

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 8.13	Blatt 0-1

```

FFFFFF  OOOOO  RRRRRR  MM      MM  EEEEE  LL
FFFFFF  OOOOOOO RRRRRRR MM      MM  EEEEE  LL
FF      OO   OO  RR   RR  MMM   MMM  EE    LL
FFFFF   OO   OO  RRRRRR  MMMM  MMMM  EEEEE  LL    ====
FFFFF   OO   OO  RRRRRR  MM  MM  MM  EEEEE  LL    ====
FF      OO   OO  RR  RR   MM   M   MM  EE    LL
FF      OOOOOOO RR   RR   MM      MM  EEEEE  LLLLLL
FF      OOOOO  RR   RR  MM      MM  EEEEE  LLLLLL

```

```

SSSSS   AA   MM   MM  MM   MM  LL   UU   UU  NN   NN  GGGG
SSSSSS  AA   MM   MM  MM   MM  LL   UU   UU  NN   NN  GGGGGG
SS  SS  AAAA  MMM  MMM  MMM  MMM  LL   UU   UU  NNN  NN  GG
SSS     AAAA  MMMM  MMMM  MMMM  MMMM  LL   UU   UU  NNNN  NN  GG  GGG
SSS   AA  AA  MM  MMM  MM  MM  MMM  MM  LL   UU   UU  NN  NNNN  GG  GGG
SS  SS  AAAAA  MM  M  MM  MM  M  MM  LL   UU   UU  NN  NNN  GG  GG
SSSSSS  AAAAAAA  MM      MM  MM      MM  LLLLLL  UUUUUUU  NN   NN  GGGGGG
SSSSS  AA   AA  MM      MM  MM      MM  LLLLLL  UUUUU  NN   NN  GGGG

```

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 0-2

=====
INHALTSVERZEICHNIS
=====

ab Blatt

Inhaltsverzeichnis	0-2
Änderungen	0-3
Literaturhinweise	0-4
Mittelwerte des Verfahrens	1-0
Streckenkorrekturen	2-0
Streckenreduktionen	3-0
Richtungsreduktionen	3-7
Richtungswinkelreduktionen	3-7
Berechnung ellipsoidischer Strecken	4-0
Berechnung neigungsreduzierter Strecken	4-1
Berechnung ellipsoidischer Richtungswinkel	4-2
Streckenzentrierungen	4-3
Richtungszentrierungen	4-3
Richtungswinkelzentrierungen	4-3
Streckenmittelungen	4-4
Richtungsmittelungen	4-6
Richtungswinkelmittelungen	4-7
Höhenunterschiede vor der Ausgleichung	5-0
Fehlergleichungskoeffizienten	6-0
Gewichte und mittl. Fehler v. d. Ausgleichung	7-0
Statistischer Test	8-0
Lokaler Netzmaßstab	9-0
Lokale mittlere Fehler	9-1
Signifikanz der Lageänderung	9-2
Mittl. Gewichtseinheitsfehler im Netz, von Beobachtungsgruppen	10-0
Mittl. Entfernungsfehler, Benutzergenauigkeit	11-0

