleichung

3.3.2 Dynamische Ausgleichung

- Die dynamische Ausgleichung diente im traditionellen Bearbeitungsablauf allein zur Analyse der Anschlusspunkte.
- Die Beobachtungen werden gemeinsam mit den äußeren Zwängen ausgeglichen, d.h. die **Koordinaten der Anschluss-punkte** werden dazu **mit vorzugebenden mittleren Punkt-fehlern als zusätzliche Messwerte in die Ausgleichung eingeführt** und als sogenannte bewegliche Anschlusspunkte mit ausgeglichen.

3. Grundlagen der Ausgleichung

- Der Einfluss der beweglichen Anschlusspunkte auf das Ausgleichungsergebnis ist abhängig von ihrer Gewichtung (mittleren Punktfehlern):

  1. **geringes Gewicht m_P > 10 cm,**

     durch Untergewichtung der Anschlusskoordinaten werden in den Verbesserungen der Koordinaten die Klaffen zwischen der eigenen Messung und dem Katasternachweis sichtbar. Die beweglichen Anschlusspunkte haben **keinen Einfluss auf das Ausgleichungsergebnis**.

     Anzuwenden bei:

     - der Analyse der Anschlusspunkte
     - der Prüfung von Kontrollpunkten
     - der Grenzuntersuchung bereits koordinierter VP im Koordinatenkataster
     - Überprüfung der nach Sollkoordinaten abgesteckten und abgemarkten VP

3. Grundlagen der Ausgleichung

2. **angemessenes Gewicht m_P = 1,5 - 3 cm,**

   die der tatsächlichen Lagegenauigkeit entspricht und sich aus der Lagegenauigkeitsstufe LGA ergibt (lt. PktNachweisErl. gilt für LGA H: LSP ≤ 0,02 m, für LGA 1: LSP ≤ 0,03 m).
   Die **Anschlusskoordinaten und** die **Beobachtungen** zu den Anschlusspunkten werden in ein Gleichgewicht gebracht. Sie **üben einen gegenseitigen Einfluss aus**.

- Die **dynamische Ausgleichung mit angemessener Gewichtung** der Anschlusspunkte schafft eine homogene Verbindung zwischen Beobachtungen hoher Nachbarschaftsgenauigkeit (Tachymeter), hoher globaler Genauigkeit (SAPOS) und dem spannungsarmen/-freien Anschlusspunktfeld (AP/TAP).

3. Grundlagen der Ausgleichung

- So werden die Anschlusspunkte aus dem Nachweis mit den temporären Anschlusspunkten aus SAPOS gleich gesetzt und unter Einbeziehung ihrer Entstehungsgenauigkeit an der Berechnung beteiligt.

- Wie bereits in den Arbeitspapieren und den Beispielen der AG „SAPOS im Kataster“ beschrieben, bekommt die dynamische Ausgleichung eine neue Bedeutung: die der **Berechnung der „endgültigen Koordinaten“**.

3. Grundlagen der Ausgleichung

3.3.3 Berechnung endgültiger Koordinaten

- Nach Berechnung der Restklaffen in den Anschlusspunkten durch dynamische Ausgleichung mit Untergewichtung, Festlegung der Berechnungsart für die engültigen Koordinaten:
  - Klaffen bis 3 cm (im ETRS89 der Regelfall):
    dynamische Ausgleichung mit angemessener Gewichtung der Anschlusspunkte (Punkte die den Lagebezug herstellen und im Nachweis mit LGA H oder 1 vorliegen)
  - Klaffen von 3- 6 cm:
    nachbarschaftliche Einpassung durch Transformation des Ergebnisses der freien Ausgleichung

3. Grundlagen der Ausgleichung

- Genauigkeit (Qualität) der berechneten Koordinaten:
  - **L**okale **S**tandardabweichung der **P**unktlage **LSP**:
    punktbezogenes Genauigkeitsmaß, das sich aus den zum Punkt zugehörigen Messwerten ableitet. **Nach VP-Erl.** sind **für AP 2 cm** und **für GP und GebP 3 cm anzustreben**.
  - **S**tandardabweichung der **P**unktlage SP:
    Für jeden Neupunkt wird eine globale Standardabweichung der Punktlage berechnet.
- Nach der abschließenden Ausgleichung i.d.R. linienweise Einrechnung der neuen GP in vorhandene (alte) Grenzen

4. Ausgleichung mit WinKAFKA

Beispiel einer gemeinsamen Auswertung von Messband-, Tachymeter- und GPS-Messungen mit dem Programm WinKAFKA.

Arbeitsablauf:

- Neues Projekt anlegen
- Steuerdaten bearbeiten
- Anschluss- und Kontrollpunkte einlesen
- GPS-Koordinatenbeobachtungen und tachymetrische Messdaten einlesen
- Ggf. Messbandstrecken für Gebäude einfügen
- Vorauswertung (Berechnung von Näherungskoordinaten)

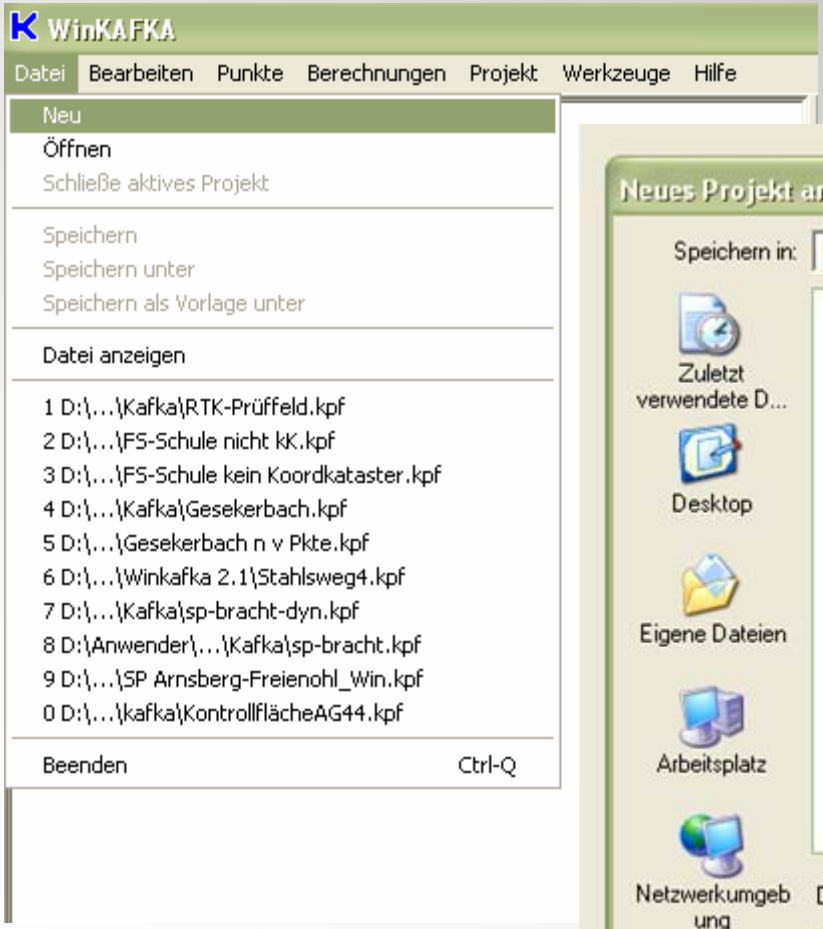
4. Ausgleichung mit WinKAFKA

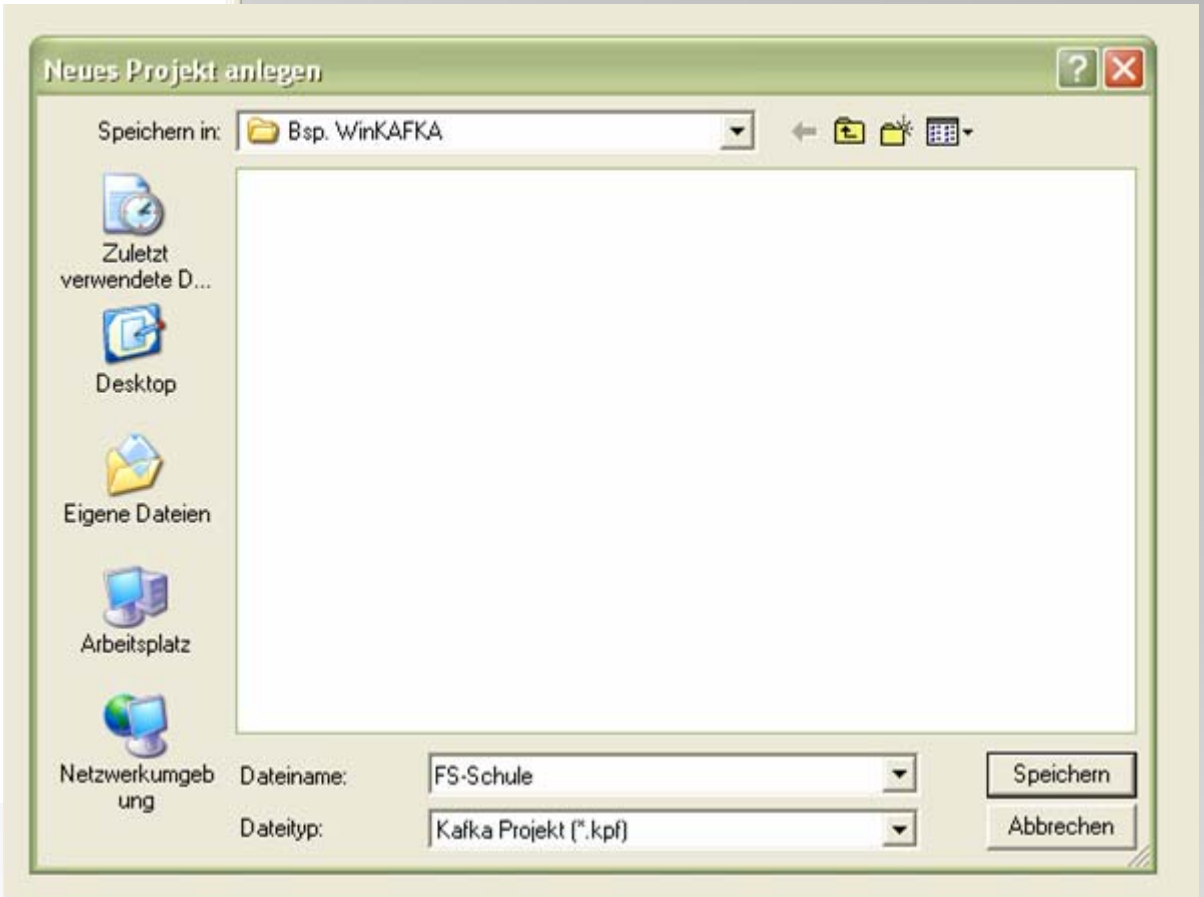
- **Freie Ausgleichung** zur Analyse der Messanordnung, der Messwerte und deren Gewichtung
- Ggf. **dynamische Ausgleichung mit Untergewichtung** der Anschlusspunkte zur Analyse der Anschlusspunkte
- **Berechnung endgültiger Koordinaten**
  durch dynamische Ausgleichung mit angemessener Gewichtung der Anschlusspunkte oder Transformation eines freien Netzes
- im Anschluss an die Ausgleichung **Einrechnung der neuen Grenzpunkte in vorhandene (alte) Grenzen**
- **Dokumentation der Berechnung entsprechend Einführungs-erlass ETRS89**, Anlage 6

4. Ausgleichung mit WinKAFKA

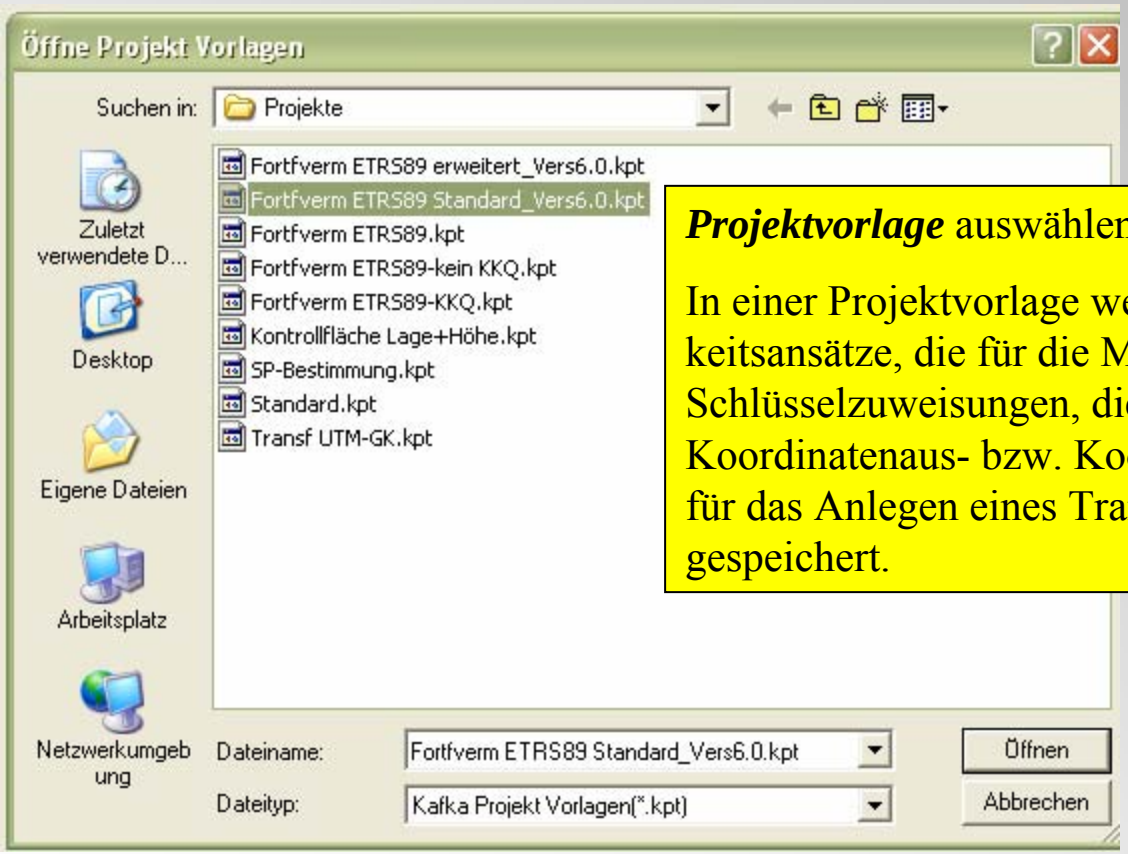
- Flächenberechnung
- Bis zur Überführung des Liegenschaftskatasters in das ETRS89/UTM Rücktransformation der endgültigen ETRS89-Koordinaten in das alte Lagebezugssystem über Stützpunkte der Nachbarschaft
- Dokumentation der Rücktransformation

4.1 Neues Projekt anlegen





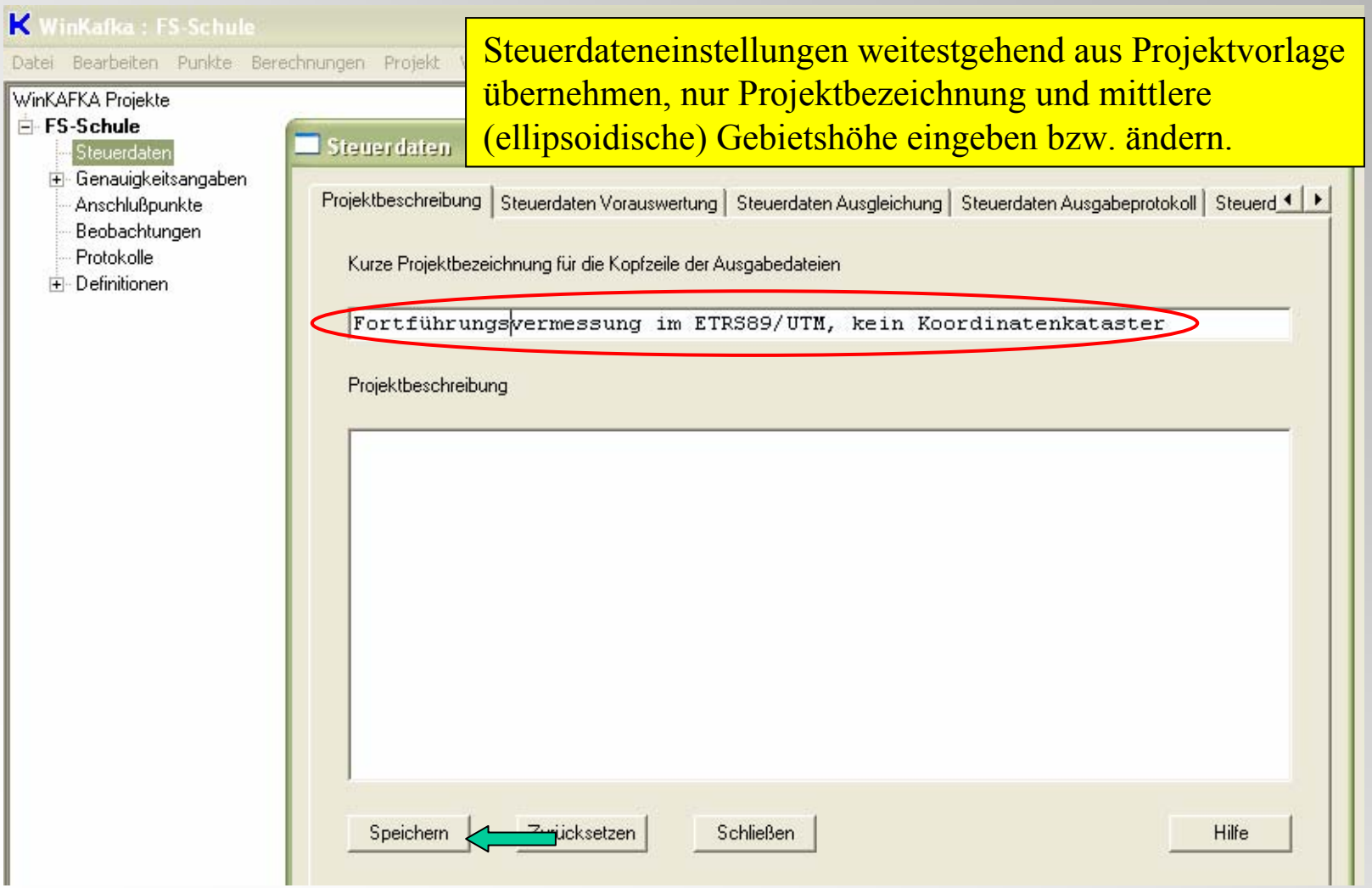
4.1 Neues Projekt anlegen



Projektvorlage auswählen, hier „Fortfverm ETRS89.kpt“.

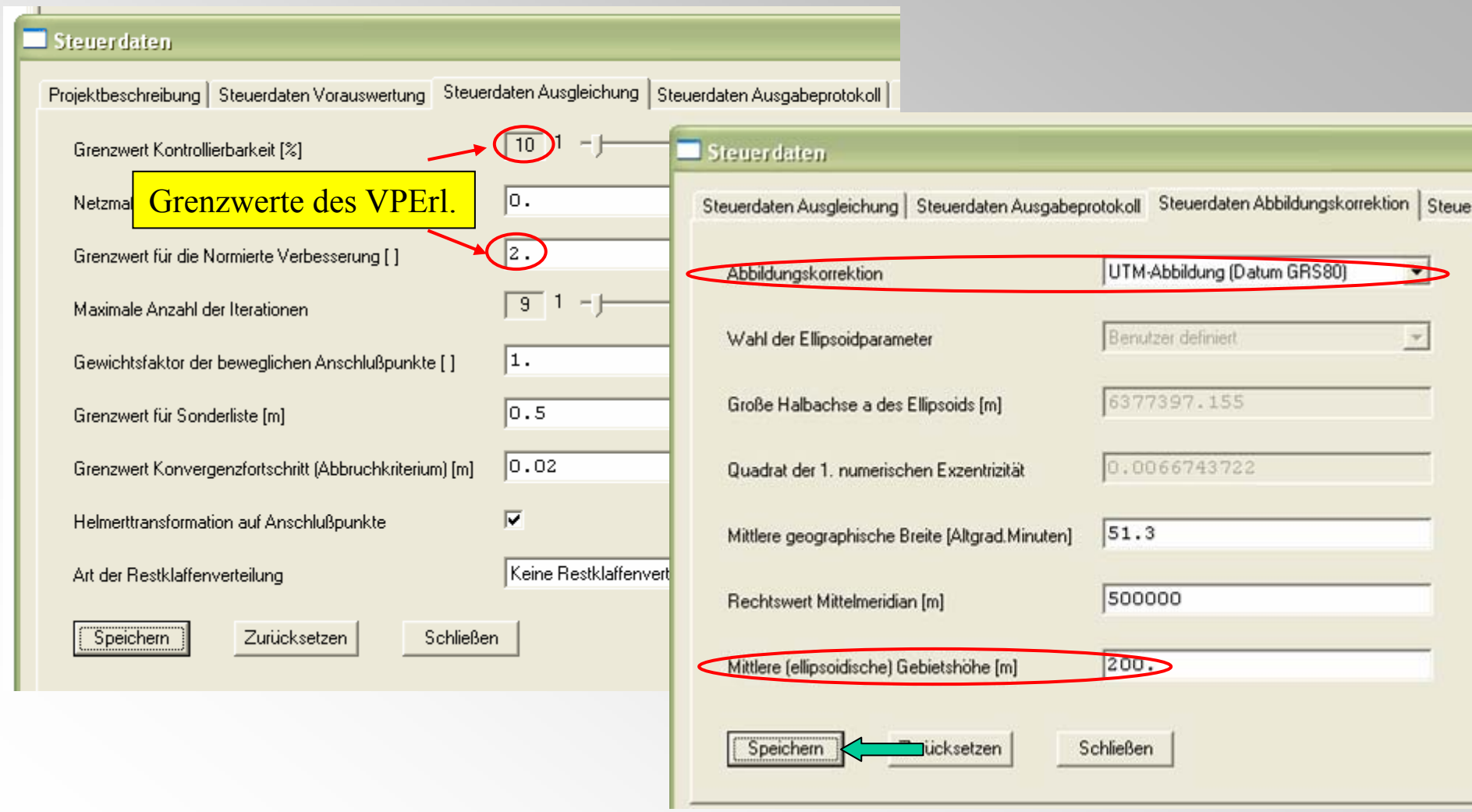
In einer Projektvorlage werden alle Steuerdaten, Genauigkeitsansätze, die für die Messdatenumsetzung benötigten Schlüsselzuweisungen, die Parameter für eine zusätzliche Koordinatenaus- bzw. Koordinateneingabe, die Parameter für das Anlegen eines Transformationsprojektes usw. gespeichert.

4.2 Steuerdaten bearbeiten

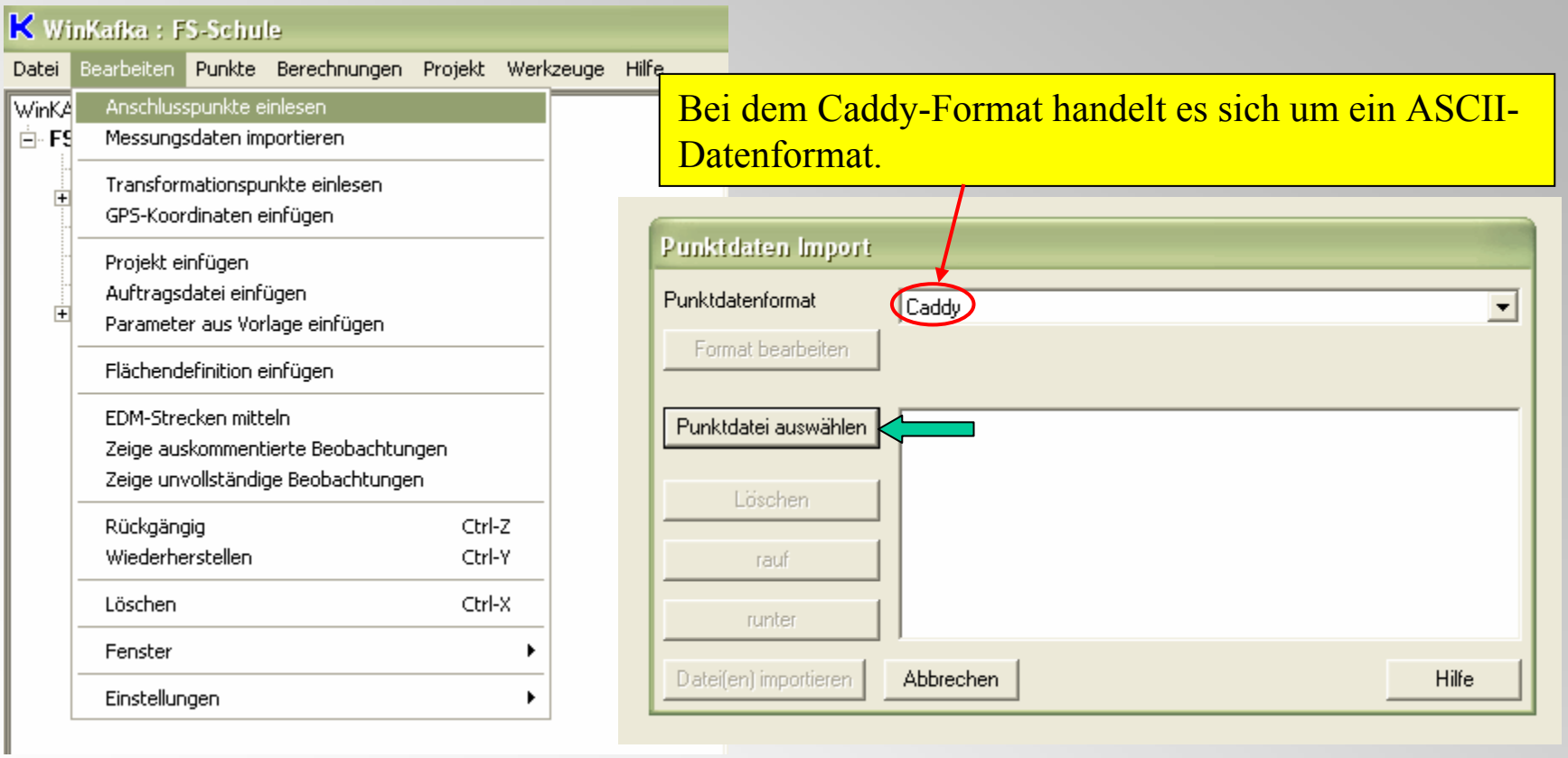


Steuerdateneinstellungen weitestgehend aus Projektvorlage übernehmen, nur Projektbezeichnung und mittlere (ellipsoidische) Gebietshöhe eingeben bzw. ändern.