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 9.00	Blatt 0-3

=====
ÄNDERUNGEN
=====

Letzte vollständige Überarbeitung	11.83
Erweiterung um Mittelbildung Neufassung der Abschnitte 4 und 5 Redaktionelle Überarbeitung Blätter 4-0 bis 4-6, 5-0 u. a. geändert Blatt 5-1 entfällt	7.85
Fehlerkorrektur in Formelsammlung Blätter 6-0, 9-0, 9-1 geändert	10.85
Mittlerer Zieleinstellfehler in =NAEKO2= Blatt 7-1 geändert	6.89
Erweiterung um wählbare Bezugsellipsoide Blätter 1-0 u. a. geändert, Blatt 1-0.1 eingefügt	7.91
Erweiterung um wählbare Abbildungsparameter, Reduktion von Richtungswinkeln um Meridiankonvergenz sowie Zentrierung und Mittelung von Richtungswinkeln Blätter 0-4, 1-0, 1-0.1, 1-0.2, 3-5 bis 3-8, 4-2, 4-3, 4-7 u. a. geändert	3.96
Redaktionelle Überarbeitung	10.97
Erweiterung um Berücksichtigung von Undulationen Blätter 3-0, 3-4 geändert	1.98
Erweiterung um Berücksichtigung von Undulationen für Höhenmessungen Blatt 5-0 geändert Blatt 5-1 eingefügt	5.99
Bessel- und GRS 80-Ellipsoid nun nach TP-Erlaß NRW vom 22. 7. 1999 Blätter 0-4.1, 1-0.1 geändert	10.99
Anpassung der Formel für den Gruppenbrechungsindex für elektrooptische Distanzen an die Empfehlungen der XXII. Generalversammlung der IUGG (Zeitschrift für Vermessungs- wesen 7/2000) Blätter 0-4.1, 2-4 geändert	9.00

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 8.13	Blatt 0-3.1

Erweiterungen für örtliche Koordinaten, örtliche Höhen mit Einheit ungleich Meter 12.03
 Blätter 2-0, 2-2 bis 2-7, 3-0 bis 3-3, 5-0, 5-1, 6-2, 6-3, 7-2, 7-3 geändert
 Blätter 2-3.1, 5-1.1 eingefügt

Umstellung der Formel für die Meridiankonvergenz (Programmpflege der Koordtrans.dll, hier auch Änderung der Berechnung der geographischen Breite aus konformen Koord.) 2.07
 Blätter 0-4.1, 3-5, 3-7, 3-8 geändert

Berichtigung Vorzeichenfehler (nur Handbuch!) in Verbesserungsgleichung Richtungen 8.13
 Blatt 6-1 geändert

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 0-4

=====
LITERATURHINWEISE
=====

- (1) Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, Richtlinien für die elektromagnetische Distanzmessung im Hauptdreiecksnetz (EDM-Richtlinien), 3. Auflage, Wiesbaden 1982.
- (2) Deumlich, F., Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 5. Auflage, VEB-Verlag für Bauwesen, Berlin 1972.
- (3) Ehlert, D., Das Dreiecksnetz im Raum Hannover-Göttingen-Hamm, Deutsche Geodätische Kommission, Reihe B, Nr. 142, Verlag des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main 1967.
- (4) Förstner, W., Das Rechenprogramm TRINA für geodätische Lage-netze in der Landesvermessung, Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 2, 1979, S. 125-166.
- (5) Fröhlich, H., Auswertung von Eichmessungen elektrooptischer Distanzmeßgeräte mit dem Programmsystem CELOEM, Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungsdienst des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 3, 1979, S. 203-208.
- (6) Großmann, W., Geodätische Rechnungen und Abbildungen in der Landesvermessung, 3. Auflage, Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart 1976.
- (7) Großmann, W., Vermessungskunde II, 12. Auflage, Verlag Walter de Gruyter, Berlin 1975.
- (8) Großmann, W., Vermessungskunde III, 10. Auflage, Verlag Walter de Gruyter, Berlin 1973.
- (9) Hoepcke, W., Über die Bahnkrümmung elektromagnetischer Wellen und ihren Einfluß auf die Streckenmessungen, Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 6, 1964, S. 183-200.
- (10) Landesvermessungsamt NRW, Richtlinien und Programmerläuterungen für die Benutzung der Rechenanlage Z 25 und des Graphomaten Z 64 der Vermessungs- und Katasterverwaltung des Landes Nordrhein-Westfalen, Bonn-Bad Godesberg 1968.

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 2.07	Blatt 0-4.1

- (11) Planheft Großdeutschland, Teil II, Das endgültige Reichsfestpunktfeld, Gotha 1944
- (12) Schödlbauer, A., Rechenformeln und Rechenbeispiele zur Landesvermessung, Teil 1, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1981
- (13) Schödlbauer, A., Rechenformeln und Rechenbeispiele zur Landesvermessung, Teil 2, Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe 1982
- (14) Heck, B., Rechenverfahren und Auswertemodelle der Landesvermessung, 2. Auflage, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 1995
- (15) Innenministerium Nordrhein-Westfalen, Das Trigonometrische Festpunktfeld in Nordrhein-Westfalen (TP-Erl.), RdErl. d. Innenministeriums v. 22. 07. 1999 - III C 3 - 4213
- (16) Berichte zur XXII. Generalversammlung der IUGG, Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 7, 2000, S. 252.
- (17) Jordan/Eggert/Kneissl, Handbuch der Vermessungskunde, Band IV, Erste Hälfte, Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1958
- (18) Programmbibliothek PROJ.4, <http://proj.maptools.org>

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 1-0

=====
MITTELWERTE DES VERFAHRENS
=====

MITTLERE HOEHE DES VERFAHRENSGEBIETES
=====

hoe = Summe (hi) / nh, i = 1, nh

hoe = Mittlere Höhe des Verfahrensgebietes (m)

hi = Höhe (m) des Anschlußpunktes oder Neupunktes
mit Näherungshöhe aus der Auftragsdatei

nh = Anzahl der Anschlußpunkte und Neupunkte
mit Näherungshöhen aus der Auftragsdatei

MITTLERE BREITE DES VERFAHRENSGEBIETES
=====

gbrv = Summe (xi') * 9 * 10**⁻⁶ / nx, i = 1, nx

gbrv = Mittlere Breite des Verfahrensgebietes (Grad)

xi' = Abstand zum Äquator (m) des Anschlußpunktes oder
Neupunktes mit Näherungskoodinaten aus der Auftragsdatei

nx = Anzahl der Anschlußpunkte und Neupunkte
mit Näherungskoodinaten aus der Auftragsdatei

MITTLERER KRUEMMUNGSHALBMESSER DES BEZUGSELLIPSOIDES
=====

rgv = c / v**2

v = sqrt (1 + eta**2)

eta**2 = e'**2 * cos**2 (gbrv)

rgv = Mittlerer (Gauß'scher) Krümmungshalbmesser r
des Bezugsellipsoides (m)
(vergl. (6), S. 8 und 12)

c = Krümmungshalbmesser am Pol (m)

e'**2 = Quadrat der 2. Exzentrizität des Bezugsellipsoides

gbrv = Mittlere Breite des Verfahrensgebietes (Grad)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.99	Blatt 1-0.1

KONSTANTEN DER BEZUGSELLIPSOIDE

=====

(vergl. (6), S. 3, S. 12)

$$b = a * (1 - f)$$

$$c = a**2 / b$$

$$e**2 = 1 - b / c$$

$$e'**2 = c / b - 1$$

a = Große Halbachse des Ellipsoides (m)

b = Kleine Halbachse des Ellipsoides (m)

f = Abplattung

c = Krümmungshalbmesser am Pol (m)

e**2 = Quadrat der 1. Exzentrizität des Bezugsellipsoides

e'**2 = Quadrat der 2. Exzentrizität des Bezugsellipsoides

Erdellipsoid nach BESSEL

(vergl. (15), Nr. 2.2)

$$a = 6377397.155$$

$$f = 1 / 299.15281285$$

Internationales Erdellipsoid nach HAYFORD

$$a = 6378388$$

$$f = 1 / 297.00$$

WGS 72-Erdellipsoid

$$a = 6378135$$

$$b = 6356750.52$$

GRS 80-(WGS 84-)Erdellipsoid

(vergl. (15), Nr. 2.3)

$$a = 6378137$$

$$f = 1 / 298.257222101$$

Erdellipsoid nach KRASSOWSKY

$$a = 6378245$$

$$f = 1 / 298.3$$

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 1-0.2

UMRECHNUNG VON RECHTSWERT (EAST) UND HOCHWERT (NORTH)