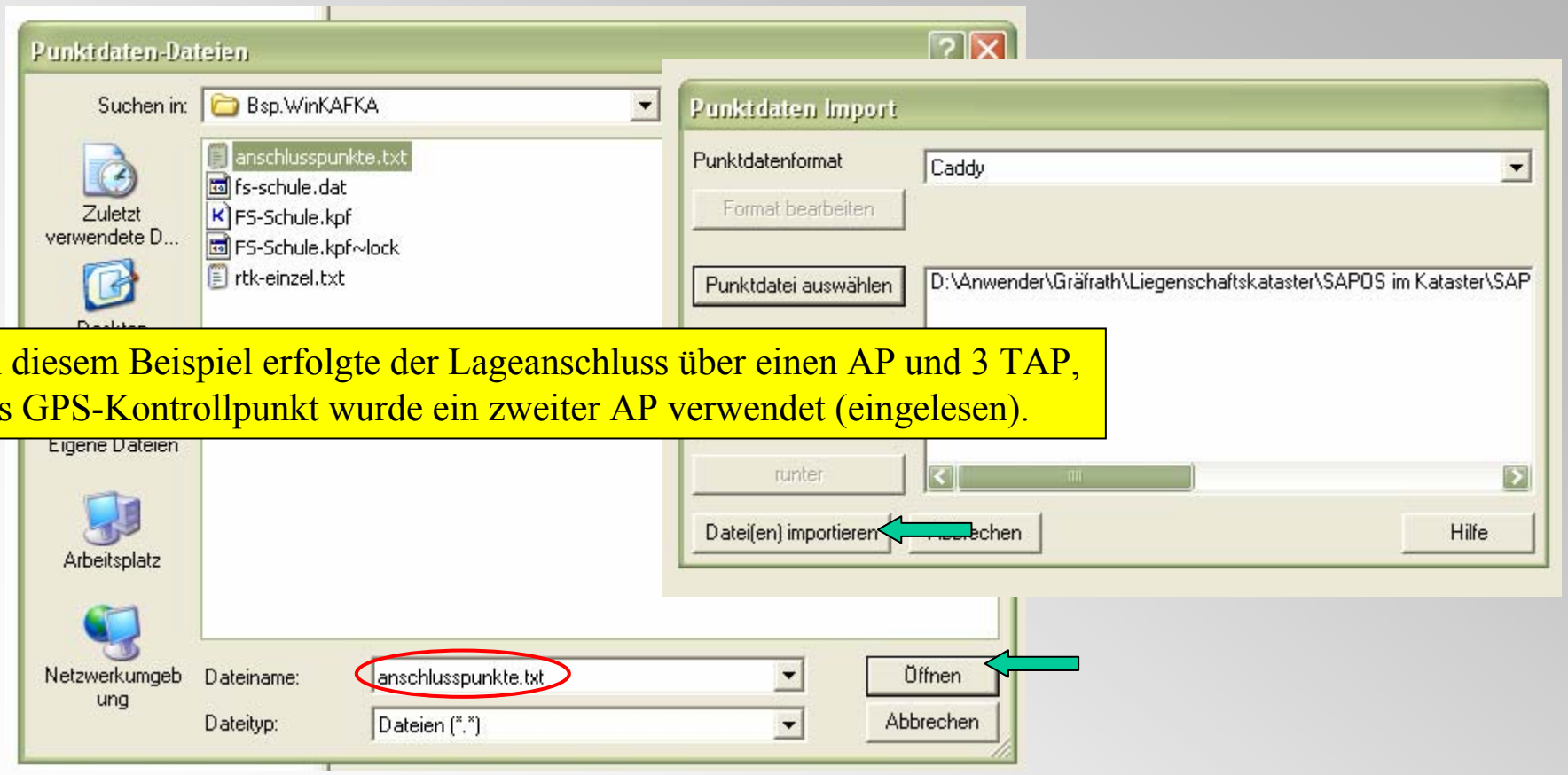
4.2 Steuerdaten bearbeiten



4.3 Anschluss- und Kontrollpunkte einlesen

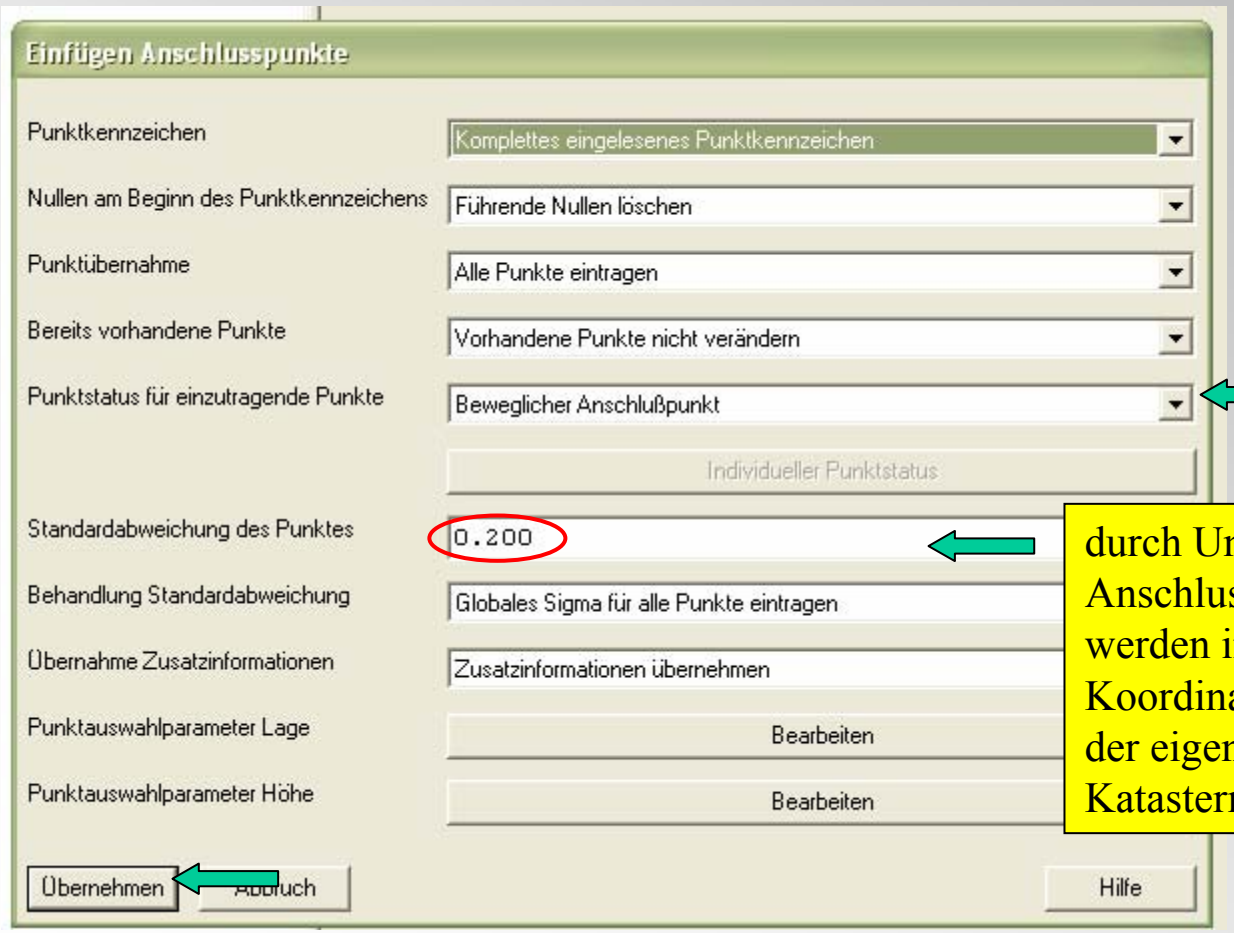


4.3 Anschluss- und Kontrollpunkte einlesen



In diesem Beispiel erfolgte der Lageanschluss über einen AP und 3 TAP, als GPS-Kontrollpunkt wurde ein zweiter AP verwendet (eingelesen).

4.3 Anschluss- und Kontrollpunkte einlesen



durch Untergewichtung der Anschluss- und Kontrollpunkte werden in den Verbesserungen der Koordinaten die Klaffen zwischen der eigenen Messung und dem Katasternachweis sichtbar.

4.3 Anschluss- und Kontrollpunkte einlesen

Datei Bearbeiten Punkte Berechnungen Projekt Werkzeuge Hilfe

WinKAFKA Projekte
- FS-Schule
  - Steuerdaten
  - Genauigkeitsangaben
  - Anschlußpunkte
    - 34573618100071
    - 34573618100072
  - Beobachtungen
  - Protokolle
  - Definitionen

34573618100071

Punktnummer	Rechtswert	Hochwert	Höhe	Status (Lage)	Sigma...	Status Höhe
34573618100071	32436055.779	5717047.319	0.0000	Dynamisch	0.200	Nicht definiert
34573618100072	32436005.375	5717028.836		Dynamisch	0.200	Nicht definiert

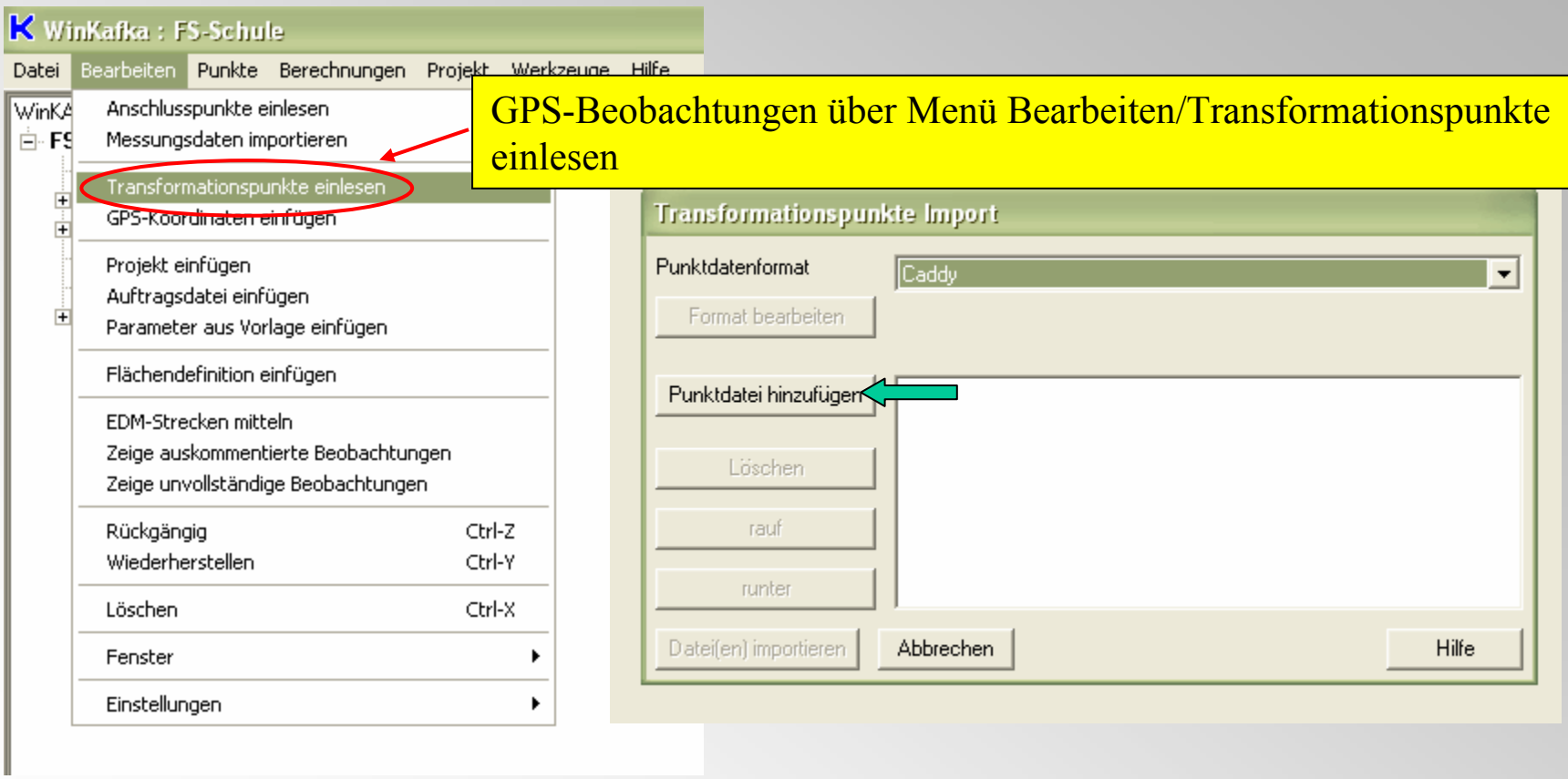
☑ Aktiv Kommentar

☐ Auffelderungspunkt ☐ Berichtigter Altpunkt

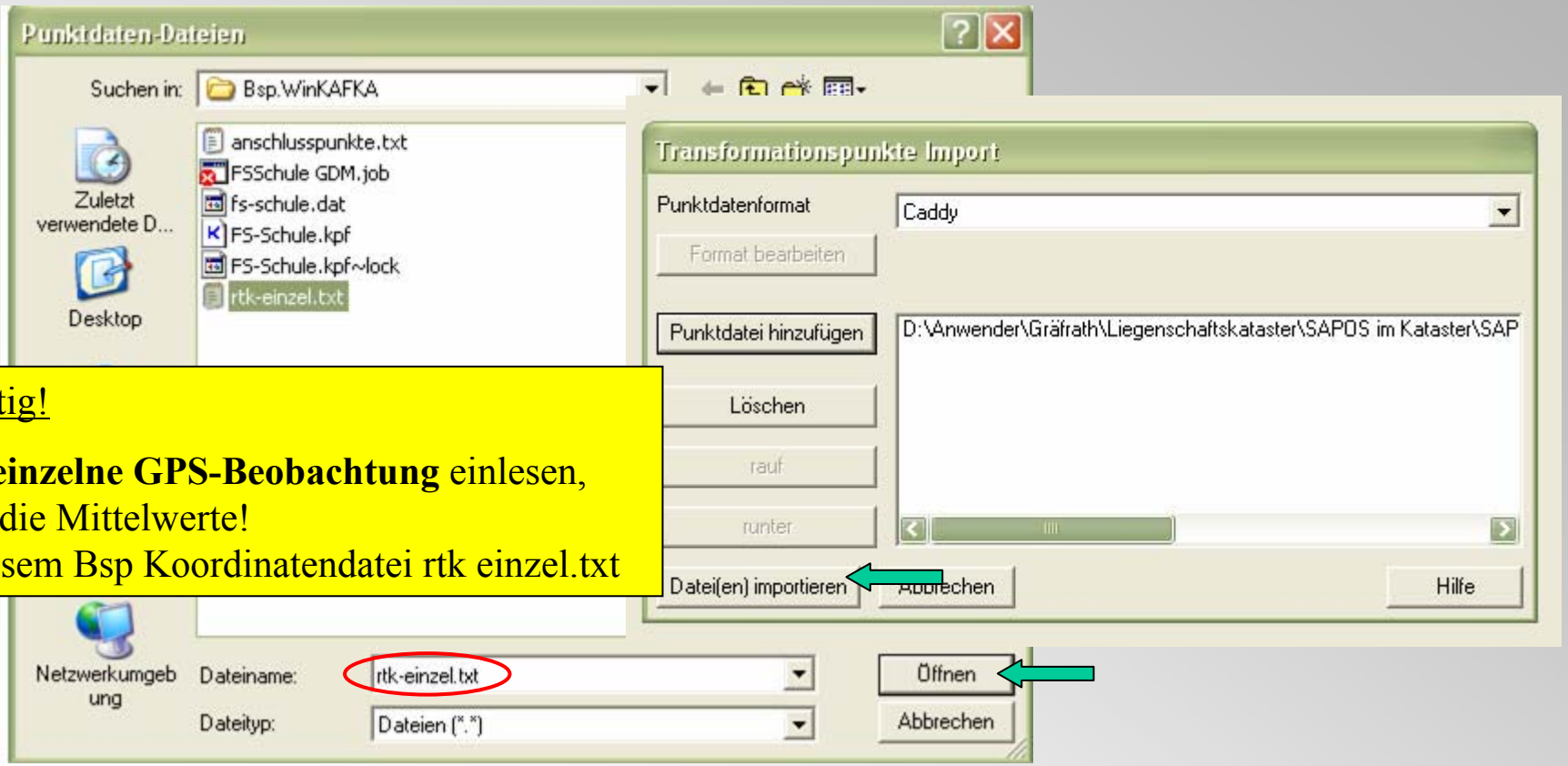
Punktkennzeichen: 34573618100071
Punktstatus (Lage): Beweglicher Anschlußpunkt
Rechtswert: 32436055.779
Standardabweichung Lage: 0.200
Hochwert: 5717047.319
Differenzierung Punkte: GPS-Kontrollpunkt
Höhe:
Punktstatus (Höhe): Nicht definiert
Standardabweichung Höhe:

Sichern | Zurücksetzen | Neu | Schließen | Hilfe

4.4 GPS-Koordinatenbeobachtungen einlesen



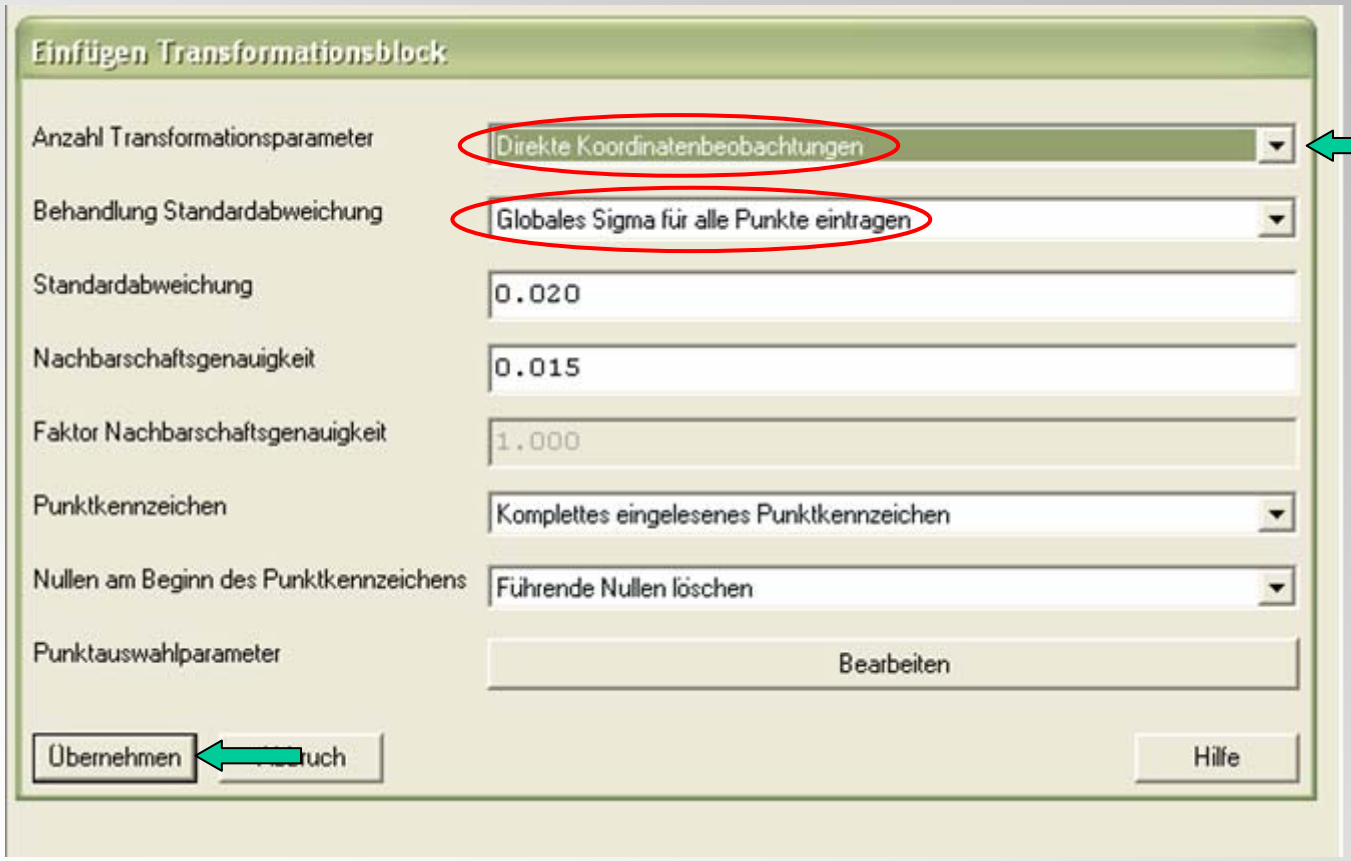
4.4 GPS-Koordinatenbeobachtungen einlesen



Wichtig!

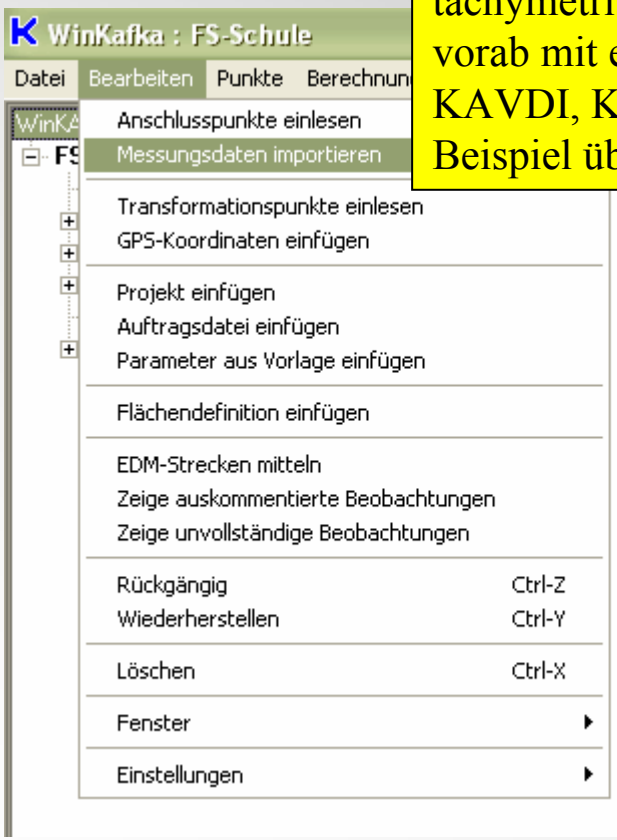
Jede **einzelne GPS-Beobachtung** einlesen, nicht die Mittelwerte!
In diesem Bsp Koordinatendatei rtk einzel.txt

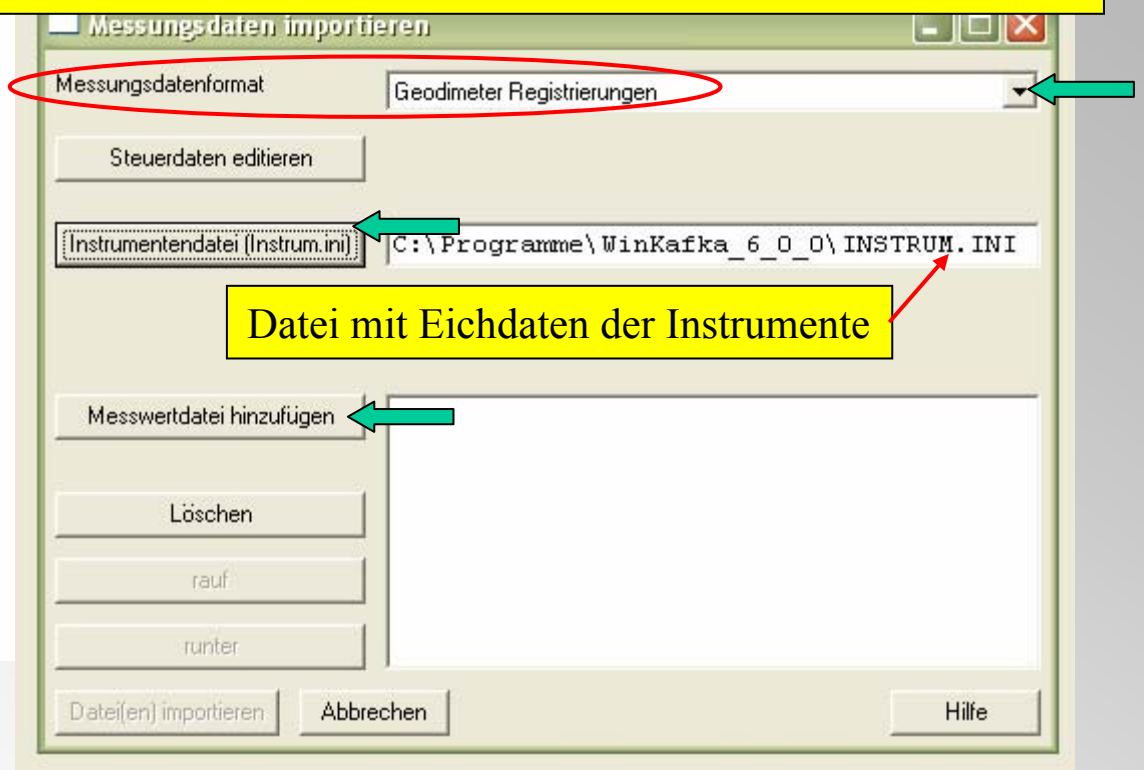
4.4 GPS-Koordinatenbeobachtungen einlesen