=====

DER GAUSS'SCHEN KONFORMEN ABBILDUNG ZU ABSTAND ZU

=====

MITTELMERIDIAN UND AEQUATOR

=====

```
mk = int (y / af)
y' = (y - mk * af - ky) / am
x' = (x - kx) / am
```

```
mk = Meridianstreifenkennziffer (ganzzahlig, abgerundet)
y' = Abstand zum Mittelmeridian (m)
x' = Abstand zum Äquator (m)
y  = Rechtswert (East) im Abbildungssystem
x  = Hochwert (North) im Abbildungssystem
ky = konstanter Zuschlag zum y-wert (m)
kx = konstanter Zuschlag zum x-wert (m)
af = Faktor für Meridianstreifenkennziffer (m)
am = Maßstabsfaktor im Mittelmeridian
as = Breite der Meridianstreifen (Grad)
an = Geographische Länge West des Mittelmeridians des
    ersten Meridianstreifens (Grad)
```

Abbildungsparameter für das Gauß-Krüger-System

```
as = 3
an = 3
af = 10**6
ky = 5 * 10**5
kx = 0
am = 1.000
```

Abbildungsparameter für das UTM

```
as = 6
an = -177
af = 10**6
ky = 5 * 10**5
kx = 0
am = 0.9996
```

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 2-0

=====
STRECKENKORREKTIONEN
=====

MESSBANDSTRECKEN
=====

$$ss = 10^{**}ExpL * (sdm + kk)$$

$$kk = ke + km$$

$$sdm = sd / 10^{**}ExpL$$

ss = korrigierte Strecke (Einheit der Lagekoordinaten)
= Sehne 1

sdm = eingegebene nicht korrigierte Strecke (m)

sd = eingegebene nicht korrigierte Strecke
(Einheit der Lagekoordinaten)

ExpL = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Lagekoordinaten
= Steuerparameter 4.2

kk = Gesamtbetrag der Meßbandkorrektion (m)

ke = Einflüsse bei der Eichung (m)

km = Einflüsse bei der Messung (m)
= 0 , wenn Strecke wegen Durchhangs, Temperatur und
Zugspannung korrigiert

Einflüsse bei der Eichung

$$ke = sdm * bn$$

ke = Summe der Einflüsse bei der Eichung (m)

sdm = eingegebene nicht korrigierte Strecke (m)

bn = normierte Meßbandkonstante (interpoliert)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 2-1

Berechnung der Normierten Meßbandkonstanten

(vergl. (7), S. 56 u. 57, (2), S. 242)

$$b_n = b_a + b_t + b_z + b_d$$

$$b_a = m_k * 10^{-3} / s_e$$

$$b_t = - t_e * d_k * 10^{-6}$$

$$b_z = - z_e / (q_u * e_m * 10^4)$$

$$b_d = s_e^3 (g_m * 10^{-3})^2 / (24 * s_e * z_e^2)$$

b_n = normierte Meßbandkonstante

b_a = Einfluß der Meßbandkonstanten

= 0 , wenn Strecke wegen Meßbandkonstanter korrigiert

b_t = Einfluß der Temperatur bei der Eichung

= 0 , wenn Strecke wegen Durchhangs, Temperatur und
Zugspannung korrigiert

b_z = Einfluß der Zugspannung bei der Eichung

= 0 , wenn Strecke wegen Durchhangs, Temperatur und
Zugspannung korrigiert

b_d = Einfluß des Durchhangs bei der Eichung

= 0 , wenn Strecke wegen Durchhangs, Temperatur und
Zugspannung korrigiert
= 0 , wenn aufliegend geeicht

m_k = Meßbandkonstante (mm)

t_e = Temperatur bei Eichung (Grad C)

z_e = Zugspannung bei Eichung (kp)

d_k = Ausdehnungskoeffizient (10^{-6} m / (m * Grad C))

q_u = Querschnittsfläche (mm²)

e_m = Elastizitätsmodul (10^6 kp / cm²)