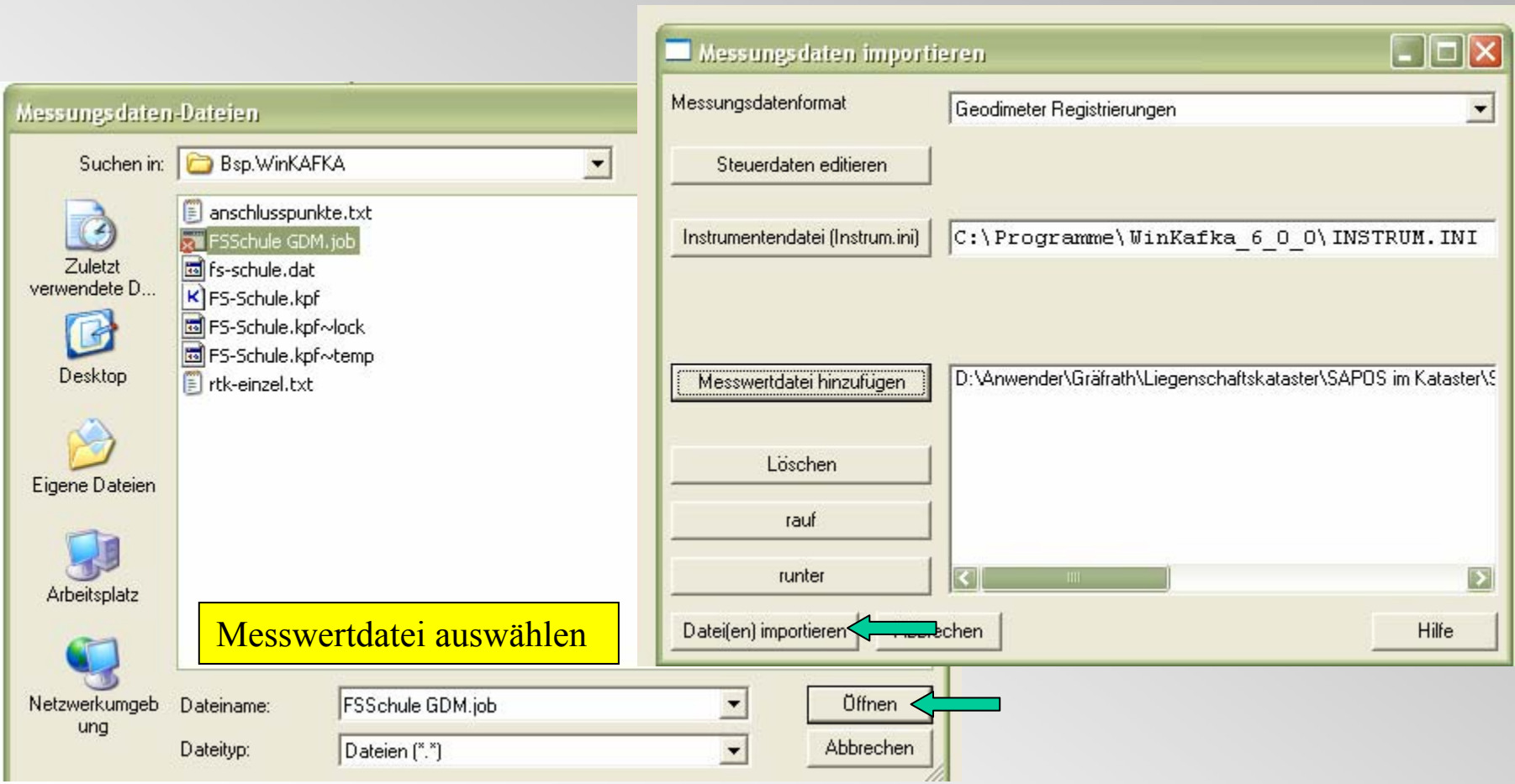
4.5 tachymetrische Messdaten einlesen

tachymetrische Messdaten durch KAFKA-Auftragsdatei importieren, die vorab mit einem linearen/hierarchischen Berechnungsprogramm (z.B. KAVDI, KIVID, GEO8 oder TSM) erstellt wurde *oder* wie in diesem Beispiel über das Modul KAFKA-C.

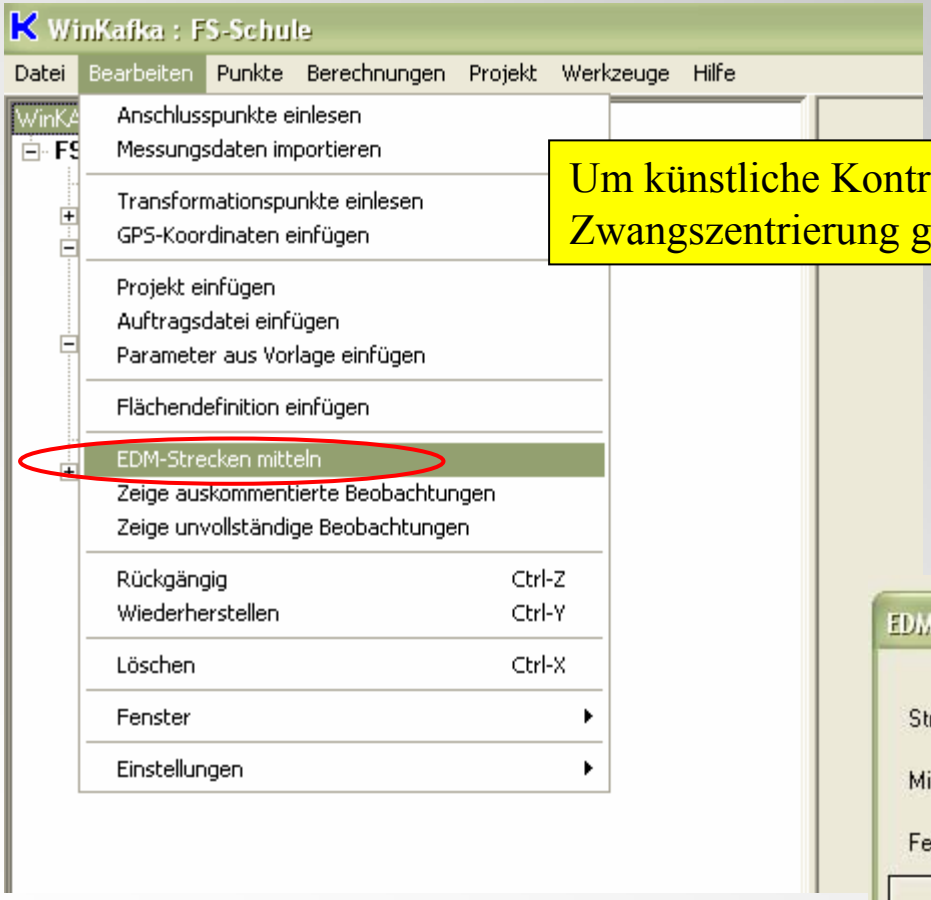




4.5 tachymetrische Messdaten einlesen



4.5 EDM-Strecken mitteln



Um künstliche Kontrolliertheiten zu vermeiden, die gegenseitig in Zwangszentrierung gemessenen EDM-Strecken mitteln.

4.5 EDM-Strecken mitteln

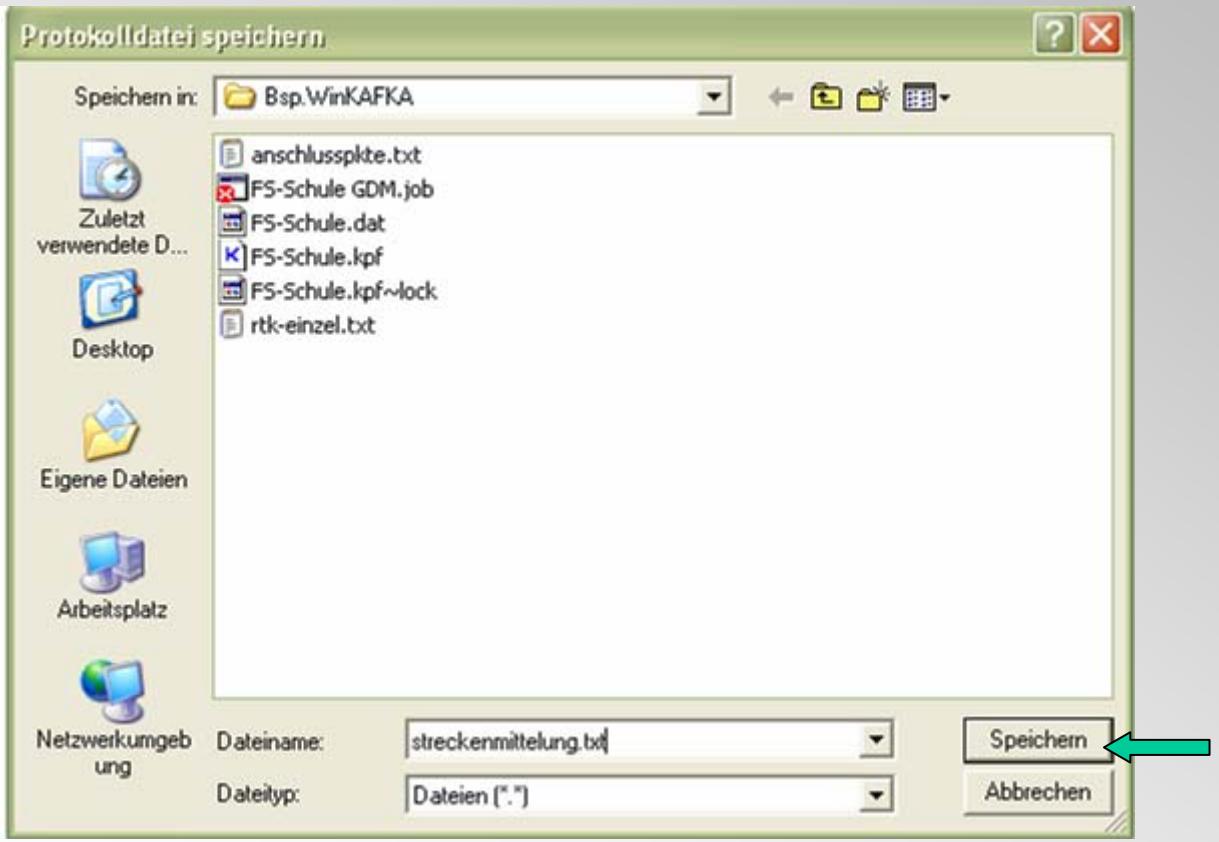
EDM-Strecken mitteln

```
Auskommentierte Beobachtungen :        0
Gemittelte Strecken           :        9
Strecken zu mitteln           :       18
Gesamtanzahl der Strecken     :       18
Streckenmittel runden auf     :     [mm]
Mittlere Differenz            :    0.001 m
Maximale Differenz            :    0.001 m
Fehlergrenze                  :    0.010 m
Fehler                        :        0
```

Punktnummer	Punktnummer	Strecke	Mittel	Differenz
3395801001	3395801000	26.817	26.816	-0.001
3395801000	3395801001	26.816		-0.000
3395801001	3395100088	43.427	43.426	-0.001
3395100088	3395801001	43.425		0.001
3395801000	3395100088	39.073	39.072	-0.001
3395100088	3395801000	39.072		0.000
3893827401	3893827402	26.333	26.332	-0.001
3893827402	3893827401	26.331		0.001

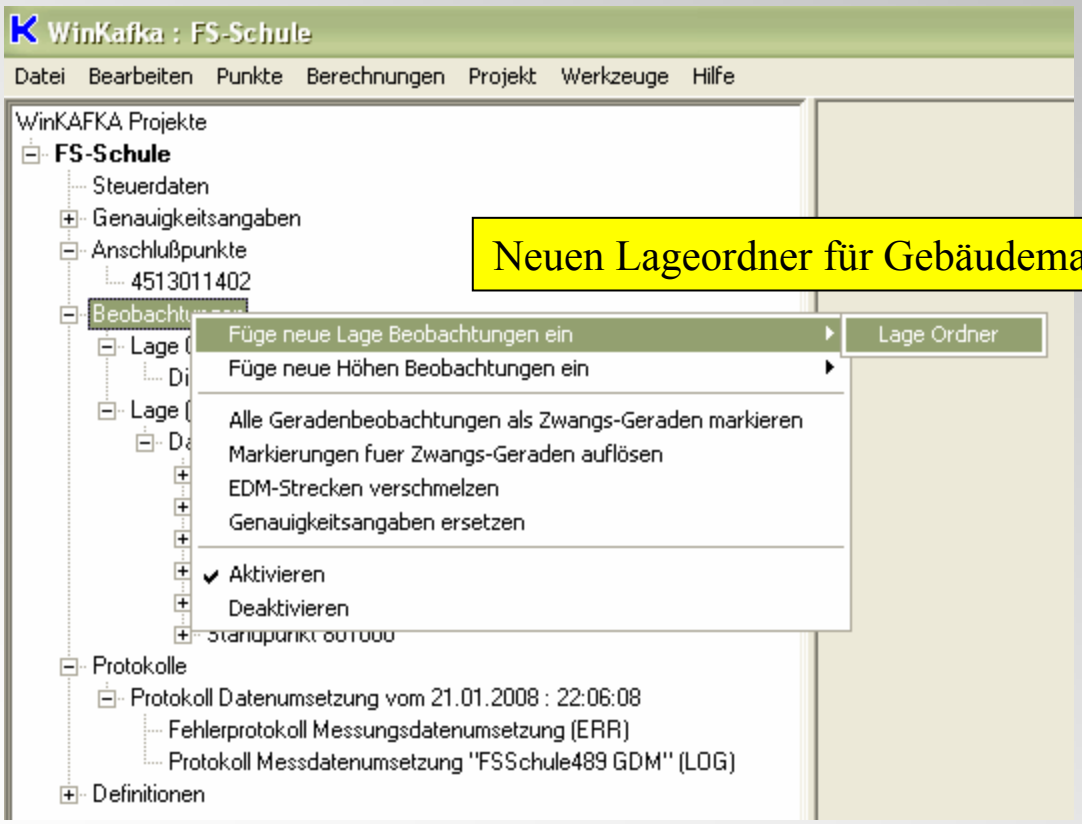
Weiter

4.5 EDM-Strecken mitteln



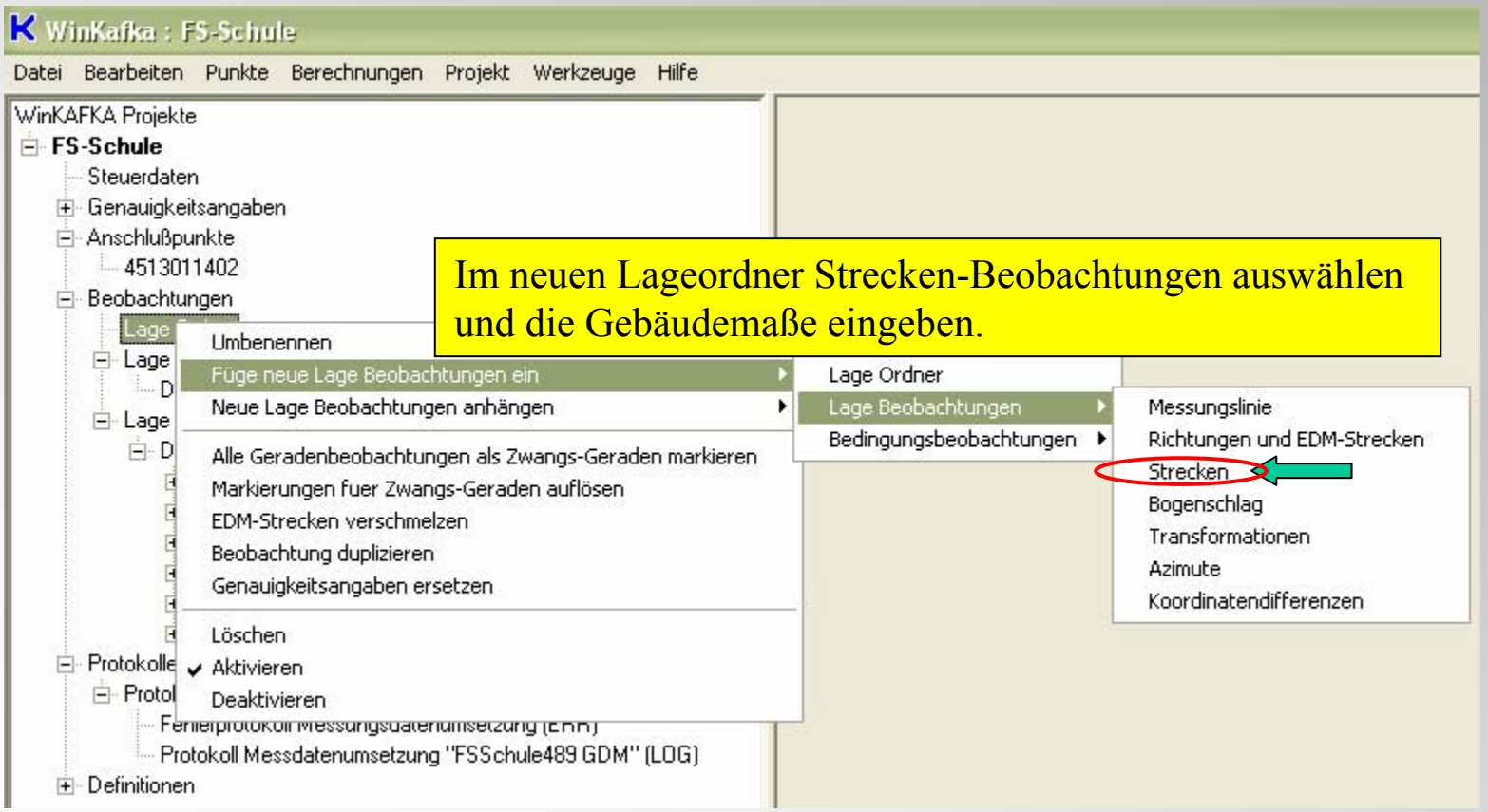
Protokoll der Streckenmittelung speichern.

4.6 Gebäudemaße einfügen



Neuen Lageordner für Gebäudemaße anlegen.

4.6 Gebäudemaße einfügen



Im neuen Lageordner Strecken-Beobachtungen auswählen und die Gebäudemaße eingeben.

4.6 Gebäudemaße einfügen

WinKafka : FS-Schule

Datei Bearbeiten Punkte Berechnungen Projekt Werkzeuge Hilfe

WinKAFKA Projekte
- FS-Schule
  - Steuerdaten
  - Genauigkeitsangaben
  - Anschlußpunkte
    - 4513011402
  - Beobachtungen
    - Lage Ordner
      - Strecken
    - Lage Ordner
      - Direkte Koordinatenbeobachtungen
    - Lage (Import vom 21.01.2008 22:06:08)
      - Daten aus Datei FSSchule489 GDM.
        - Standpunkt 800003
        - Standpunkt 800003
        - Standpunkt 800003
        - Standpunkt 800002
        - Standpunkt 800001
        - Standpunkt 801000
  - Protokolle
    - Protokoll Datenumsetzung vom 21.01.200
      - Fehlerprotokoll Messungsdatenumset
      - Protokoll Messdatenumsetzung "FSS
  - Definitionen

Strecken

Anfangspunkt	Endpunkt	Strecke	Gen.-Ansatz	Art	Aktiv	Kom
300724	300725	7.540	1.000	Messband	Aktiv	
300725	300726	8.650	1.000	Messband	Aktiv	

Endpunkt -> Anfangspunkt ☑ Aktiv Kommentar

Messwerte / Punktkennzeichen

Anfangspunkt 300726

Endpunkt 300727

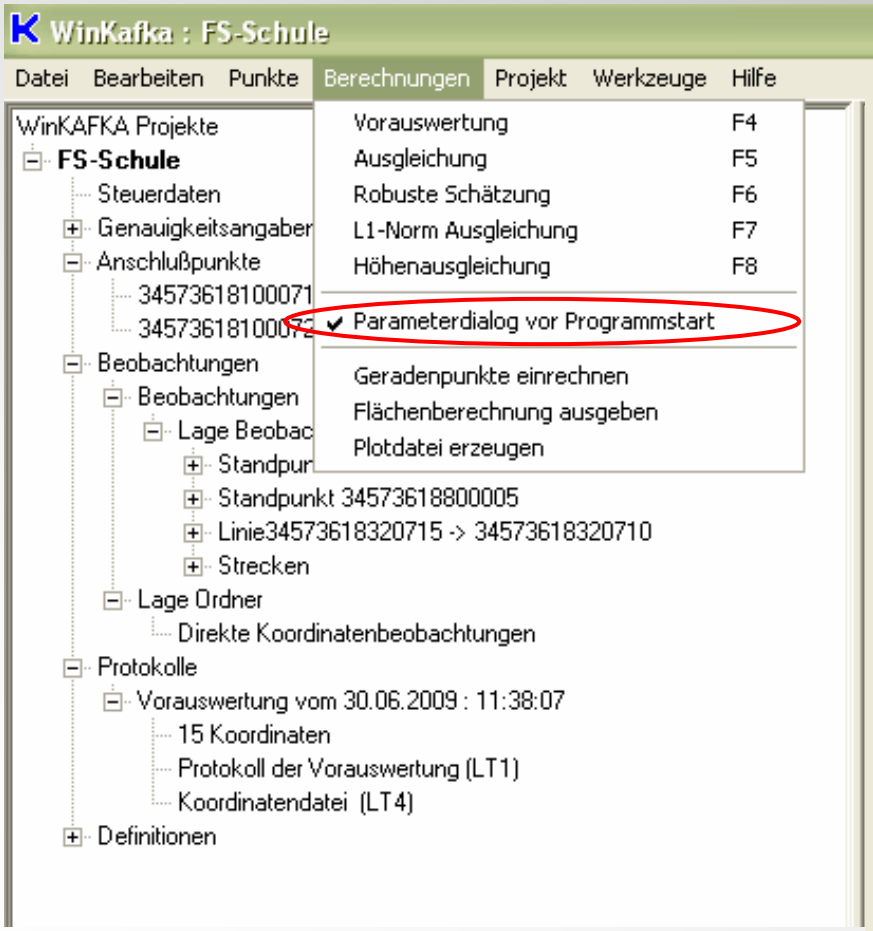
Strecke 20,42

Standardabweichungen / Gewichte

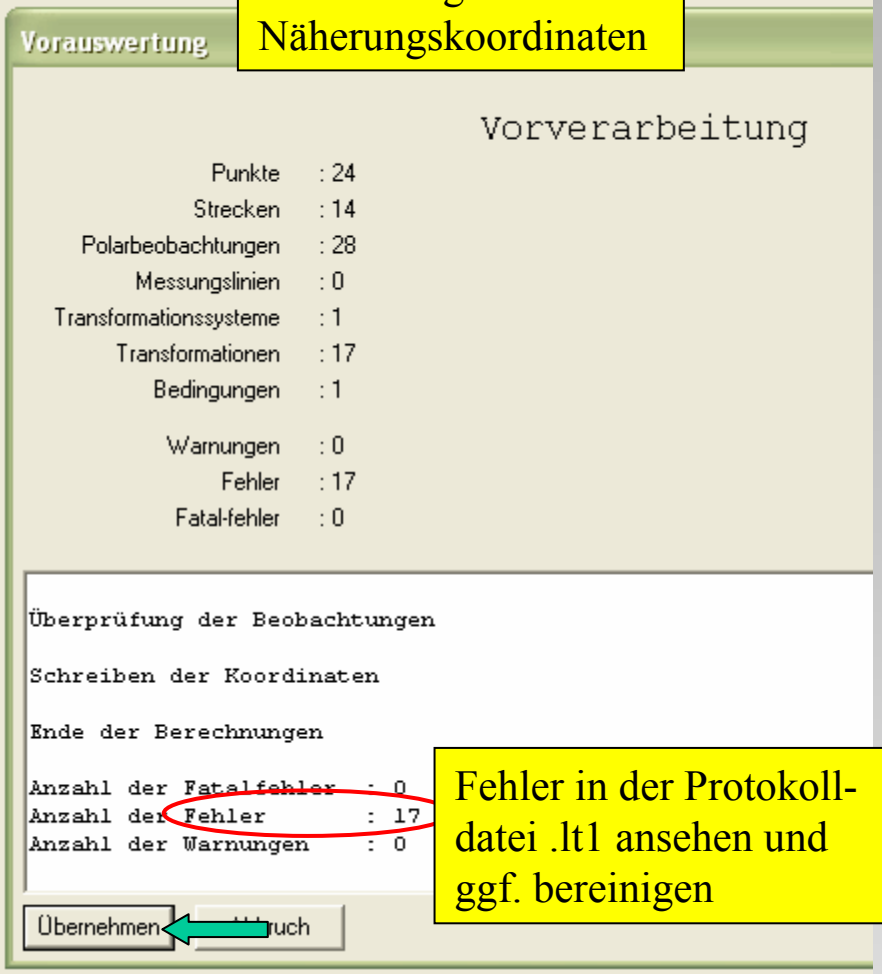
Genauigkeit Strecken Default-Werte Messband

Sichern Zurücksetzen Neu Neuer Ordner Schließe

4.7 Vorauswertung



Berechnung von Näherungskoordinaten



Fehler in der Protokoll-datei .lt1 ansehen und ggf. bereinigen

Protokolldatei .lt1:

```
#####################
#                   #
#   K A F K A (V)   #
#                   #
#####################

VORAUSWERTUNG ZUR AUSGLEICHUNG VON ORTHOGONAL-, LINIEN- UND POLARAUFNAHMEN
MITTELS:
    --KLEINPUNKTBERECHNUNG
    --GERADENSCHNITT
    --BOGENSCHLAG
    --EINZELPUNKTAUSGLEICHUNG
    --FREIER STATIONIERUNG BELIEBIGER MESSKONFIGURATIONEN

FOLGENDE STEUER- UND GEWICHTSPARAMETER WURDEN GEWAEHLT:
-------------------------------------------------------
    STANDARDABWEICHUNG DER MESSBANDSTRECKEN:
    M(S) = +-(  0.02000 +  0.00000 S +  0.00000 S(1/2) ) M
    ZULAESSIGE FEHLERGRENZE:
       D = +-(  0.01000 +  0.00000 S +  0.00000 S(1/2) ) M

    STANDARDABWEICHUNG DER LOTFUSSPUNKTE:                +-   0.0200 M
    STANDARDABWEICHUNG DER DURCHFLUCHTUNGEN:             +-   0.0200 M
    GEWICHTSEINHEIT DER BEWEGLICHEN ANSCHLUSSPUNKTE:     +-   1.0000
    MASSTABSFAKTOR DES NETZES                                 1.00000000
    STANDARDABWEICHUNG DES NETZMASSTABES:                +-  50.0000 MM/KM
    STANDARDABWEICHUNG DES MASSTABS DER MESSUNGSLINIEN:+-   0.1000 M/100M
    MITTLERE GEBIETSHOEHE:                                  200.0000 M
    DIE STRECKEN UND RICHTUNGEN WERDEN       "  UTM  GRS80 " - REDUZIERT
    BENUTZTE ELLIPSOIDPARAMETER :
       GROSSE HALBACHSE = 6378137 M    ABPLATTUNG = 1:298.257222101
       BEZUGSBREITE     = 51.3000 DEG  Y-KOORDINATENZUSCHLAG = 500000 M
       ABBILDUNGSMASZSTAB IM HAUPTMERIDIAN =  0.9996
    EIN- UND AUSGABE DER RICHTUNGEN IN: GON

    SORTIEREN DER PUNKTE NACH AUFSTEIGENDEM PUNKTKENNZEICHEN

    STANDARDABWEICHUNGEN DER TRIGONOMETRISCH-TACHYMETRISCHEN MESSUNGEN:

       FUER HORIZONTALRICHTUNGEN:                        +-   0.0020 GON
       FUER ELEKTROOPTISCH-POLARE STRECKEN: +-( 0.0100 M +  0.00 PPM )
       GEWICHTSEINHEIT DER RICHTUNGEN:                   +-   1.0000
       GEWICHTSEINH. DER ELEKTROOPT./POLAREN STRECKEN: +-   1.0000
```

UTM- und Höhenreduktion

Wichtig! Sind für alle Neupunkte Näherungskoordinaten berechnet und liegen keine „quasi-identischen Koordinaten“ für ein und denselben Punkt vor (siehe Protokolldatei .lt1)?

Auszug aus der Protokolldatei .lt1:

Fehler sind mit * gekennzeichnet

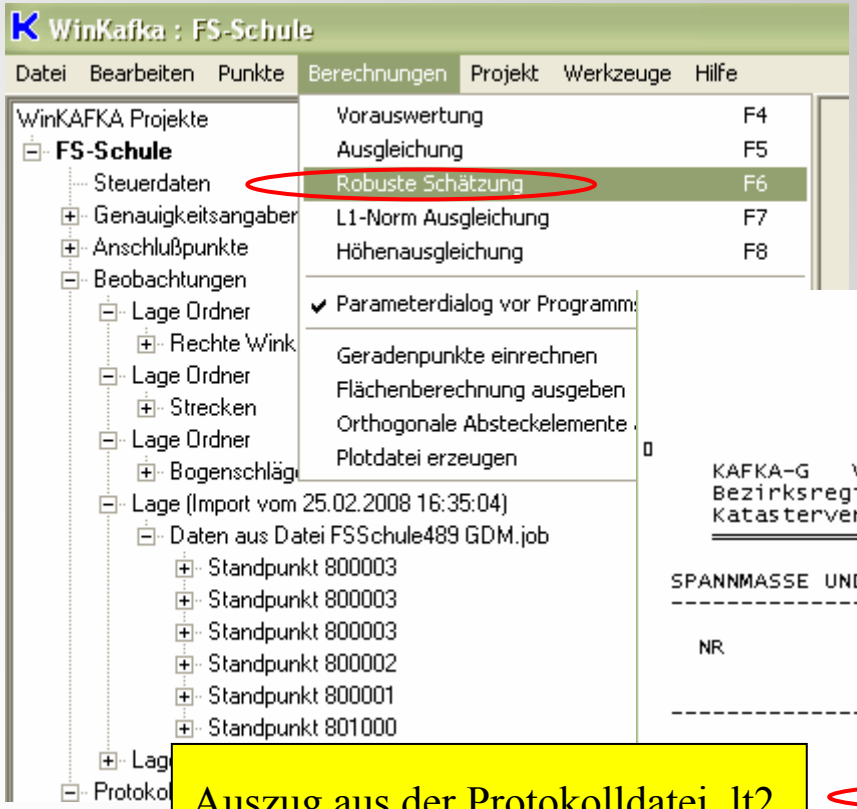
- Richtungssatz auf TAP 3 nicht eindeutig orientierbar und

- grober Fehler in der EDM-Strecke von TAP 3 nach TAP 1

```
 7.) EP-AUSGLEICH P
--------------------
39            801000
40            801000
42            801000
39            801000
40
42

RICHTUNGSSATZ AUF PUNKT          800003 NICHT EINDEUTIG ORIENTIERBAR !        *

 8.) EP-AUSGLEICH PKTNR.          200454 Y=32428457.86 M  X= 5698923.51 M  *
-----------------------------------------------------------------------------
17            800003          200454   59.5052 M     0.0099 M   27
41            801000          200454   63.4435 M     0.0002 M    0
17            800003          200454   72.1221 GON                     33.19 GON*
41            801000          200454    4.1778 GON  -0.0270 GON 73


 9.) EP-AUSGLEICH PKTNR.          300730 Y=32428416.96 M  X= 5698904.42 M
-----------------------------------------------------------------------------
 6            300729          300730   37.7861 M    -0.0137 M   40
22            800003          300730   30.3024 M    -0.0242 M   56
22            800003          300730  158.3970 GON  -0.0051 GON  4
```

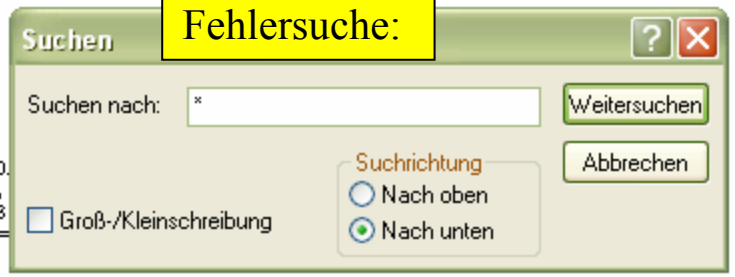
```
KONTROLLE DER  ELEKTROOPTISCHEN STRECKEN:
=========================================

 NR       STANDPUNKT        ZIELPUNKT    S(GEM)    S(GER)     FS      D
-------------------------------------------------------------------------------
 35          800001          300727     45.762    45.693  -0.069   0.050     *
 15          800003          800001     85.332   102.313  16.981   0.050     *
 42          801000          300727     32.964    32.886  -0.078   0.050     *
```

4.8 automatisierte Fehlersuche



Zur Fehlersuche „robuste Schätzung“ einsetzen.

Fehlersuche:



800001 -4.071
200453
200454
800002
200722
200723
801000

KAFKA-G VERSION 6.600 D
Bezirksregierung Arnsberg ,
Katastervermessung im ETRS8

SPANNMASSE UND STRECKEN:

NR	VON	NACH	SRED V.D.A. (M)	V A.K. (MM)	SA V.A. (MM)	
	300724	300725	7.537	-13	15	
	300725	300726	8.647	-4	15	
	300726	300727	20.233	171	15	*
	300727	300728	8.657	-8	15	
	300728	300729	7.517	30	15	*
	300729	300730	37.786	-3	15	
	300730	300731	7.517	8	15	
	300731	300732	8.677	0	15	
		300732	8.677	0	15	
	300732	300733	20.422	0	15	
10	300733	300734	8.627	-8	15	
14		300732	20.422	0	15	
11	300734	300735	7.477	10	15	
12	300735	300724	37.666	0	15	

Auszug aus der Protokolldatei .lt2,

Gebäudemaß falsch!
Verbesserung von ca. 17 cm

4.8 automatisierte Fehlersuche

37		300724	21.189	-5	22	
38		300735	57.769	43	22	
27	800002	300729	24.009	-8	22	
28		300728	27.282	5	22	
29		300726	47.312	10	22	
30		300724	48.526	22	22	
31		800001	51.060	0	5	
15	800003	800001	85.332	16979	5	*
16		200453	15.247	0	5	
17		200454	59.505	-2	5	
19		300734	52.269	0	22	
20		300733	56.749	32		
21		300731	35.401	-16		
22		300730	30.302	2		
24		200722	64.839	0		
25		200723	17.792	-1		
39	801000	800002	47.287	2		
40		800001	14.841	-1		
41		200454	63.414	0		
42		300727	32.964	4		

KAFKA-G VERSION 6.600 DATUM: 24. 3.2009 UHRZEIT: 15:
Bezirksregierung Arnsberg , Dezernat 33
Katastervermessung im ETRS89/UTM, kein Koordin

ERGEBNISSE RICHTUNGSMESSUNG

STANDPUNKT	ZIELPUNKT	RICHTUNG (GON)	RIWI (GON)	V (GON)	SA (GON)	QUERF (MM)	S (M)
800001	800002	0.0000	296.1465	0.0029	0.0102	2	51
	300729	30.9550	327.0988	0.0002	0.0109	0	48
	300728	35.7671	331.9042	-0.0065	0.0126	4	41
	300727	46.3600	342.5056	0.0021	0.0113	1	46
	300725	61.1845	357.3221	-0.0060	0.0204	2	25
	300724	79.0539	375.1996	0.0022	0.0241	1	21
	300735	95.0754	391.2180	-0.0010	0.0090	1	58
800002	800003	0.0000	391.9170	-0.0012	0.0063	2	85
	300729	28.2397	20.1734	0.0155	0.0213	6	24
	300728	45.2070	37.1257	0.0006	0.0188	0	27
	300726	61.9508	53.8678	-0.0012	0.0109	1	47
	300724	77.1277	69.0460	0.0001	0.0107	0	49
	800001	104.2246	96.1465	0.0038	0.0102	3	51
800003	800001	0.0000	158.7329	-9.5259	0.0054	15309	102*
	200453	88.3459	288.2428	23.6373	0.0335	5661	15*

Suchen

Suchen nach: *

Suchrichtung
Nach oben
Nach unten

Groß-/Kleinschreibung

grober Fehler wegen Zielpunktverwechselung

4.8 automatisierte Fehlersuche

WinKafka : FS-Schule

Datei Bearbeiten Punkte Berechnungen Projekt Werkzeuge Hilfe

- Genauigkeitsangaben
- Anschlußpunkte
- Beobachtungen
  - Lage Ordner
    - Rechte Winkel
  - Lage Ordner
    - Strecken
  - Lage Ordner
    - Bogenschläge
  - Lage (Import vom 25.02.2008 16:35:04)
    - Daten aus Datei FSSchule489 GDM.job
      - Standpunkt 800003
      - Standpunkt 800003
      - Standpunkt 800003
      - Standpunkt 800002
      - Standpunkt 800001
      - Standpunkt 801000
  - Lage Ordner
- Protokolle
  - Protokoll Datenumsetzung vom 21.02.2008 : 17:06:50
  - Protokoll Datenumsetzung vom 25.02.2008 : 16:15:40
  - Protokoll Datenumsetzung vom 25.02.2008 : 16:35:04
  - EDM-Streckenmittelung vom: 25.02.2008 ; 16:40:35
  - L2-Norm Ausgleichung (frei) vom 26.02.2008 : 12:14:33
  - L2-Norm Ausgleichung (dynamisch) vom 26.02.2008 : 12:14:51
  - Vorauswertung vom 24.03.2009 : 15:23:38
    - 24 Koordinaten
    - Protokoll der Vorauswertung (LT1)
    - Koordinatendatei (LT4)
  - Robusten Schätzung (frei) vom 24.03.2009 : 15:46:32
    - 24 Koordinaten
    - 6 Datenfehler festgestellt
    - Keine Dynamischen Anschlußpunkte

Strecken

Anfangspunkt	Endpunkt	Strecke	Gen.-Ansatz	Art
300724	300725	7.540	1.000	Messband
300725	300726	8.650	1.000	Messband
300726	300727	20.240	1.000	Messband
300727	300728	8.660	1.000	Messband
300728	300729	7.520	1.000	Messband
300729				
300730				
300731				
300732				
300733				
300734				
300735				

Endpunkt -> Anfangspunkt ☑ Aktiv ☐ Keine Statistik Kommentar

Messwerte / Punktkennzeichen

Anfangspunkt 300726

Endpunkt 300727

Strecke 20.42

Standardabweichungen / Gewichte

Genauigkeit Strecken Default-W

Sichern Zurücksetzen Neu Neuer Ordner

grobe Fehler beseitigen:

- Zahlendreher für Gebäudemaß 726-727 und
- Zielpunkt-Nr. auf …..

4.8 automatisierte Fehlersuche

WinKafka : FS-Schule

Datei Bearbeiten Punkte Berechnungen Projekt Werkzeuge Hilfe

- Genauigkeitsangaben
- Anschlußpunkte
- Beobachtungen
  - Lage Ordner
    - Rechte Winkel
  - Lage Ordner
    - Strecken
  - Lage Ordner
    - Bogenschläge
  - Lage (Import vom 25.02.2008 16:35:04)
    - Daten aus Datei FSSchule489 GDM.jc
      - Standpunkt 800003
      - Standpunkt 800003
      - Standpunkt 800003
      - Standpunkt 800002
      - Standpunkt 800001
      - Standpunkt 801000
  - Lage Ordner
- Protokolle
  - Protokoll Datenumsetzung vom 21.02.200
  - Protokoll Datenumsetzung vom 25.02.200
  - Protokoll Datenumsetzung vom 25.02.200
  - EDM-Streckenmittelung vom: 25.02.2008
  - L2-Norm Ausgleichung (frei) vom 26.02.20
  - L2-Norm Ausgleichung (dynamisch) vom 2
  - Vorauswertung vom 24.03.2009 : 15:23:38
    - 24 Koordinaten
    - Protokoll der Vorauswertung (LT1)
    - Koordinatendatei (LT4)
  - Robusten Schätzung (frei) vom 24.03.2009
    - 24 Koordinaten
    - 6 Datenfehler festgestellt
    - Keine Dynamischen Anschlußpunkte
    - Genauigkeitsangaben
    - Beobachtungen
    - Protokoll der Ausgleichung (LT2)
    - Koordinatendatei mit Fehlerellipsen (LT
    - Koordinatendatei (LT4) aus Ausgleichu
    - Fehlerdatei (LT6)

Standpunkt 800003

Standpunkt	Zielpunkt	Richtung	Gen.-Ansatz Richtung	Strecke	Gen.-Ansatz Strecke
800003	800001	0.0000	g=1.000	85.3630	Mittelung EDM-Strecken
800003	200453	88.3459	g=1.000	15.2527	g=1.000
800003	200454	313.3959	g=1.000	59.5271	g=1.000

<u>grobe Fehler beseitigen:</u>

- Zahlendreher für Gebäudemaß ….. und
- Zielpunkt-Nr. auf dem Standpunkt 3 korrigieren

☑ Aktiv ☐ Keine Statistik Kommentar

Messwerte / Punktkennzeichen

Standpunkt 800003

Zielpunkt 800002

Richtung 0.

Strecke 85.363

Standardabweichungen / Gewichte

Richtung Genauigkeit — Aus Messdatenumsetzung vom 25.02.2008 16:35:04)

Strecken Genauigkeit — Mittelung EDM-Strecken

Sichern Zurücksetzen Neuer Punkt Neuer Standpunkt Schließen

4.9 Freie Ausgleichung

Nach Beseitigung der groben Fehler freie Ausgleichung.

WinKafka : FS-Schule

Datei Bearbeiten Punkte Berechnungen Projekt Werkzeuge Hilfe

WinKAFKA Projekte
- FS-Schule
  - Steuerdaten
  - Genauigkeitsangaben
  - Anschlußpunkte
    - 34573618100071
    - 34573618100072
  - Beobachtungen
    - Beobachtungen
      - Lage Beobac
        - Standpun
        - Standpunkt 34573618800005
        - Linie34573618320715 -> 34573618320710
        - Strecken
    - Lage Ordner

Vorauswertung	F4
Ausgleichung	F5
Robuste Schätzung	F6
L1-Norm Ausgleichung	F7
Höhenausgleichung	F8
✔ Parameterdialog vor Programmstart	
Geradenpunkte einrechnen	
Flächenberechnung ausgeben	
Plotdatei erzeugen	

Ausgleichungsparameter Dialog

Projekt: FS-Schule

- [x] Ausgabe der Polarpunkte
- [x] Alle Transformationspunkte berechnen
- [ ] Zusaetzliche Statistik der Transformationssysteme
- [ ] Bei Bedingungsbeobachtungen ausgeglichene Koordinaten von Dyn. Punkten benutzen
- [ ] Gewichtete Auffelderung
- [ ] Auffelderung bei freier Ausgleichung

Ausgleichungsvariante: Freie Ausgleichung

Maximale Anzahl der Transformationsparameter im freien Netz: 3 (3 – 4)

Fehlerkriterium bei Bedingungsbeobachtungen

Betrag fuer Fehlersuche: 0.010

Größe fuer maximal zubenutzenden Hauptspeicher [kb]: 64000

Vorzeichen bei Abständen: Nur Betrag der Abstände

Starten | Abbruch | Hilfe

Fester Netzmassstab m = 1

Auffelderung:

- **deaktivieren**, wenn direkte Koordinaten-beobachtungen vorhanden

- **aktivieren**, wenn nur polare Messungen vorhanden

4.9 Freie Ausgleichung

Ausgleichung

Ausgleichung

Inversion des Gleichungssystems

Laufzeit : 0 Sekunden

Geschätzte Gesamtzeit : 0 Sekunden

Fehler : 1

Warnungen : 0

```
          300732          0.00003       -0.00001
          300725         -0.00002        0.00002

Maximale Änderung der Unbekannten = 0.00005

Inversion des Gleichungssystems

Ausgabe der ausgeglichenen Koordinaten

Ende der Berechnungen

Anzahl der Fehler       : 1
Anzahl der Warnungen    : 0
```

Übernehmen

Hilfe

Statistisch wird ein grober Fehler vermutet.

Fehler in der Protokolldatei .lt2 ansehen und beurteilen.

4.9 Freie Ausgleichung

```
ERGEBNISSE RICHTUNGSMESSUNG
---------------------------
     ZIELPUNKT RICHTUNG      RIWI      V    SA    SA  QUERF   S EV    EP    NV    GF
                 (GON)     (GON)   (MGON MGON MGON)(MM)   (M)(%) (MM)        (MGO
                  V.A.      N.A.          V.A.  N.A.
-------------------------------------------------------------------------------

STANDPUNKT:            800001     BEOB-NR.:     32 FF.

        800002   0.0000 296.1469    5.9 10.2  7.9   5    51 40     1   0.9
        300729  30.9550 327.0986    2.6 10.9  9.7   2    48 20     7   0.5
        300728  35.7671 331.8998   -8.3 12.6 10.9   5    41 25    15   1.3
        300727  46.3600 342.5039    2.9 11.3  8.9   2    46 38     3   0.4
        300725  61.1845 357.3173   -8.2 20.4 18.7   3    25 16    17   1.0
        300724  79.0539 375.1915   -3.4 24.1 21.4   1    21 22     4   0.3
        300735  95.0754 391.2144   -2.0  9.0  8.6   2    58  9    16 -- N.K. --

STANDPUNKT:            800002     BEOB-NR.:     26 FF.

        800003   0.0000 391.9177   -2.7  6.3  5.6   4    85 22     1   0.9
        300729  28.2397  20.1825   22.3 21.3 18.5   8    24 25    25   2.1    -90. **
        300728  45.2070  37.1169  -10.4 18.8 16.2   4    27 26    13   1.1
        300726  61.9508  53.8704   -0.8 10.9 10.2   1    47 13     4   0.2
        300724  77.1277  69.0522    4.1 10.7  9.7   3    49 18    14   0.9
        800001 104.2246  96.1469    2.0 10.2  6.8   2    51 55     1   0.3

STANDPUNKT:

        800002   0
        200453  88
        200454 313

STANDPUNKT:

        800002   0
        300734 338
        300733 347
        300731 355
        300730 366

STANDPUNKT:

        800002   0.0000 191.9177   -1.3  6.3  5.7   2    85 19     1   0.5
        200722  25.6225 217.5445    3.0  8.1  6.8   3    65 30     5   0.7
        200723  96.4343 288.3431  -10.2 28.7 23.2   3    18 35     5   0.6
```

Ein grober Fehler wird in der Richtung von Standpunkt 2 nach GebP 729 vermutet. In diesem Fall ist der EP-Wert für den GebP jedoch ≤ 3cm!

Allgemein:

Liegen grobe Fehler (NV-Wert > 2,0) vor und ist der **Einfluß auf die Punktlage EP ≤ 2 (AP) bzw. 3cm(GP, GebP)** ⇒ Beobachtung im Datenmaterial belassen!

```
STATISTISCHE ANGABEN  (ETRS89   LST = 489)

FREIE NETZAUSGLEICHUNG ( KEINE AUFFELDERUNG )
---------------------------------------------
PARAMETER- UND VARIANZKOMPONENTENSCHAETZUNG
ANZAHL DEFINIERTER PUNKTE IM PROJEKT:                24
ANZAHL NEUPUNKTE EINSCHL. LOTFUSSPUNKTE:             24
ANZAHL DER BEWEGLICHEN ANSCHLUSSPUNKTE:               0
ANZAHL DER MESSUNGSLINIEN:                            0

ABSZISSEN,ORDINATEN,SPANNMASSE,STREBEN:              14
GEMESSENE RECHTE WINKEL (LOTE):                       0
DURCHFLUCHTUNGEN FUR LINIEN-/LOTFUSSPUNKTE:           0
TACHYMETRISCHE STRECKEN:                             24
RICHTUNGSSAETZE:                                      6
RICHTUNGEN INSGESAMT:                                28
RECHTE WINKEL:                                        1
TRANSFORMATIONEN:                                    34
RESTKLAFFENVERTEILUNG:            KEINE
ANZAHL GESCHAETZTER GROBER DATENFEHLER:               4

REDUNDANZ:                                           47
REDUNDANZ (KONTROLLE):                               47.0
ANZAHL GERECHNETER ITERATIONEN:                       2
MAXIMALER KONVERGENZFORTSCHRITT:                      0.000
SUMME PVV AUS FEHLERGLEICHUNGEN:                     38.958

STANDARDABWEICHUNG DER MESSBANDSTRECKEN A-PRIORI:
 +-( 0.015 + 0.0000 S + 0.0000 S **1/2 ) M
   GEWICHTSEINHEITSFAKTOR A-POSTERIORI:              1.091

STANDARDABWEICHUNG DER TACHYMETERSTRECKEN A-PRIORI:
 +-(  0.003 M + 3.0 PPM ) *  1.000
   GEWICHTSEINHEITSFAKTOR A-POSTERIORI:              0.978

STANDARDABWEICHUNG DER RICHTUNGEN A-PRIORI:
 +-(  0.0020 GON + 0.005 M * RHO / S)  *  1.000
   GEWICHTSEINHEITSFAKTOR A-POSTERIORI:              0.945

GEWICHTSEINHEITSFAKTOR TRANSFORMATIONEN              0.779

MASSTAB DES GESAMTEN NETZES:              0.0 +-     0.0 MM/K
STANDARDABWEICHUNG A-PRIORI:                  +-     0.0 MM/K

STANDARDABWEICHUNG

STANDARDABWEICHUNG ( SIGMA - 0 )  A-POSTERIORI:      0.910
```

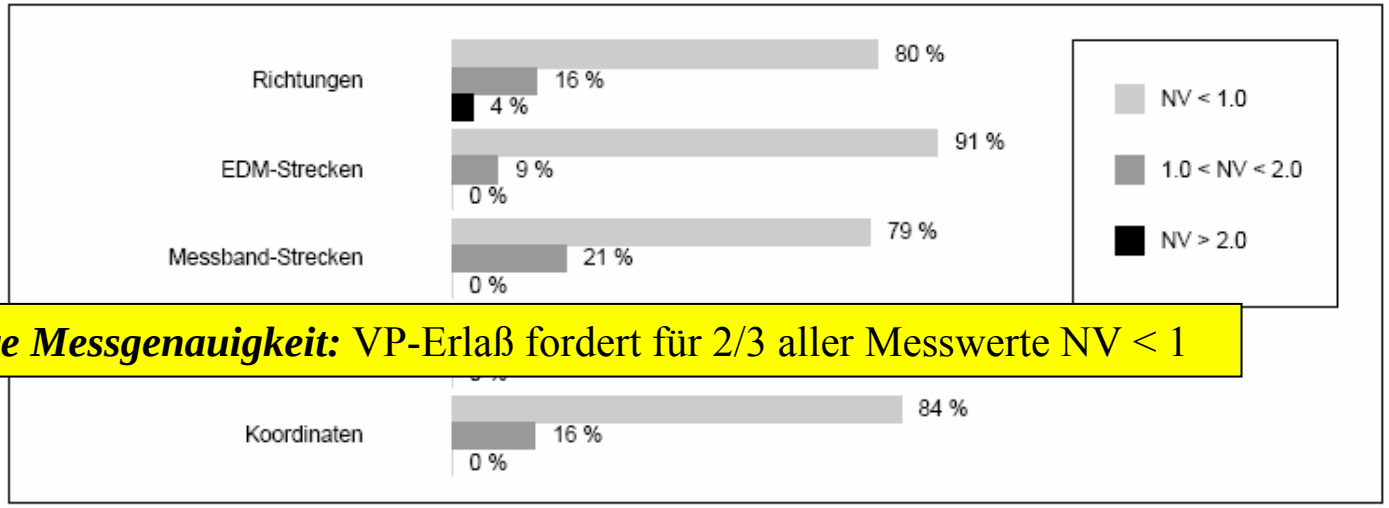
GPS-Koordinatenbeobachtungen

Überprüfung des Gewichtsansatzes.
Gewichtseinheitsfehler der einzelnen Beobachtungsgruppen sollten möglichst gleich groß (Differenzen < 0,3) sein!
Größere Differenzen deuten darauf hin, dass einzelne Beobachtungsgruppen im Verhältnis zu den anderen über- oder untergewichtet sind.