g_m = Gewicht / Meter (p / m)

s_e = Solllänge (m) des Bandes

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 2-2

Einflüsse bei der Messung

(vergl. (7), S. 56 u. 57, (2), S. 242)

$$km = kt + kz + kd$$

$$kt = sdm * tm * dk * 10^{** -6}$$

$$kz = sdm * zm / (qu * em * 10^{**4})$$

$$kd = se^{**3} * nl * fa + sr^{**3} * fa$$

$$fa = - (gm * 10^{** -3})^{**2} / (24 * zm^{**2})$$

$$sr = sdm - se * nl$$

$$nl = sdm / se$$

km = Summe Einflüsse bei der Messung (m)

kt = Einfluß der Temperatur bei der Messung (m)

kz = Einfluß der Zugspannung bei der Messung (m)

kd = Einfluß des Durchhangs bei der Messung (m)

= 0 , wenn aufliegend gemessen

sdm = eingegebene nicht korrigierte Strecke (m)

tm = Temperatur bei Messung (Grad C)

zm = Zugspannung bei Messung (kp)

dk = Ausdehnungskoeffizient ($10^{** -6}$ m / (m * Grad C))

qu = Querschnittsfläche (mm^{**2})

em = Elastizitätsmodul (10^{**6} kp / cm^{**2})

gm = Gewicht / Meter (p / m)

se = Solllänge (m) des Bandes

nl = ganzzahlige Anzahl der in sdm enthaltenen
ganzen Meßbandlängen se

sr = Restbetrag von sdm

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 2-3

ELEKTROOPTISCH GEMESSENE DISTANZEN

=====

$$ss = 10^{**}ExpL * (sdm + kk)$$

$$kk = ka + kp + k1 + ks$$

$$sdm = sd / 10^{**}ExpL$$

ss = korrigierte Distanz (Einheit der Lagekoordinaten)

sdm = eingegebene nicht korrigierte Distanz (m)

sd = eingegebene nicht korrigierte Strecke
(Einheit der Lagekoordinaten)

ExpL = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Lagekoordinaten
= Steuerparameter 4.2

kk = Gesamtbetrag der Korrektur (m)

ka = Korrektur wegen Additionskonstanter (m)

= 0 , wenn Distanz wegen Additionskonstanter korrigiert

kp = Korrektur wegen zyklischem Phasenfehler (swing) (m)

= 0 , wenn Distanz wegen Additionskonstanter korrigiert

k1 = 1. Geschwindigkeitskorrektur (m)

oder Maßstabskorrektur (m)

= 0 , wenn Distanz wegen Meteorologie korrigiert

ks = 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur (m)

= 0 , wenn Distanz wegen Meteorologie korrigiert

Korrektur wegen Additionskonstanter

(vergl. (1), B, S. 14)

$$ka = (a1 + a2) * 10^{**-3} / 2$$

ka = Betrag der Additionskonstantenkorrektur (m)

a1 = Additionskonstante aus Eichung vor Meßdatum (mm)

a2 = Additionskonstante aus Eichung nach Meßdatum (mm)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 2-3.1

Korrektion wegen zyklischem Phasenfehler (Swing)

(vergl. (5), S. 204)

$$k_p = k_{11} * \cos(q) + k_{12} * \cos(2 * q) + k_{21} * \sin(q) + k_{22} * \sin(2 * q)$$

$$q = sr * 2 * \pi / 10$$

$$sr = sdm - 10 * nl$$

$$nl = sdm / 10$$

k_p = Betrag der Swingkorrektion (m)
 sdm = eingegebene nicht korrigierte Strecke (m)
 nl = ganzzahlige Anzahl der in sdm enthaltenen ganzen Längen des Feinmaßstabes 10
 sr = Restbetrag von sdm , der größer ist als ein ganzzahliges Vielfaches des Feinmaßstabes (m)
10 = Feinmaßstab (m)

k_{11} =
 k_{12} = Fourierkoeffizienten aus der
 k_{21} = Eichung (m), (interpoliert)
 k_{22} =