Auszug aus NRW-Protokoll:

F	Nachweis über die Qualität der Messung	Arbeitsgebiet / Projekt FS-Schule	Seite 2 von (3)
Freie Ausgleichung		Identifikationsmerkmal / Jobname	

Histogramm über die Verteilung der NV



Innere Messgenauigkeit: VP-Erlaß fordert für 2/3 aller Messwerte NV < 1

Auszug aus NRW-Protokoll:

F	Nachweis über die Qualität der Messung	Arbeitsgebiet / Projekt FS-Schule	Seite 3 von (3)
	Freie Ausgleichung	Identifikationsmerkmal / Jobname	

Minimal- und Durchschnittswerte der Kontrollierbarkeit (EV) [1]	minimales EV (%)	Beob.Nr.	durchschnittliches EV (%)
Richtungen	1	18	25
EDM-Strecken	8	17	54
Messband-Strecken	27	12	45
Rechte Winkel	31	1	31
Koordinaten	0	45	60

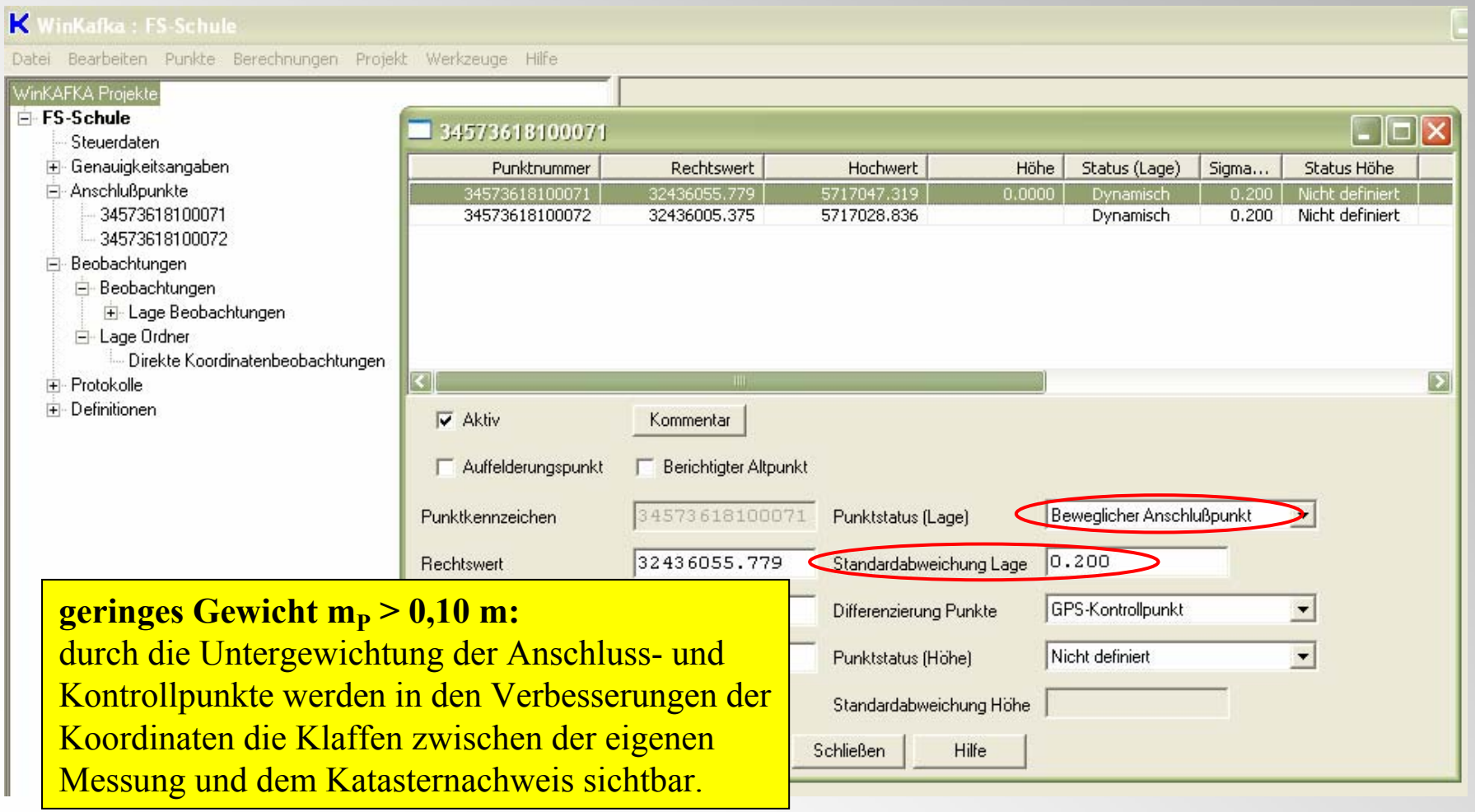
Liste der unkontrollierten Beobachtungen [2]	Beob.Nr.	EV (%)	Bearbeitungsvermerk
Richtung zu Punkt 800002	18	1	
Richtung zu Punkt 300731	21	4	
Richtung zu Punkt 300735	38	9	
Edm-Strecke zu Punkt 200454	17	8	

Liste der Beobachtungen ohne Statistikauswertung	Beob.Nr.	V (m / gon)	ep (m)

Zuverlässigkeit (Kontrolliertheit) der Messung:
Beobachtungen mit EV ≥10% gelten nach VP-Erlaß als kontrolliert

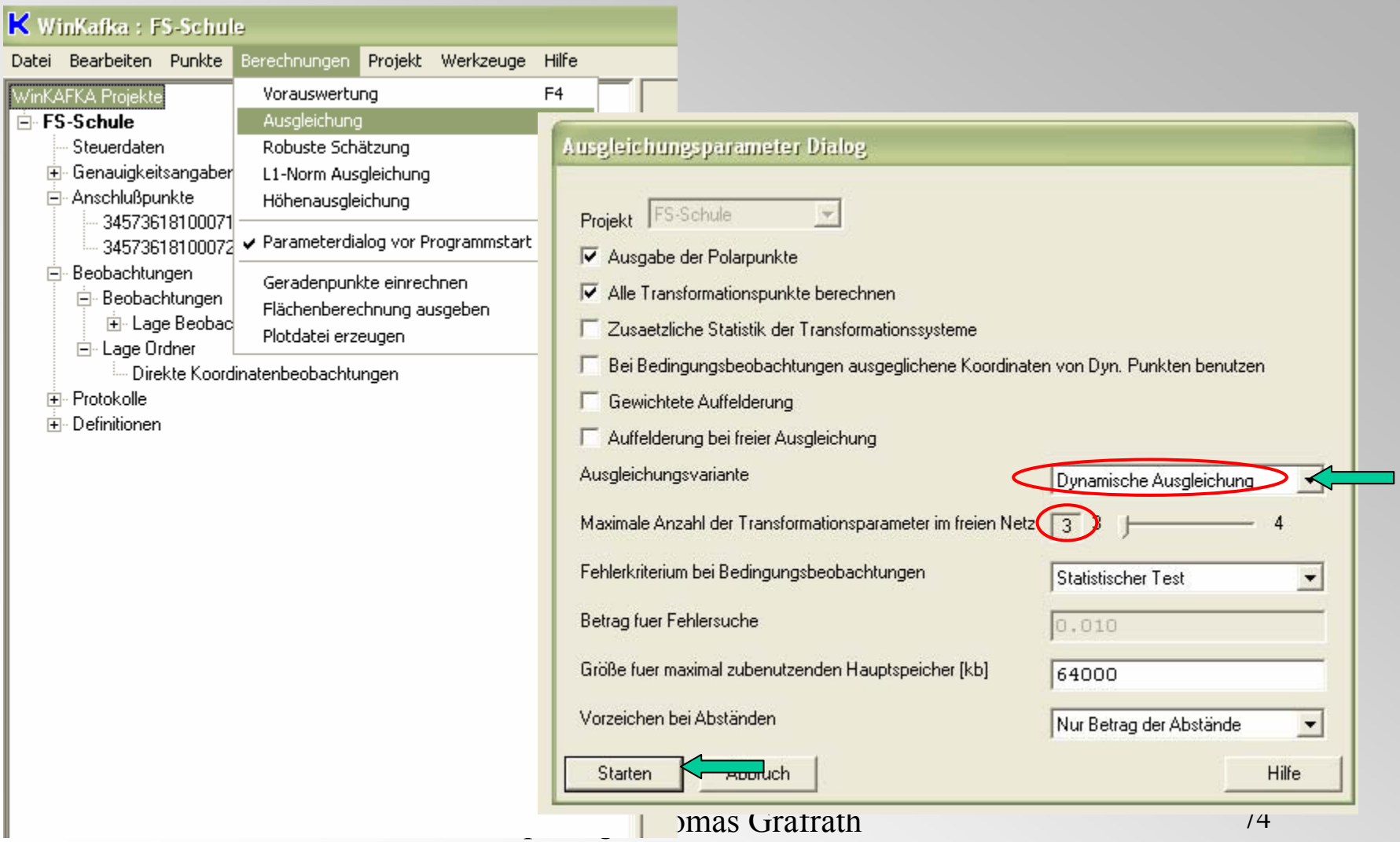
4.10 Dyn. Ausgleichung mit Untergewichtung

zur Analyse der Anschluss- und Kontrollpunkte



geringes Gewicht $m_P > 0{,}10$ m:
durch die Untergewichtung der Anschluss- und Kontrollpunkte werden in den Verbesserungen der Koordinaten die Klaffen zwischen der eigenen Messung und dem Katasternachweis sichtbar.

4.10 Dyn. Ausgleichung mit Untergewichtung



4.10 Dyn. Ausgleichung mit Untergewichtung

Auszug aus NRW-Protokoll:

G	Nachweis über die Qualität des Netzanschlusses	Arbeitsgebiet / Projekt: FS-Schule	Seite: 2 von (2)
	Dynamische Ausgleichung	Identifikationsmerkmal / Jobname	

Abweichende Gewichtungen einzelner beweglicher Anschlusskoordinaten als Standardabweichung der Koordinaten in m	keine

Qualität und Eignung der Anschlusspunkte bei ...

... Untergewichtung | ... angemessener Gewichtung

Maximal- und Durchschnittswerte der Koordinatenklaffungen in den beweglichen Anschlusspunkten	lineare Klaffung VS (cm)	Punktnummer
maximale Klaffung	1.6	34573618100072
durchschnittliche Klaffung	1.3	

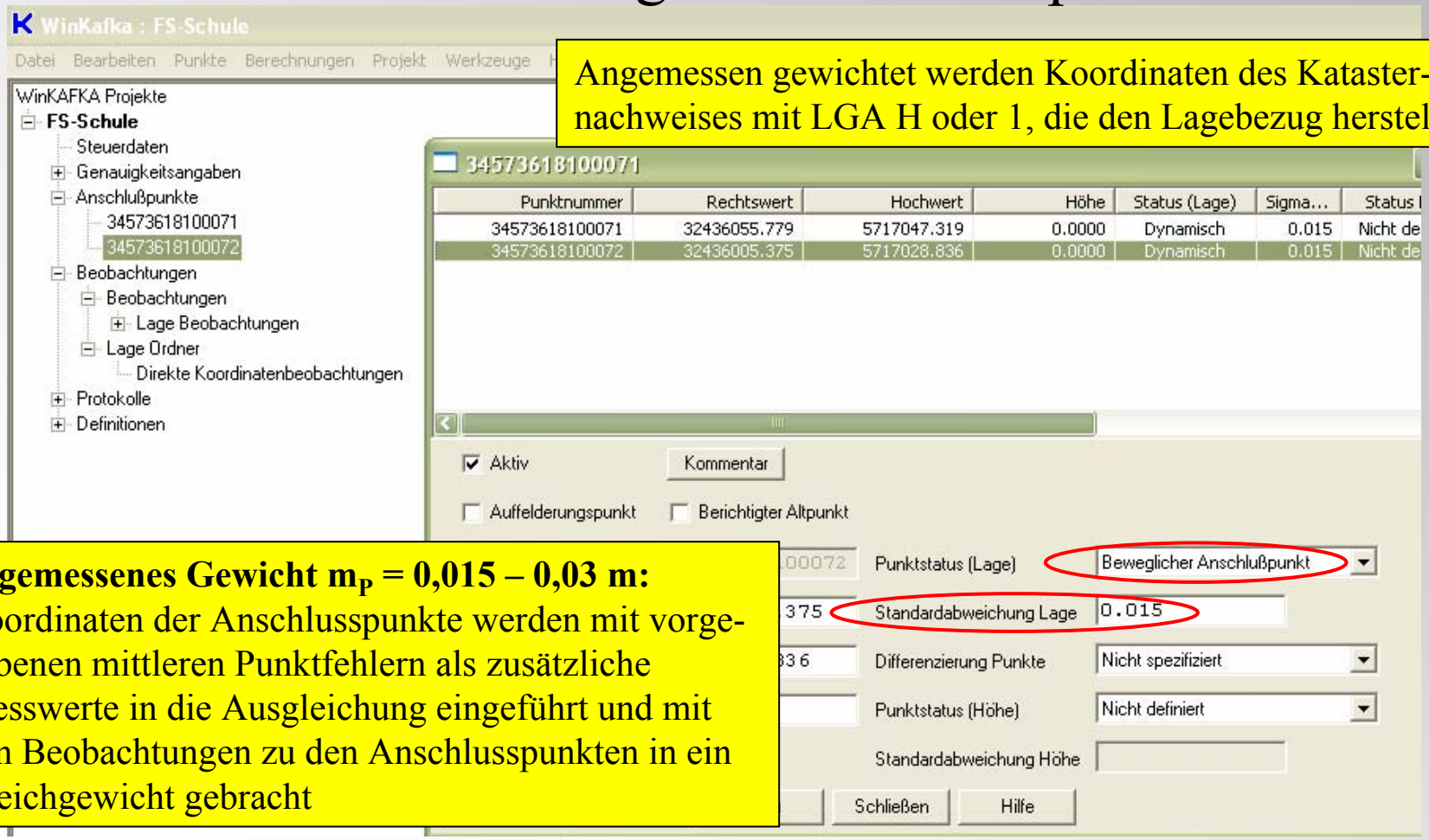
Verteilung der Koordinatenklaffungen	Anzahl	%-Anteil
< 3 cm	2	100
3 bis 6 cm	0	0
> 6 cm	0	0

Anzahl grob fehlerhaft geschätzter Anschlusspunkte	0

4.11 Berechnung endgültiger Koordinaten

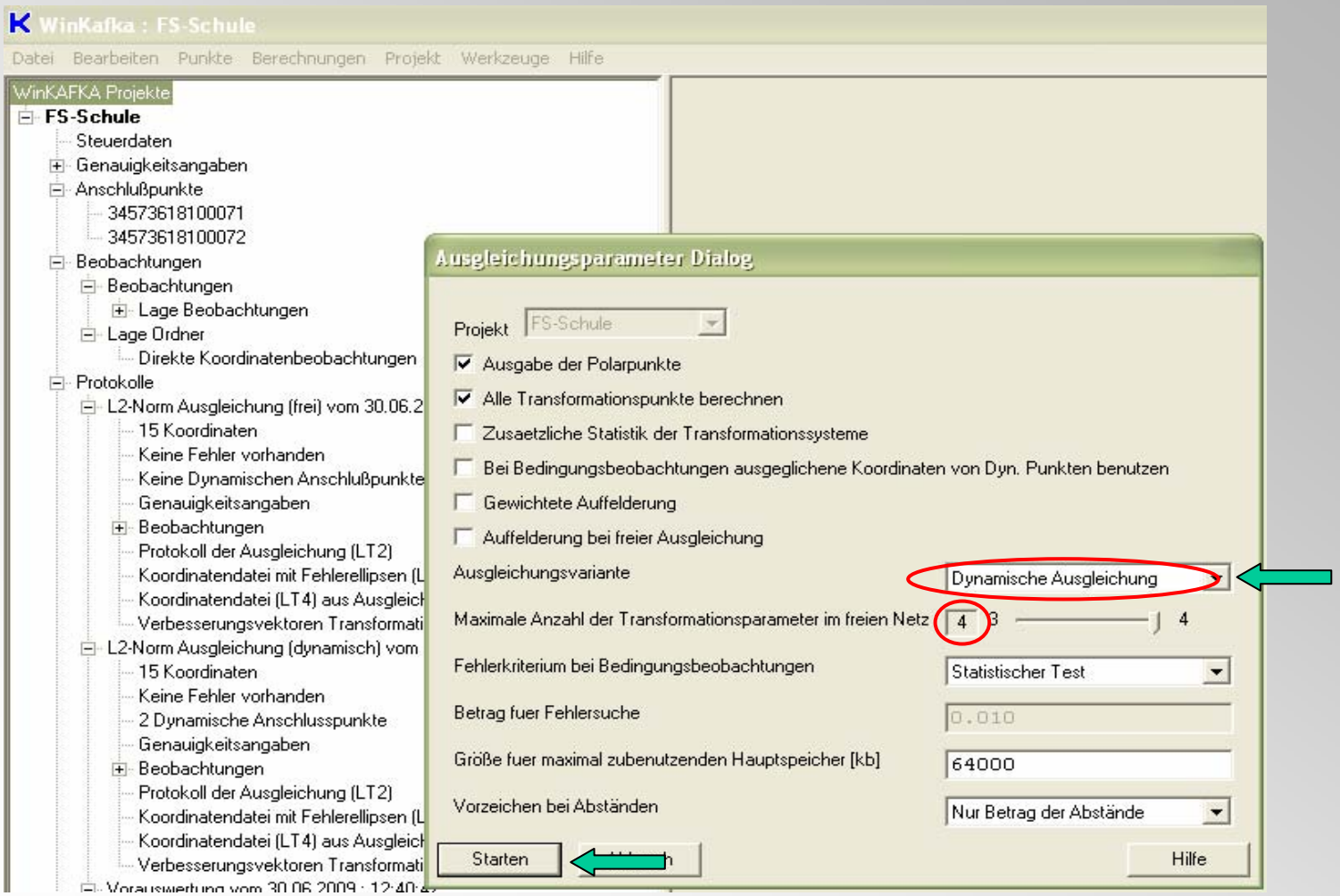
durch dynamische Ausgleichung mit angemessener Gewichtung der Anschlusspunkte

Angemessen gewichtet werden Koordinaten des Katasternachweises mit LGA H oder 1, die den Lagebezug herstellen.



angemessenes Gewicht m_P = 0,015 – 0,03 m:
Koordinaten der Anschlusspunkte werden mit vorgegebenen mittleren Punktfehlern als zusätzliche Messwerte in die Ausgleichung eingeführt und mit den Beobachtungen zu den Anschlusspunkten in ein Gleichgewicht gebracht

4.11 Berechnung endgültiger Koordinaten



4.11 Berechnung endgültiger Koordinaten

Auszug aus NRW-Protokoll:

H	Berechnung endgültiger Koordinaten	Arbeitsgebiet / Projekt FS-Schule	Seite 1 von (3)
		Identifikationsmerkmal / Jobname	

Berechnungsverfahren

Ausgleichungstyp

- [x] dynamische Ausgleichung mit angemessener Gewichtung der Anschlusskoordinaten [lineare Klaffungen VSmax < 0,03 m]
- [ ] Transformation des Ergebnisses der freien Ausgleichung [zwingend, wenn lineare Klaffungen VSmax in dynamischer Ausgleichung > 0,03 m und < 0,06 m sind]
  - [ ] mit Restklaffenverteilung
  - [ ] ohne Restklaffenverteilung
- [ ] Ausgleichung unter Zwang [lineare Klaffungen VSmax in dynamischer Ausgl. mit festem Maßstab (m=1) < 0,03 m]

Anzahl der Anschlusspunkte

TP	AP	GP	GebP
0	1	0	0

In diesem Beispiel erfolgte der Lageanschluss über einen AP und 3 TAP, als GPS-Kontrollpunkt wurde ein zweiter AP verwendet.

Auszug aus der Protokolldatei .lt2:

KOORDINATENVERZEICHNIS DER NEU-PUNKTE

PKZ	RECHTS (Y) (M)	HOCH (X) (M)	DY (M)			
200450	32428457.901	5698817.884	-0.001	-0.003	0.007	0.003
200451	32428353.947	5698882.933	0.008	0.001	0.007	0.009
200452	32428354.102	5698938.109	-0.001	-0.002	0.007	0.002
200453	32428384.029	5698923.815	0.013	0.006	0.006	0.007
200454	32428457.848	5698923.510	-0.005	0.005	0.007	0.006
200722	32428380.908	5698866.076	0.004	-0.003	0.007	0.004
200723	32428381.058	5698925.229	-0.006	0.003	0.007	0.006
300724	32428452.276	5698866.505	-0.005	-0.018	0.009	0.010
300725	32428444.749	5698866.552	-0.008	-0.013	0.013	0.013
300726	32428444.790	5698875.193	0.008	-0.010	0.014	0.010
300727	32428424.380	5698875.251	-0.001	-0.023	0.011	0.006
300728	32428424.377	5698866.601	-0.005	-0.022	0.009	0.012
300729	32428416.837	5698866.629	0.002	-0.023	0.009	0.014
300730	32428416.979	5698904.411	0.023	-0.014	0.013	0.008
300731	32428424.503	5698904.416	0.014	0.003	0.014	0.011
300732	32428424.467	5698895.740	0.002	0.004	0.017	0.004
300733	32428444.888	5698895.664	0.001	0.017	0.014	0.018
300734	32428444.887	5698904.277	-0.024	0.028	0.014	0.017
300735	32428452.371	5698904.161	-0.033	-0.012	0.014	0.024
800001	32428460.322	5698846.913	-0.007	0.004	0.006	0.005
800002	32428409.356	5698843.825	0.013	-0.015	0.005	0.006
800003	32428398.551	5698928.469	0.004	0.007	0.005	0.004
801000	32428453.717	5698860.202	-0.001	0.002	0.006	0.004

STATISTIK DER PUNKTE

PUNKT-NUMMER	MAX-SP (M)	PUNKT-NUMMER	MAX-LSP (M)	PUNKT-NUMMER	MAX-A (M)
300732	0.017	300735	0.024		
300733	0.014	300733	0.018		
300735	0.014	300734	0.017		
300731	0.014	300729	0.014		
300726	0.014	300725	0.013		

MITTLERE STANDARDABWEICHUNG = 0.010 BERECH
MITTLERE LOKALE STANDARDABWEICHUNG = 0.009 BERECH
MITTLERE GROSSE HALBACHSE (A) = 0.008 BERECH

ENDE DER BERECHNUNGEN , DATEI: FS-Schule_Win
GESAMTLAUFZEIT KAFKAG = 00:00:00 (16384000)

Endgültige Koordinaten der Grenz- und Gebäudepunkte; mit Ausnahme der neuen GP, die nach der Ausgleichung streng in die alten Grenzen eingerechnet werden sollen!

Beurteilung der Genauigkeit der berechneten Neupunkte :

- Standardabweichung der Punktlage (SP),
- lokale Standardabweichung der Punktlage (LSP) sollte ≤ 2 (AP) bzw. 3 cm (GP, GebP) sein.

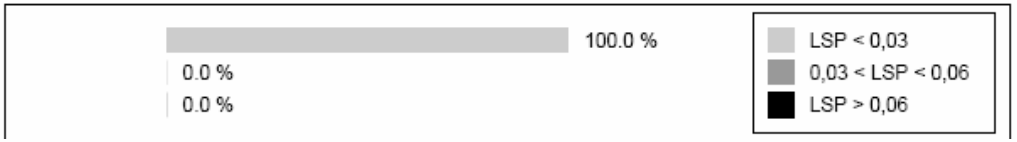
Genauigkeit (Qualität) der „endgültig“ berechneten Koordinaten im NRW-Protokoll:

Neupunkte / Äußere Genauigkeit (Überblick)

Anzahl geschätzter grober Datenfehler	0	
Anzahl nicht kontrollierter Beobachtungen	Anzahl	%
Richtungen	3	10.7
EDM-Strecken	1	4.2
Messband-Strecken	0	0.0
Rechte Winkel	0	0.0
Koordinaten	2	5.9

	(AP)			(GP,GebP)		
Anteil der Punkte mit LSP [in m] ... [nur Neupunkte der Punktart 1, 2 und 3]	LSP < 0,02	0,02 < LSP < 0,04	LSP > 0,04	LSP < 0,03	0,03 < LSP < 0,06	LSP > 0,06
Anzahl	0	0	0	19	0	0
%-Anteil				100.0	0.0	0.0

Histogramm über die Verteilung der LSP



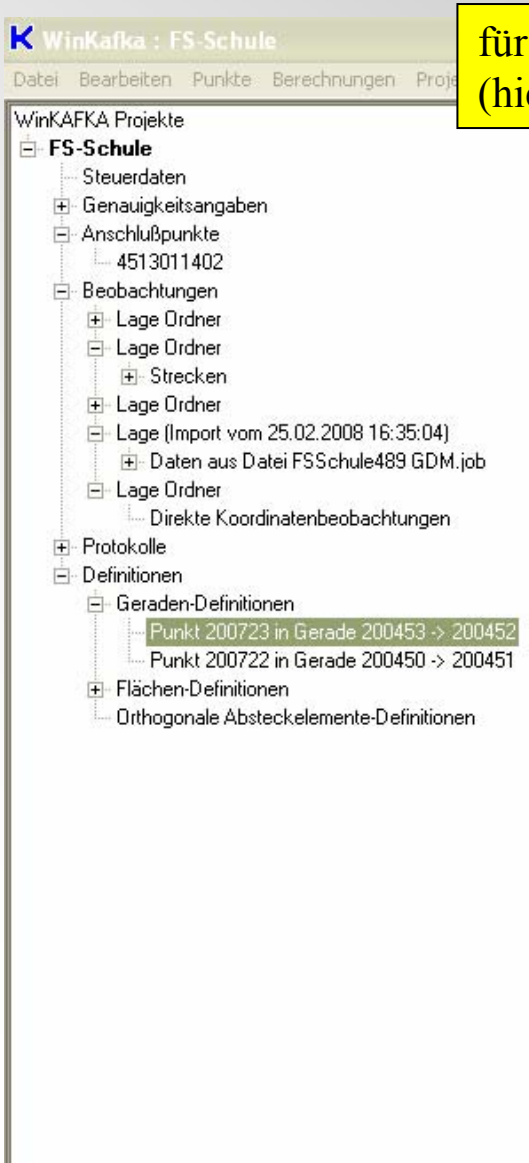
Genauigkeit der Messung

Maximalwerte und Durchschnittswerte der Standardabweichung der Punktlage	Lokale Standardabw. der Punktlage (LSP)			Standardabw. der Punktlage (SP)		
	maximale LSP (m)	Punkt-Nummer	durchschnittl. LSP (m)	maximale SP (m)	Punkt-Nummer	durchschnittl. SP (m)
	0.024	300735	0.009	0.017	300732	0.010

Liste der Grenzwertüberschreitungen bei der Lokalen Standardabweichung der Punktlage (LSP)	LSP (m)	Punkt-Nummer

4.12 Einrechnung der neuen GP in alte Grenzen

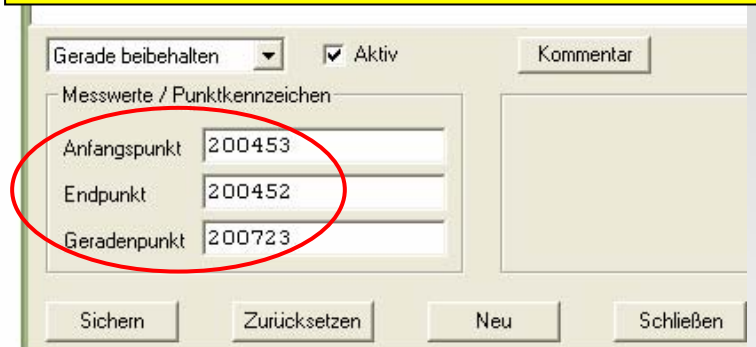
für die Geradeneinrechnung das Ergebnis der endgültigen Ausgleichung (hier dynamische) verwenden.



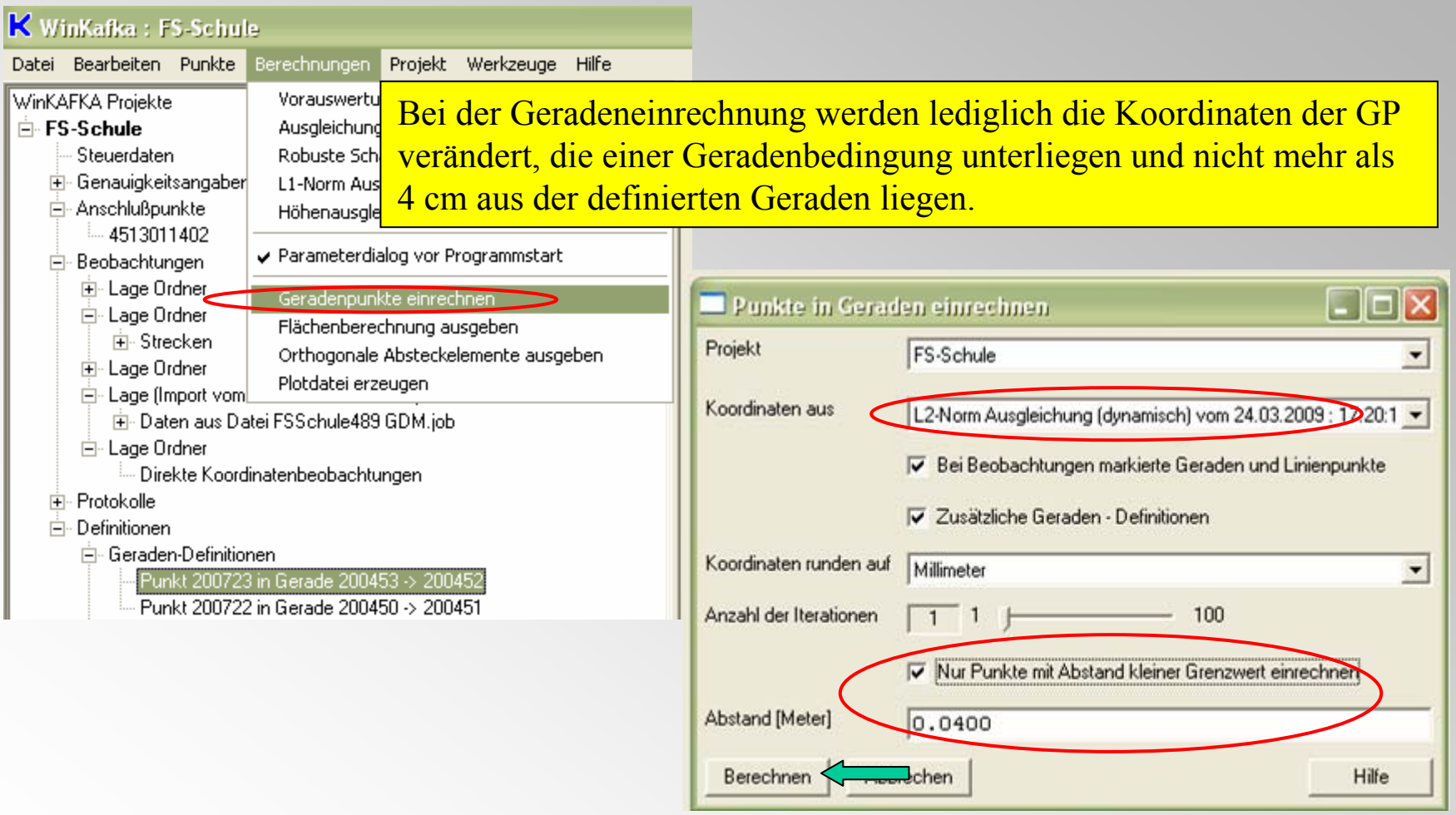
<u>Geraden–Bedingungen definieren:</u>

- Geradendefinition im linken Fenster markieren, rechte Maustaste „Editieren in neuem Fenster“ wählen

- Anfangs-, End- und Geradenpunkt eingeben.



4.12 Einrechnung der neuen GP in alte Grenzen



Bei der Geradeneinrechnung werden lediglich die Koordinaten der GP verändert, die einer Geradenbedingung unterliegen und nicht mehr als 4 cm aus der definierten Geraden liegen.

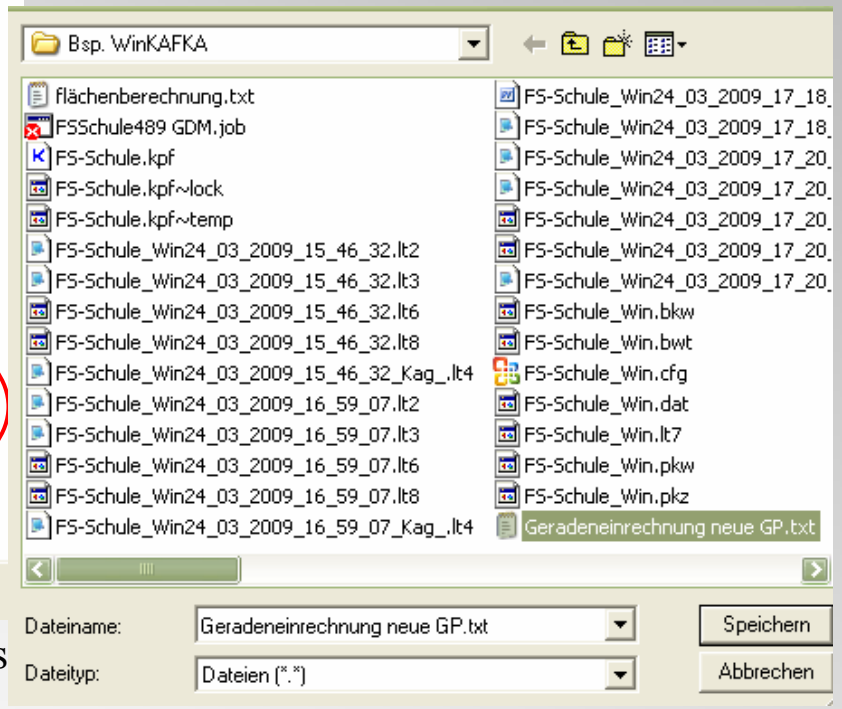
4.12 Einrechnung der neuen GP in alte Grenzen

Geradenpunkte einrechnen

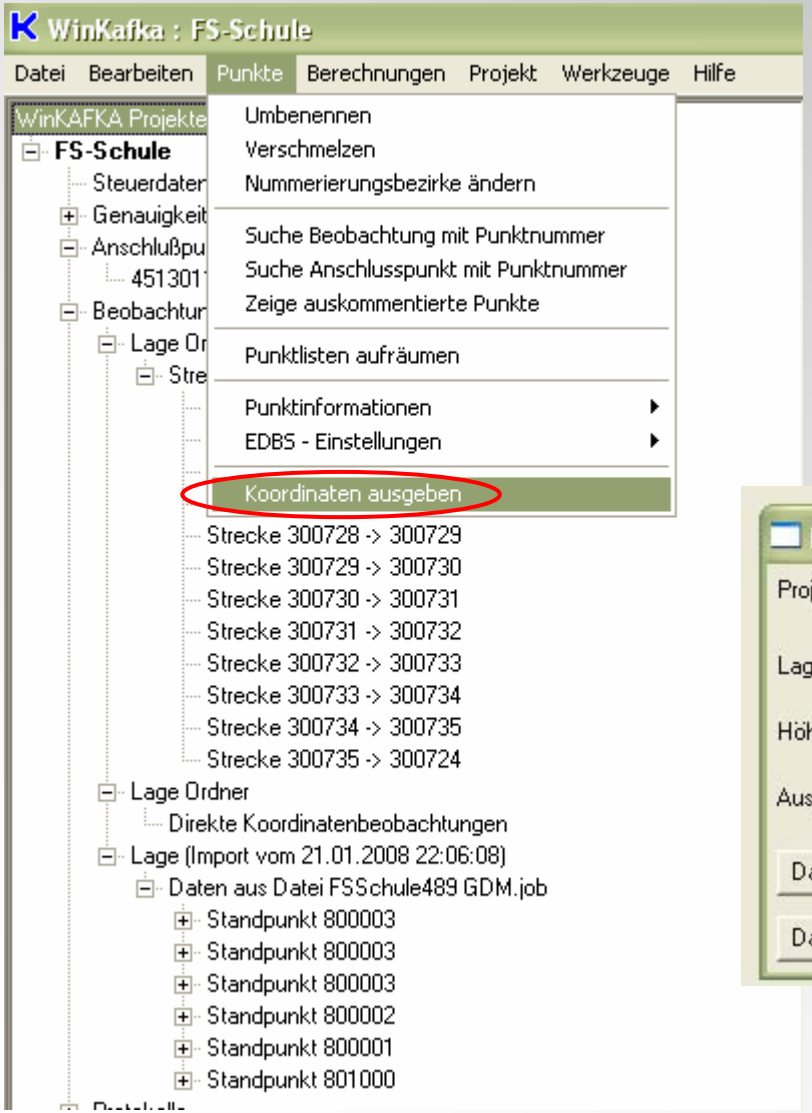
```
Einrechnung von Punkten in die Gerade

Verfahren : FS-Schule

Einrechnung aus Messungslinien              :      0
Einrechnung aus Geradenbeobachtungen        :      0
Einrechnung aus Definitionsgeraden          :      2
Unvollständige Einrechnungen                :      0
Einzurechnender Punkt ist Anschlusspunkt    :      0
Abstand überschritten                       :      0 (> 0.0400 Meter)

Einrechnung mit gerundeten Koordinaten      :    [mm]

Anzahl der gerechneten Iterationen          :      1

Koordinaten aus Auswertung : L2-Norm Ausgleichung (dynamisch) vom
                             24.03.2009 : 17:20:16

                            Anzahl     Minimum     Maximum      Mittel

Vor der Einrechnung       :     2      -0.005       0.011       0.003
Nach der Einrechnung      :     2      -0.000       0.000       0.000
Koordinatenverschiebung   :     2       0.004       0.011       0.008

     Anfangspunkt    Zwischenpunkt        Endpunkt   d-vor   d-nach Versch.
                                                       [m]      [m]     [m]

          200453          200723          200452    -0.005   -0.000   0.004
          200450          200722          200451     0.011    0.000   0.011

Koordinatenverzeichnis der eingerechneten Punkte
```

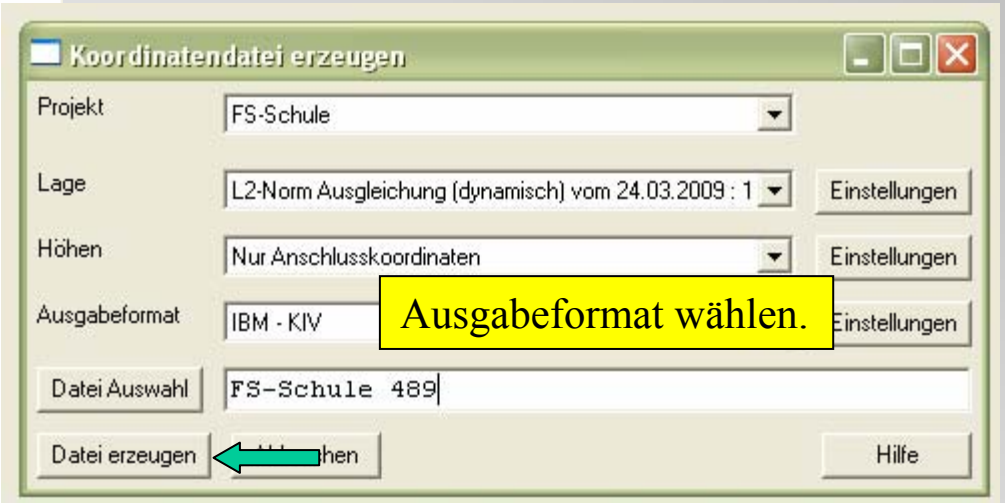
Erneut berechnen | Übernehmen | ...ch

Protokoll der Geradeneinrechnung speichern.

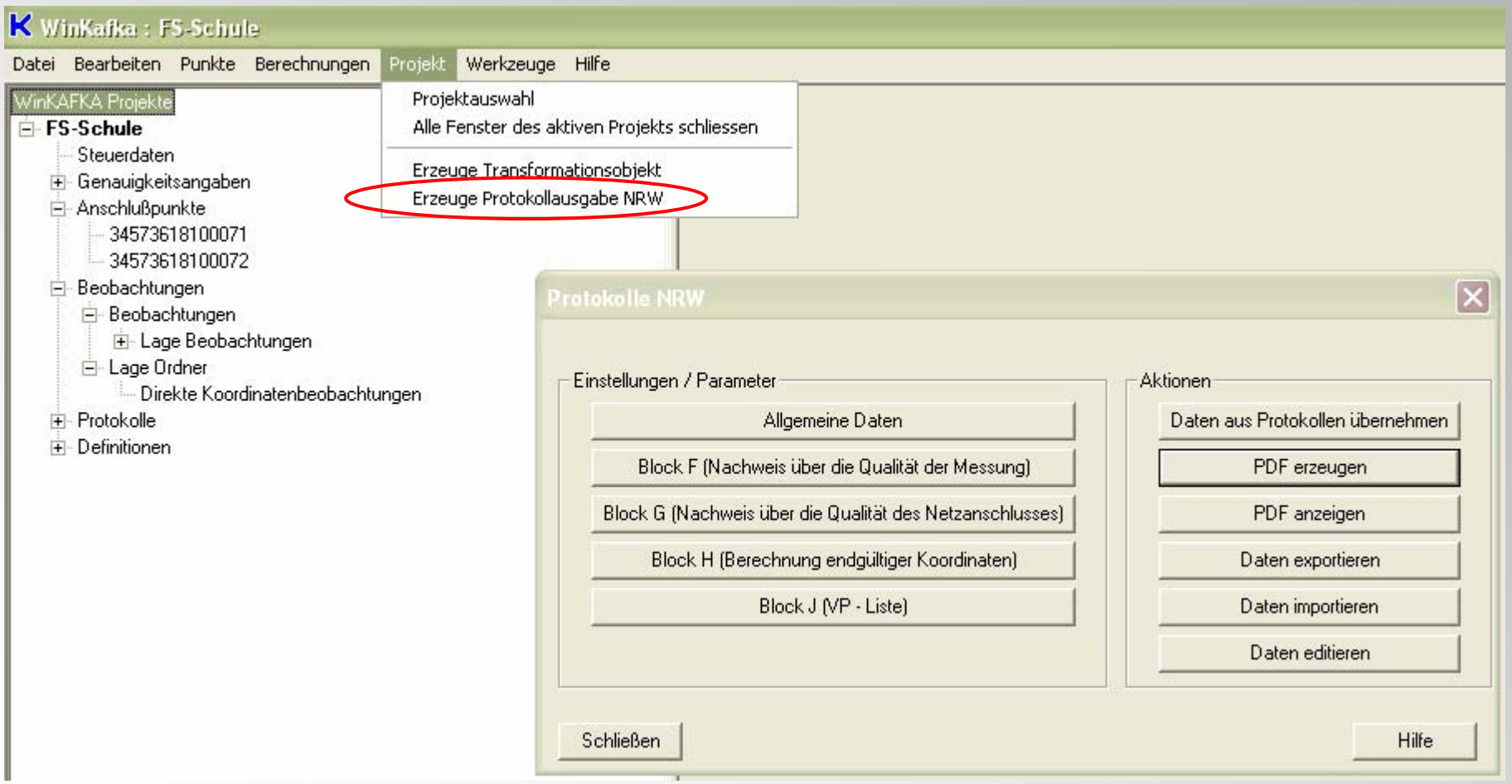


4.13 Ausgabe endgültiger ETRS89-Koordinaten





4.14 Protokolle nach Einführungserlass ETRS89



4.14 Protokolle nach Einführungserlass ETRS89

Protokolle NRW: Allgemeine Daten

Arbeitsgebiet/Projekt: FS-Schule

Identifikationsmerkmal/Jobname:

Näherungskoordinatenberechnung: alle Näherungskoordinaten wurden mit

Auswertung: AP(2),GP,GebP

Speichern | Abbrechen | Hilfe

Protokolle NRW: Block F (Nachweis über die Qualität der Messung)

Projekt: FS-Schule

Berechnung: L2-Norm Ausgleichung (frei) vom 30.06.2009 : 12:27:12

Speichern | Abbrechen | Hilfe

Protokolle NRW: Block G (Nachweis über die Qualität des Netzanschlusses)

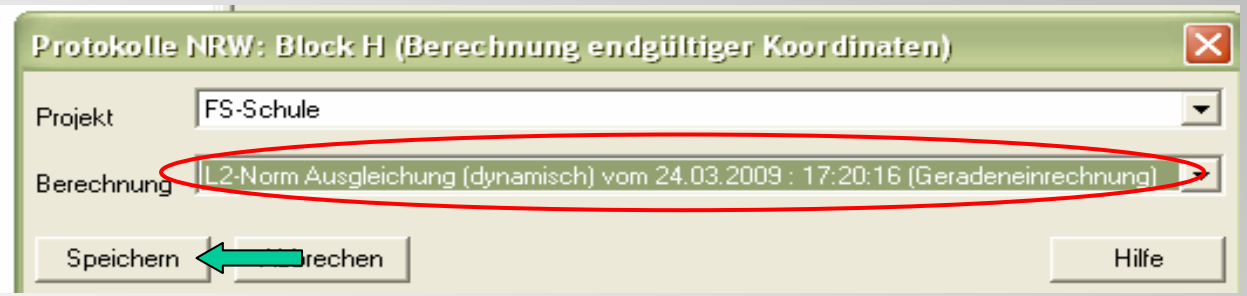
Projekt: FS-Schule

Berechnung: L2-Norm Ausgleichung (dynamisch) vom 30.06.2009 : 13:05:57

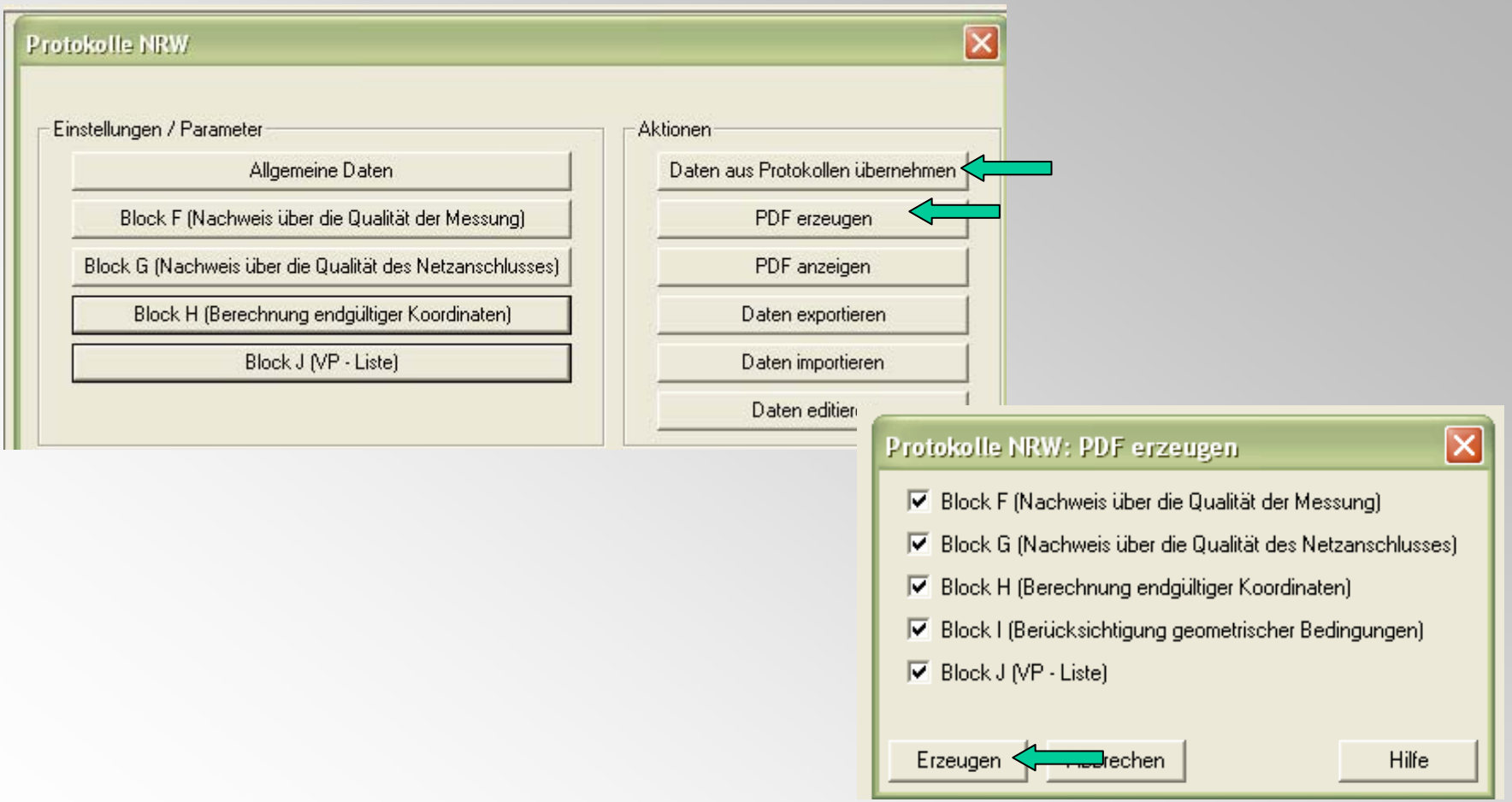
Gewichtung: Untergewichtung

Speichern | Abbrechen | Hilfe

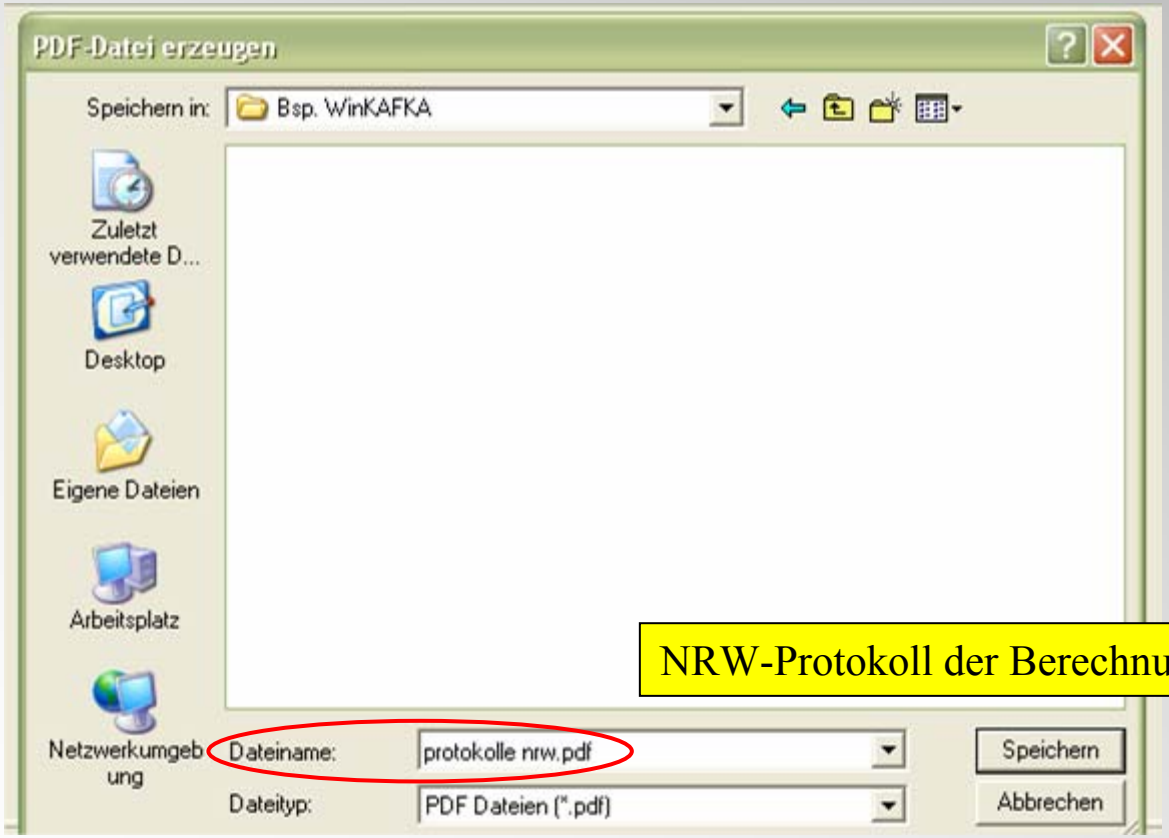
4.14 Protokolle nach Einführungserlass ETRS89