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 2-4

1. Geschwindigkeitskorrektur

(vergl. (1), B, S. 13, (16))

$$\begin{aligned}
 k_1 &= s_{dm} * (N_0 - N_L) * 10^{-6} \\
 N_L &= ((273.15 * N_g * p / 1013.25) - 11.27 * e) / (t_t + 273.15) \\
 N_g &= 287.6155 + 4.88660 / \lambda^{**2} + 0.06800 / \lambda^{**4} \\
 e &= E_w' - 0.00066225 * p * (t_t - t_f) \\
 \lg(E_w') &= - 7.90298 * (f_2 - 1) \\
 &\quad + 5.02808 * \lg(f_2) \\
 &\quad - 1.3816 * 10^{-7} * (10^{**e_1} - 1) \\
 &\quad + 8.1328 * 10^{-3} * (10^{**e_2} - 1) \\
 &\quad + \lg(1013.25) \\
 f_2 &= 373.16 / (t_f + 273.16) \\
 e_1 &= 11.344 * (1 - 1 / f_2) \\
 e_2 &= -3.49149 * (f_2 - 1)
 \end{aligned}$$

k_1 = Betrag der 1. Geschwindigkeitskorrektur (m)
 s_{dm} = eingegebene nicht korrigierte Strecke (m)
 N_0 = Gerätekonstante (interpoliert)
 N_L = Gruppenbrechungsindex für elektrooptische Distanzen
 λ = effektive Wellenlänge ($m * 10^{-6}$), (interpoliert)
 p = Luftdruck (hPa)
 e = Dampfdruck (hPa)
 t_t = Trockentemperatur (Grad C)
 t_f = Feuchttemperatur (Grad C)
 e_w = Sättigungsdampfdruck über Wasser (hPa)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 2-5

Maßstabskorrektur

$$k_1 = \text{sdm} * \text{fm} * 10^{** -6}$$

k_1 = Betrag der Maßstabskorrektur (m)
 sdm = eingegebene nicht korrigierte Strecke (m)
 fm = Maßstabskonstante (mm/km), (interpoliert)

2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur

(vergl. (9), S. 185)

$$k_s = \text{sw}^{**3} * (\text{rfl}^{**2} - 2 * \text{rfl}) / (24 * \text{rgv}^{**2})$$

$$\text{sw} = \text{sdm} + k_a + k_p + k_1$$

k_s = Betrag der 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur (m)

sw = gekrümmter Wellenweg (m)

sdm = eingegebene nicht korrigierte Strecke (m)

k_a = Additionskonstantenkorrektur (m)

k_p = Swingkorrektur (m)

k_1 = 1. Geschwindigkeitskorrektur (m)

rfl = Refraktionskoeffizient für Lichtwellen
 = Steuerparameter 5.2

rgv = Mittlerer (Gauß'scher) Krümmungshalbmesser r
 des Bezugsellipsoides (m)

Die 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur ergibt zusammen mit der Erdkrümmungsreduktion (siehe Abschnitt Streckenreduktionen) die Krümmungskorrektur nach (1).

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 2-6

MIKROWELLENDISTANZEN

=====

$$ss = 10^{**}ExpL * (sdm + kk)$$

$$kk = ka + k1 + ks$$

$$sdm = sd / 10^{**}ExpL$$

ss = korrigierte Distanz (Einheit der Lagekoordinaten)

sdm = eingegebene nicht korrigierte Distanz (m)

sd = eingegebene nicht korrigierte Strecke
(Einheit der Lagekoordinaten)

ExpL = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Lagekoordinaten
= Steuerparameter 4.2

kk = Gesamtbetrag der Korrektur (m)

ka = Korrektur wegen Additionskonstanter (m)

= 0 , wenn Distanz wegen Additionskonstanter korrigiert

k1 = 1. Geschwindigkeitskorrektur (m)

ks = 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur (m)