4.14 Protokolle nach Einführungserlass ETRS89



4.14 Protokolle nach Einführungserlass ETRS89

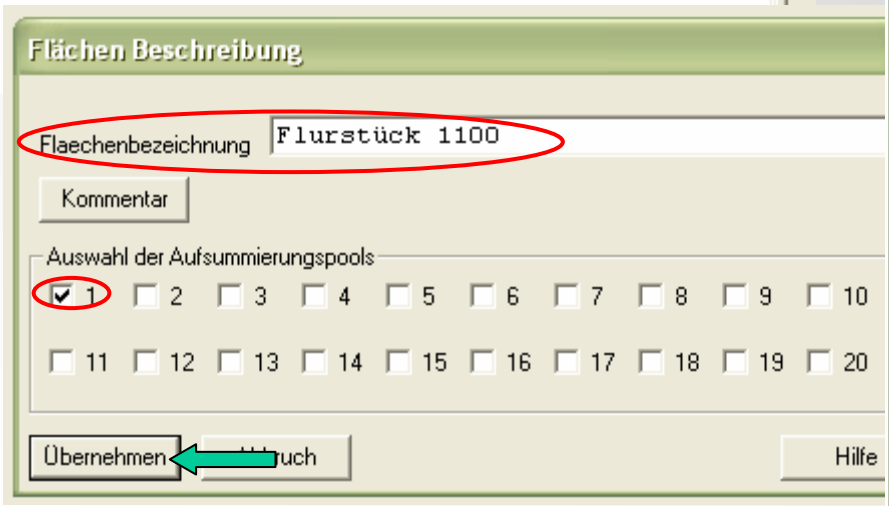


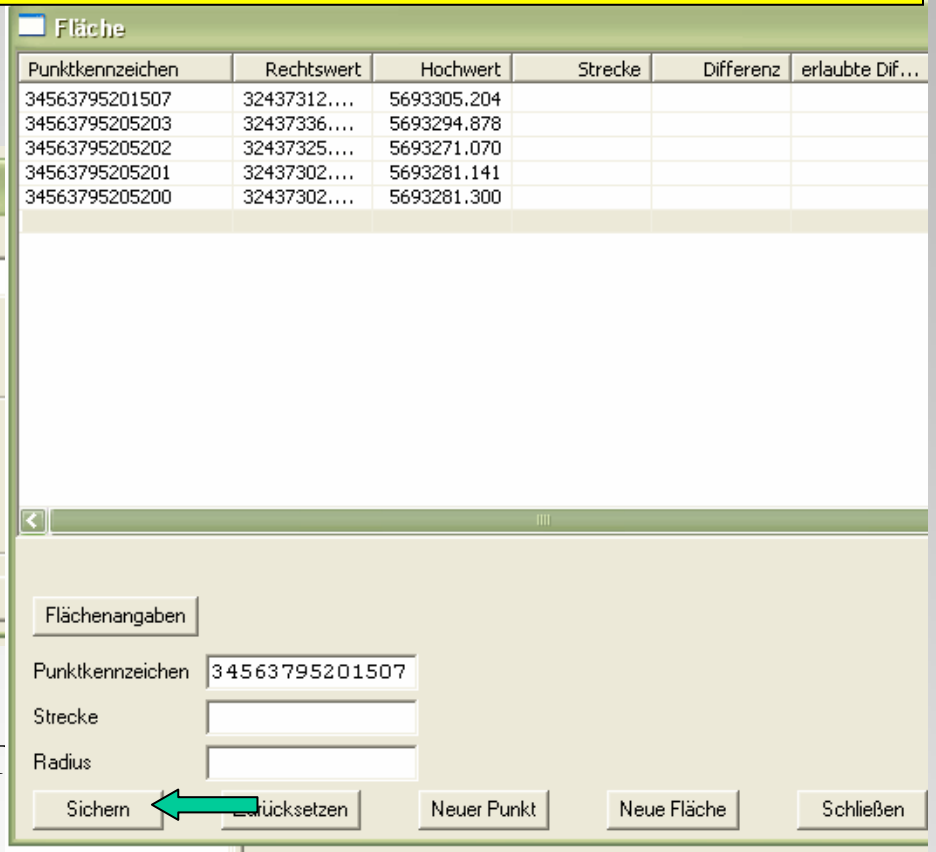
NRW-Protokoll der Berechnung speichern.

4.15 Flächenberechnung

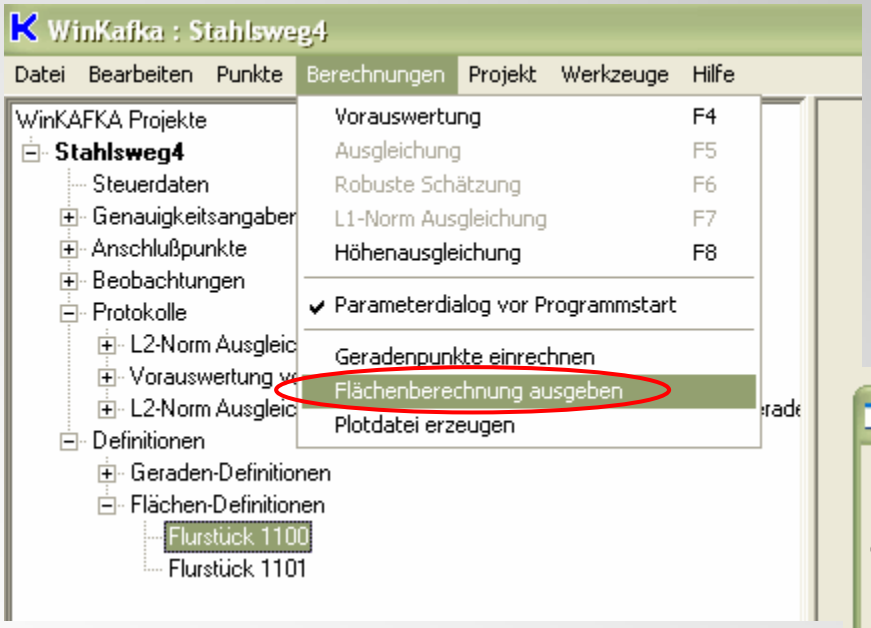
Flächendefinition:

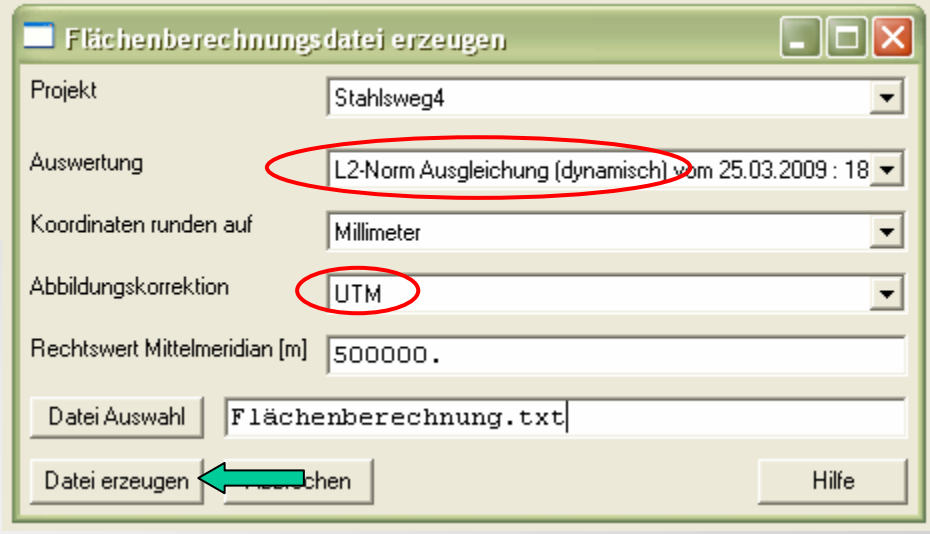
Eingabeeditor zur Flächenberechnung über Menüpunkt Bearbeiten/Fläche einfügen aufrufen. Umringspunkte der Flächen eingeben, Anfangspunkt am Ende der Erfassung erneut eingeben.





4.15 Flächenberechnung



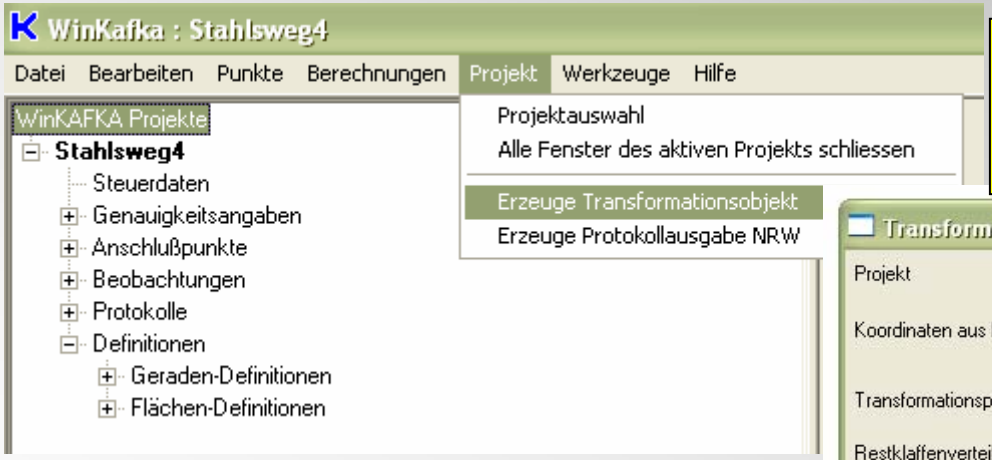


Protokoll der Flächenberechnung speichern.

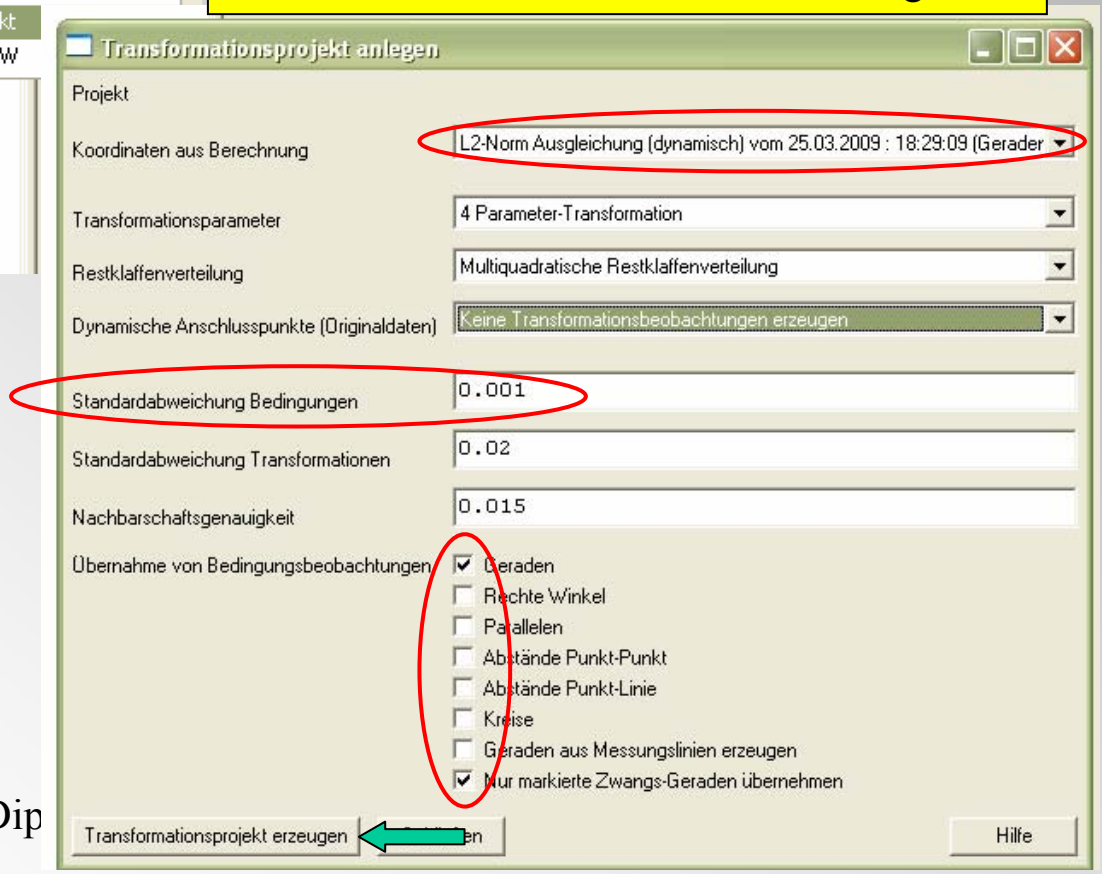
```
Projekt                      : Stahlsweg4

Koordinaten aus Auswertung   : L2-Norm Ausgleichung (dynamisch) vom
                               25.03.2009 : 18:29:09 (Geradeneinrechnung)

Koordinaten runden auf       : [mm]

Abbildungskorrektion         : UTM
Rechtswert Mittelmeridian    : 500000.

Berechnete Flächen           : 2

Nichtberechenbare Flächen    : 0

Fehler                       : 0

    Punktnummer  Rechtswert    Hochwert     S-gem    S-ger  Diff   erl   Radius
 ------------------------------------------------------------------------------

 1.) Fläche : Flurstück 1100
 ---------------------------
 Aufsummierung in Pool : 1

 34563795201507 32437312.748 5693305.204
 34563795205203 32437336.258 5693294.878            25.688
 34563795205202 32437325.881 5693271.070            25.981
 34563795205201 32437302.643 5693281.141            25.336
 34563795205200 32437302.278 5693281.300             0.398
 34563795201507 32437312.748 5693305.204            26.107

 Aus Koordinaten gerechnete Fläche =    669.11 m²
 Fläche =    669.58 m²  (incl. -0.47 m² Korrektion)        -->       670 m²


 2.) Fläche : Flurstück 1101
 ---------------------------
 Aufsummierung in Pool : 1

 34563795201509 32437345.417 5693290.856
 34563795204273 32437335.069 5693267.088            25.933
 34563795205202 32437325.881 5693271.070            10.018
 34563795205203 32437336.258 5693294.878            25.981
 34563795201509 32437345.417 5693290.856            10.007

 Aus Koordinaten gerechnete Fläche =    259.69 m²
 Fläche =    259.87 m²  (incl. -0.18 m² Korrektion)        -->       260 m²
```

4.16 Rücktransformation der ETRS89-Koordinaten

in das alte Lagebezugssystem

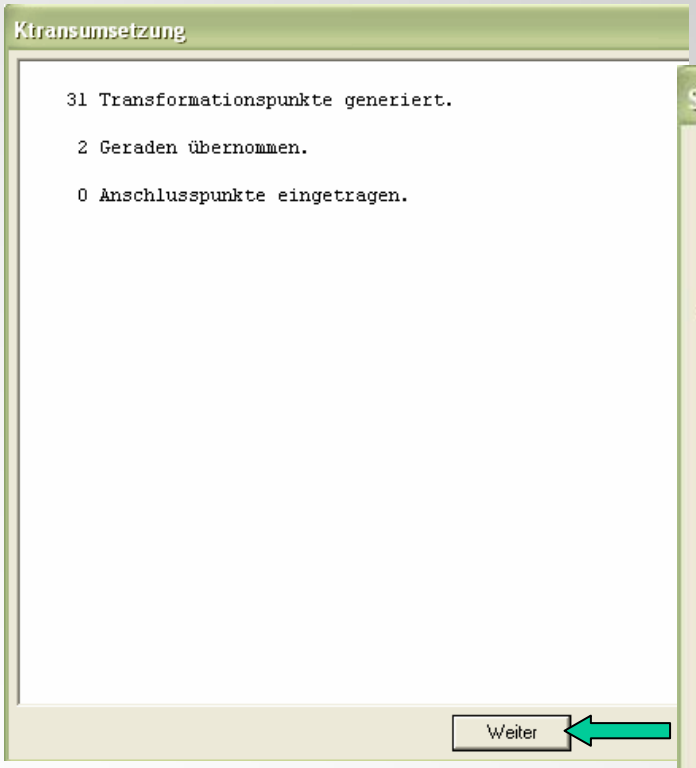


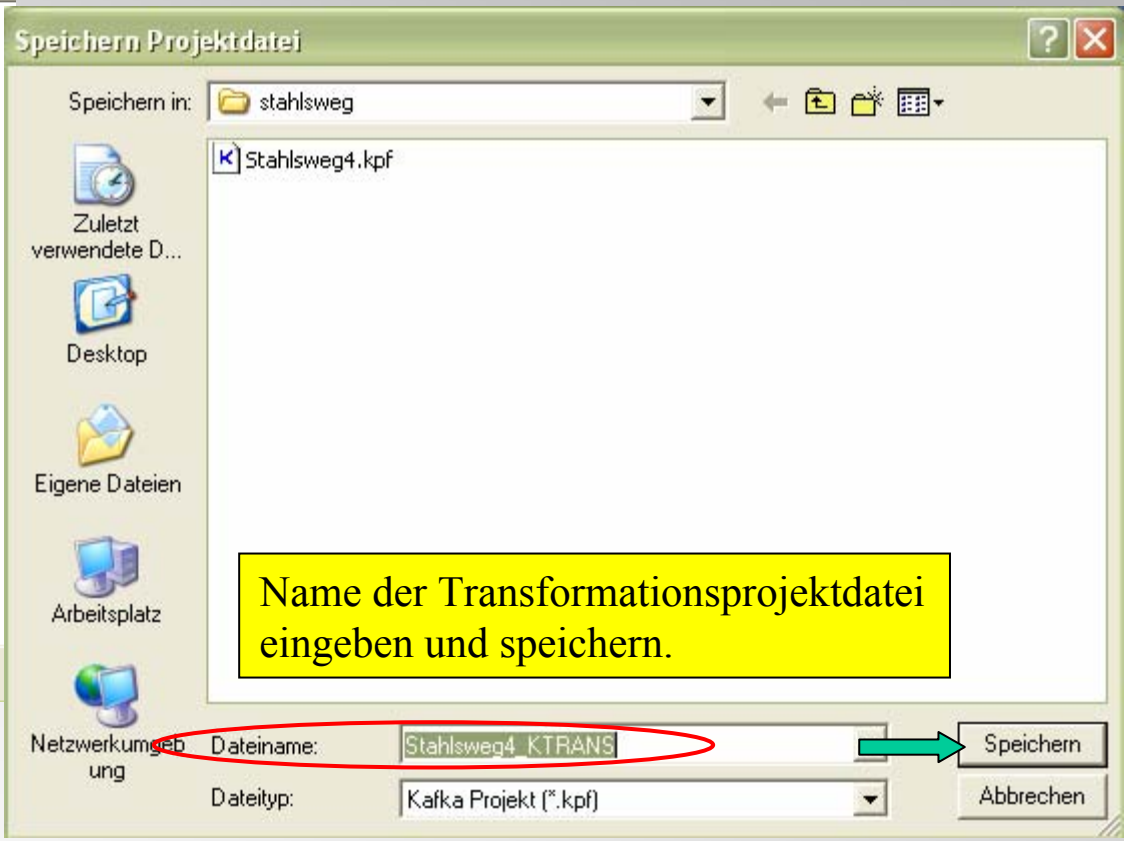
Rücktransformation der endgültigen ETRS89-Koordinaten möglichst über Stützpunkte der Nachbarschaft mit Restklaffenverteilung.



4.16 Rücktransformation der ETRS89-Koordinaten

in das alte Lagebezugssystem

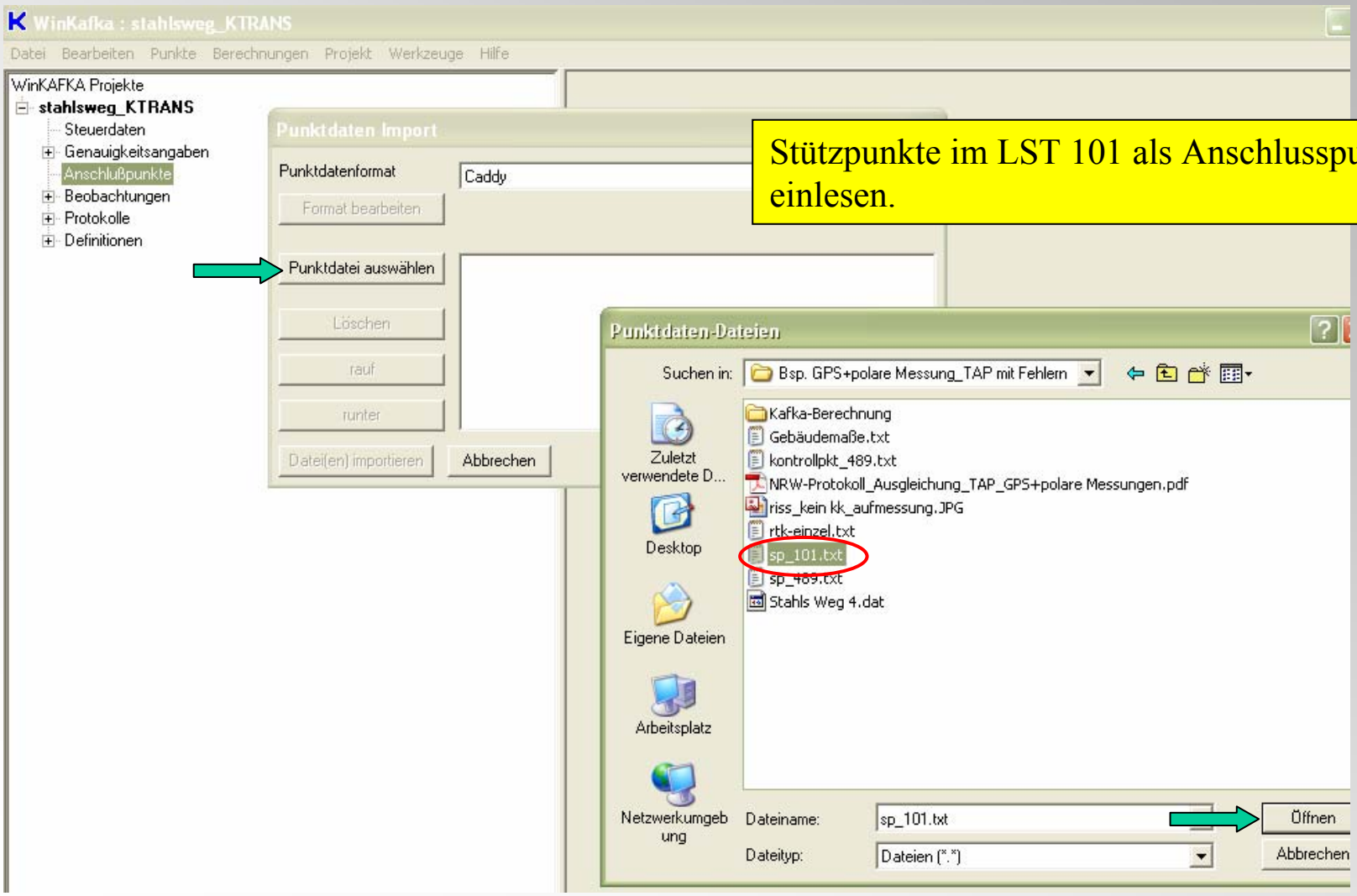




Name der Transformationsprojektdatei eingeben und speichern.