Korrektur wegen Additionskonstanter

siehe elektrooptisch gemessene Distanzen

1. Geschwindigkeitskorrektur

(vergl. (1), A, S. 11)

$$k1 = sdm * (N0 - N) * 10^{**-6}$$

$$N = (p - e) * 77.64 / tk + e * (64.68 / tk) * (1 + 5748 / tk)$$

$$tk = tt + 273.16$$

k1 = Betrag der 1. Geschwindigkeitskorrektur (m)

sdm = eingegebene nicht korrigierte Distanz (m)

N0 = Gerätekonstante (interpoliert)

N = Brechzahl

p = Luftdruck (mbar)

tk = Trockentemperatur (Grad K)

tt = Trockentemperatur (Grad C)

e = Dampfdruck (mbar),

siehe elektrooptisch gemessene Distanzen

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 2-7

2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur

(vergl. (9), S. 185)

$$ks = sw^{**3} * (rfm^{**2} - 2 * rfm) / (24 * rgv^{**2})$$

$$sw = sdm + ka + k1$$

ks = Betrag der 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur (m)

sdm = eingegebene nicht korrigierte Distanz (m)

sw = gekrümmter Wellenweg (m)

ka = Additionskonstantenkorrektur (m)

k1 = 1. Geschwindigkeitskorrektur (m)

rfm = Refraktionskoeffizient für Mikrowellen
= Steuerparameter 5.1

rgv = Mittlerer (Gauß'scher) Krümmungshalbmesser r
des Bezugsellipsoides (m)

Die 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur ergibt zusammen mit der Erdkrümmungsreduktion (siehe Abschnitt Streckenreduktionen) die Krümmungskorrektur nach (1).

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 3-0

=====
STRECKENREDUKTIONEN
=====

NEIGUNGSREDUKTION AUS PUNKTHÖHEN
=====

$$sn = ss + rn$$

$$rn = 10^{ExpL} * (\sqrt{ssm^2 - dhm^2} - ssm)$$

$$dhm = h1 - h2$$

$$ssm = ss / 10^{ExpL}$$

$$h1 = hs / 10^{ExpH} + us + g$$

$$h2 = hz / 10^{ExpH} + uz + r$$

sn = neigungsreduzierte Strecke (Einheit der Lagekoordinaten)

ss = Sehne 1 (Einheit der Lagekoordinaten)

= geradlinige Verbindung von Stand- und Zielpunktinstrument

= eingegebene korrigierte Strecke

ssm = Sehne 1 (m)

rn = Betrag der Neigungsreduktion (Einheit der Lagekoordinaten)

dhm = Höhenunterschied zwischen Stand- und Zielpunktinstrument

h1 = Standpunktinstrumentenhöhe über Bezugsellipsoid (m)

h2 = Zielpunktinstrumentenhöhe über Bezugsellipsoid (m)

hs = Höhe des Standpunktes über Höhenbezugsfläche
(Einheit der Höhen)

us = Undulation des Standpunktes (m)

g = Instrumentenhöhe (m) auf dem Standpunkt

hz = Höhe des Zielpunktes über Höhenbezugsfläche
(Einheit der Höhen)

uz = Undulation des Zielpunktes (m)

r = Instrumentenhöhe (m) auf dem Zielpunkt

ExpL = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Lagekoordinaten
= Steuerparameter 4.2

ExpH = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Höhen
= Steuerparameter 4.3

Die Neigungsreduktion aus Punkthöhen ergibt zusammen mit der Höhenreduktion die Neigungs- und Höhenreduktion nach (1).