4.16 Rücktransformation der ETRS89-Koordinaten

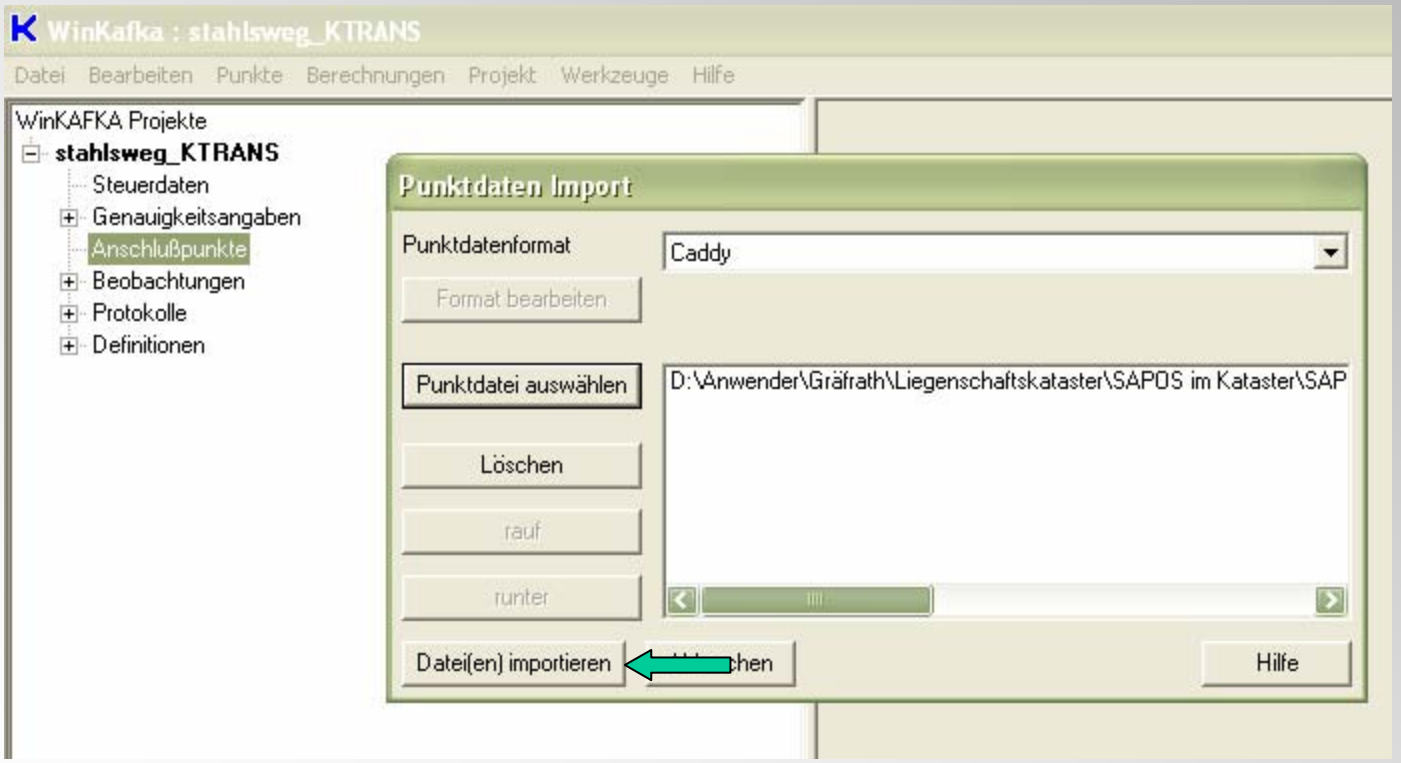
in das alte Lagebezugssystem



Stützpunkte im LST 101 als Anschlusspunkte einlesen.

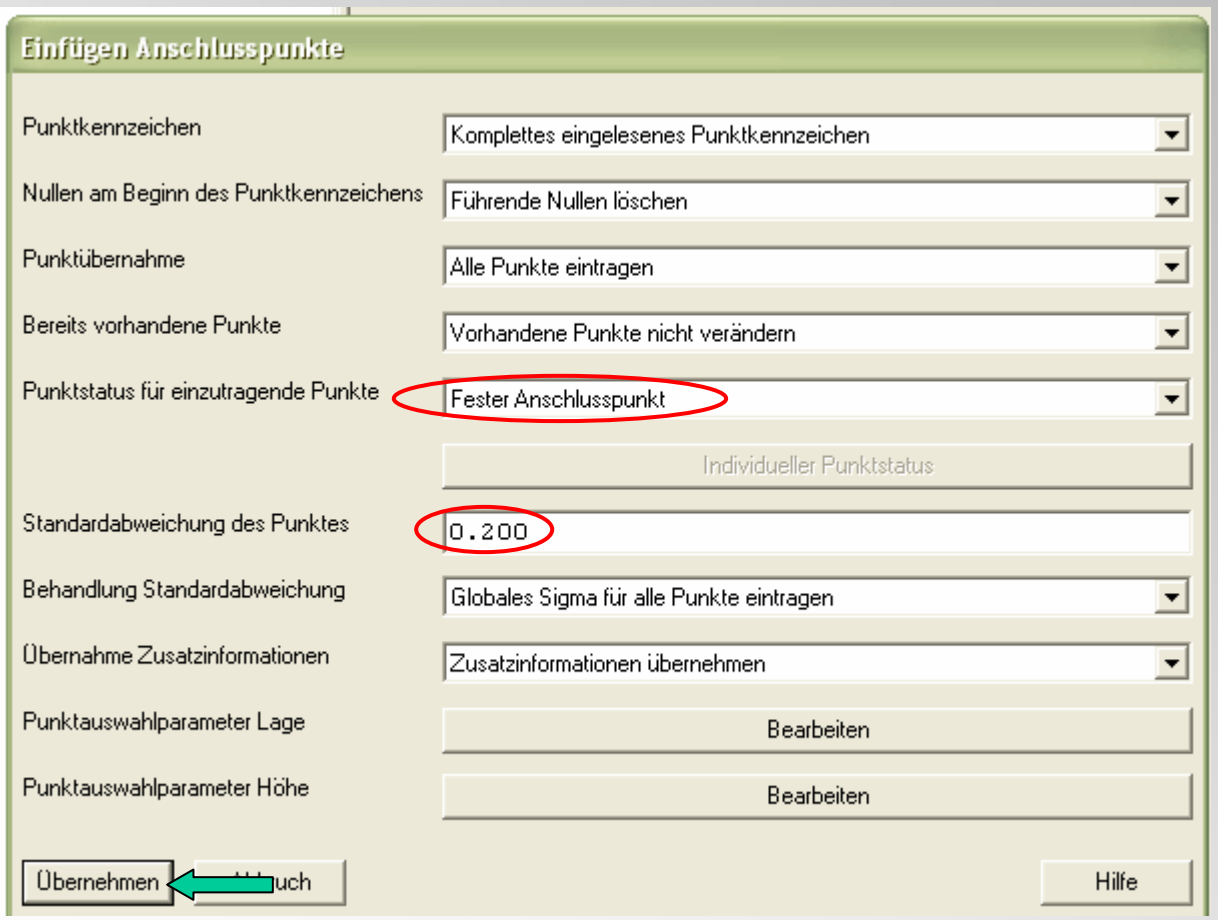
4.16 Rücktransformation der ETRS89-Koordinaten

in das alte Lagebezugssystem



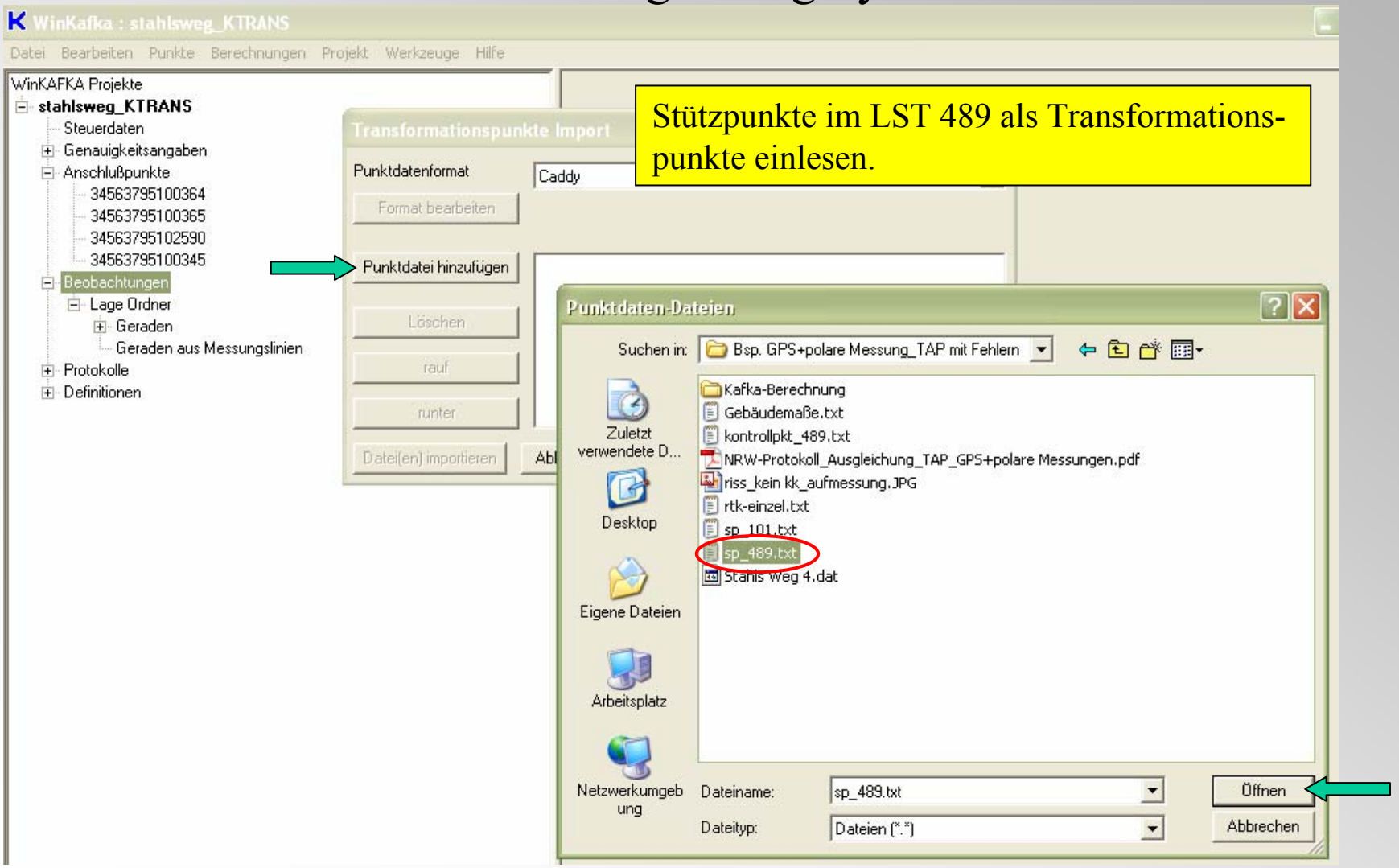
4.16 Rücktransformation der ETRS89-Koordinaten

in das alte Lagebezugssystem



4.16 Rücktransformation der ETRS89-Koordinaten

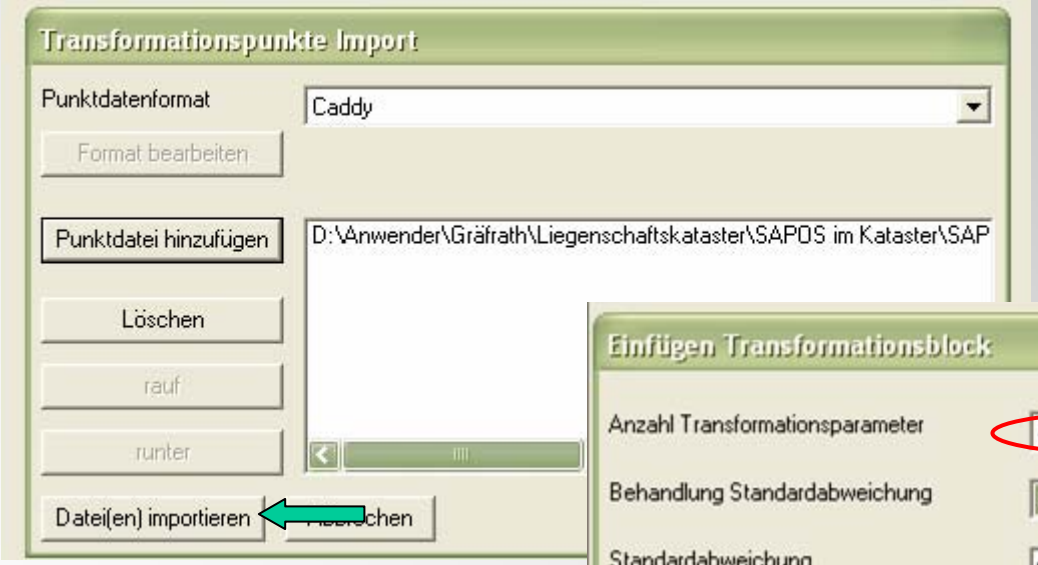
in das alte Lagebezugssystem

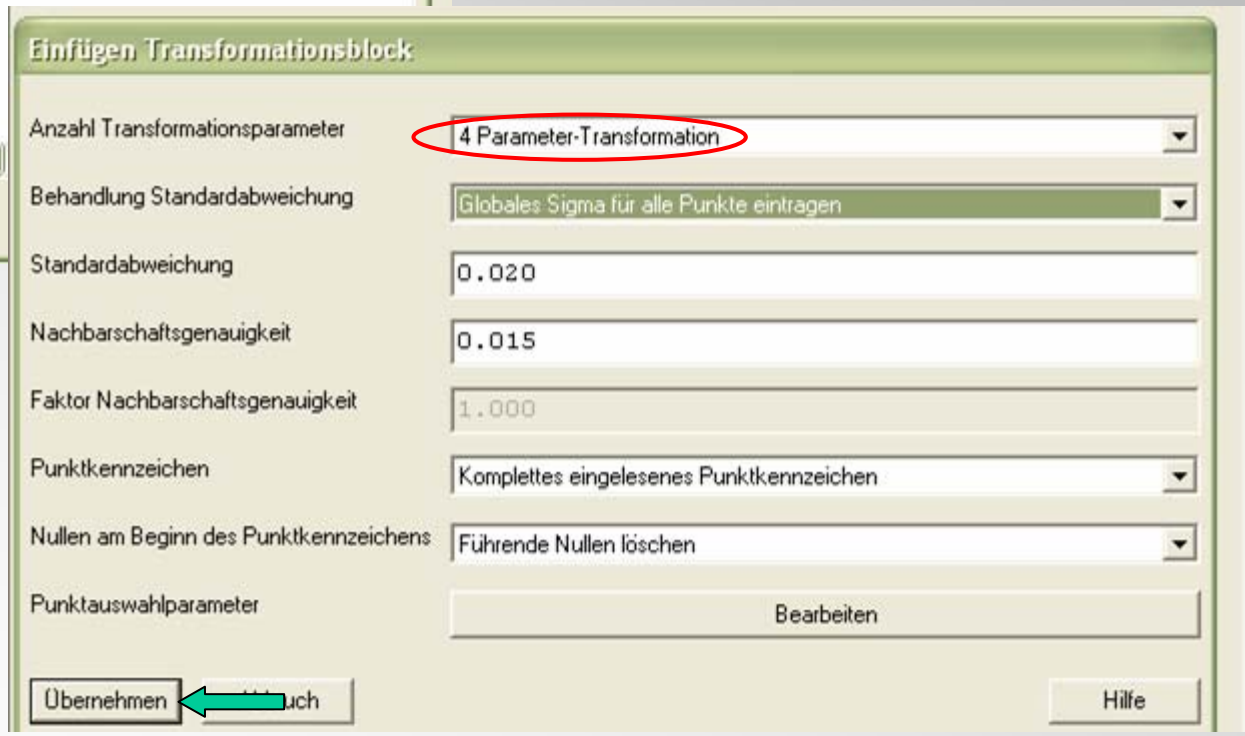


Stützpunkte im LST 489 als Transformations-punkte einlesen.

4.16 Rücktransformation der ETRS89-Koordinaten

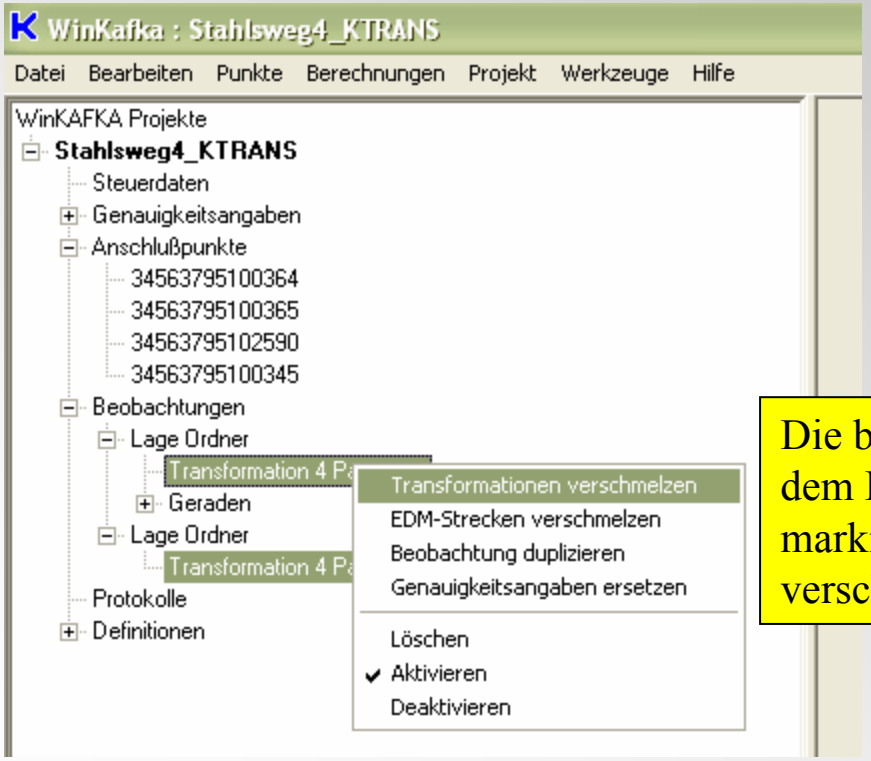
in das alte Lagebezugssystem





4.16 Rücktransformation der ETRS89-Koordinaten

in das alte Lagebezugssystem



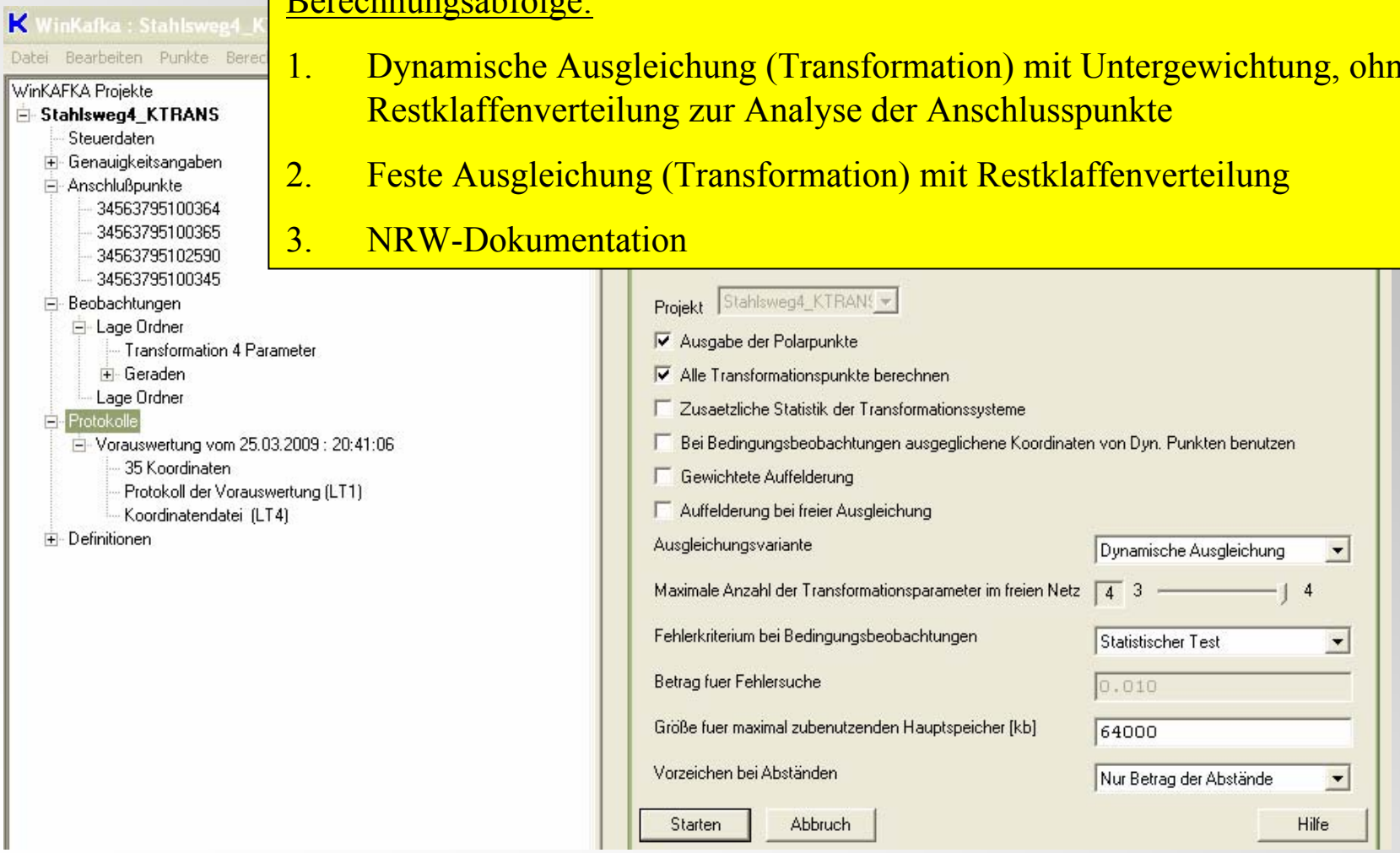
Die beiden Transformationsblöcke (Neupunkte aus dem Hauptprojekt und Stützpunkte im LST 489) markieren, rechte Maustaste, Menü „Transformationen verschmelzen“ wählen.

4.16 Rücktransformation der ETRS89-Koordinaten

in das alte Lagebezugssystem

<u>Berechnungsabfolge:</u>

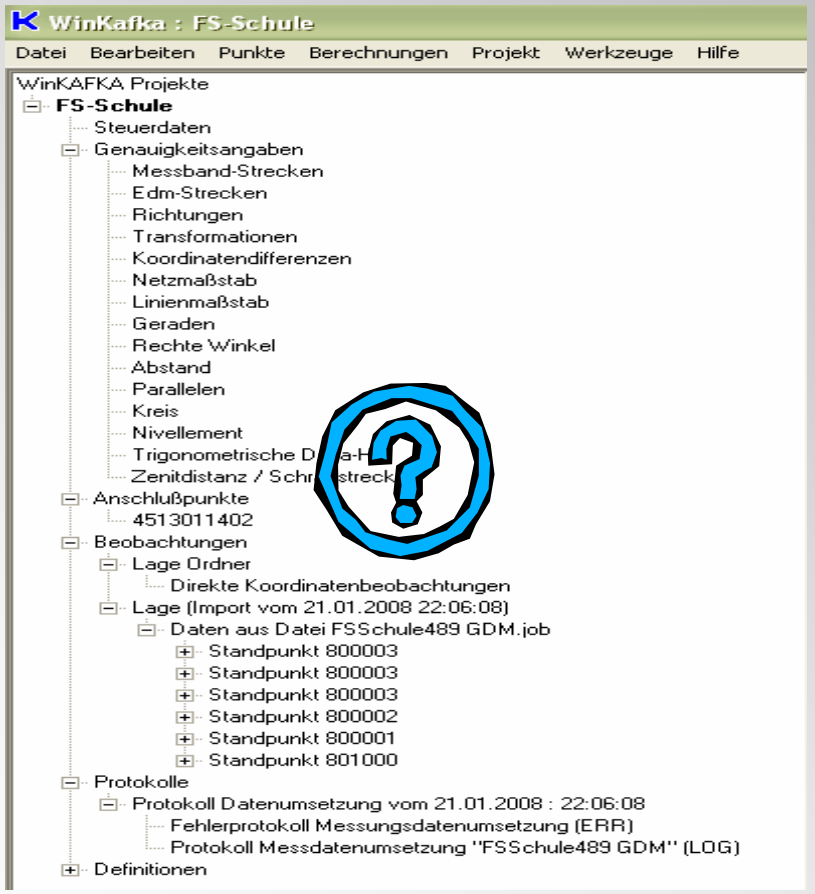
1. Dynamische Ausgleichung (Transformation) mit Untergewichtung, ohne Restklaffenverteilung zur Analyse der Anschlusspunkte
2. Feste Ausgleichung (Transformation) mit Restklaffenverteilung
3. NRW-Dokumentation



Bezirksregierung Arnsberg

Ausgleichung von Liegenschaftsvermessungen

im Bezugssystem ETRS89/UTM



Thomas Gräfrath, Bezirksregierung Arnsberg

Telefon: 02931/82-3408, E-Mail:thomas.graefrath@bezreg-arnsberg.nrw.de