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 3-1

NEIGUNGSREDUKTION AUS MESSWERTEN

=====

$$sn = ss + rn$$

$$rn = 10^{**}ExpL * ssm * (\sin (zm / rho) - 1)$$

$$ssm = ss / 10^{**}ExpL$$

sn = neigungsreduzierte Strecke (Einheit der Lagekoordinaten)

ss = Sehne 1 (Einheit der Lagekoordinaten)

= geradlinige Verbindung von Stand- und Zielpunktinstrument

= eingegebene korrigierte Strecke

ssm = Sehne 1 (m)

rn = Betrag der Neigungsreduktion (Einheit der Lagekoordinaten)

zm = Zenitwinkel, reduziert auf Instrumentenhöhen bei der
Streckenmessung, ggf. gemittelt (gon)

ExpL = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Lagekoordinaten
= Steuerparameter 4.2

Berechnung von zm

$$zm = \text{summe} (pi * zi) / \text{summe} (pi), i = 1, n$$

pi = Gewicht des Zenitwinkels zi

zi = aus Meßwert abgeleiteter Zenitwinkel, reduziert auf
Instrumentenhöhen bei der Streckenmessung (gon)

n = Anzahl der Zenitwinkel

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 3-2

Berechnung von z_i aus Zenitwinkeln

(vergl. (10), VermVordruck 52.0 z)

$$z_i = z_s + z_2$$

$$z_s = z_a + z_1 \quad \text{bzw.}$$

$$z_s = 200 - (z_e + z_1)$$

$$z_1 = - ssm * (1 - rfl) * rho / (2 * rgv)$$

$$z_2 = \arcsin ((g - r + iz - is) * \sin (z_s / rho) / ssm) * rho$$

z_a = auf dem Standpunkt der Streckenmessung gemessener Zenitwinkel (gon)

z_e = auf dem Zielpunkt der Streckenmessung gemessener Zenitwinkel (gon)

z_1 = Korrektion des Zenitwinkels wegen Erdkrümmung und Refraktion (gon)

ssm = Sehne l (m)

= geradlinige Verbindung von Stand- und Zielpunktinstrument

rfl = Refraktionskoeffizient für Lichtwellen
= 0.13

rgv = mittlerer (Gauß'scher) Krümmungshalbmesser r des Bezugsellipsoides (m)

z_2 = Reduktion des Zenitwinkels auf Instrumentenhöhen bei der Streckenmessung (gon)

g, r = Instrumentenhöhen (m) bei der Streckenmessung

is, iz = Instrumentenhöhen (m) bei der Zenitwinkelmessung

g, is = ... auf dem Standpunkt der Streckenmessung

r, iz = ... auf dem Zielpunkt der Streckenmessung

$$rho = 63.66197... \text{ (gon)}$$

$$pi = 1 / mzi^{**2}$$

mzi = eingegebener mittlerer Fehler des Zenitwinkels (gon)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 3-3

Berechnung der z_i aus eingegebenen Höhenunterschieden

$$z_i = (\arcsin(dsm / ssm) * \rho + 100)$$

$$dsm = g - r + iz - is - dam \quad \text{bzw.}$$

$$dsm = g - r + is - iz + dem$$

$$dam = da / 10^{ExpH}$$

$$dem = de / 10^{ExpH}$$

dam = Höhenunterschied (m) vom Standpunkt der Streckenmessung zum Zielpunkt

dem = Höhenunterschied (m) vom Zielpunkt der Streckenmessung zum Standpunkt

da = eingegebener Höhenunterschied (Einheit der Höhen) vom Standpunkt der Streckenmessung zum Zielpunkt

de = eingegebener Höhenunterschied (Einheit der Höhen) vom Zielpunkt der Streckenmessung zum Standpunkt

ssm = Sehne 1 (m)
= geradlinige Verbindung von Stand- und Zielpunktinstrument

$\rho = 63.66197\dots$ (gon)

g, r = Instrumentenhöhen (m) bei der Streckenmessung

is, iz = Instrumentenhöhen (m) bei der Höhenmessung

g, is = ... auf dem Standpunkt der Streckenmessung

r, iz = ... auf dem Zielpunkt der Streckenmessung

ExpH = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Höhen
= Steuerparameter 4.3

$$pi = (ssm^{**2} - dsm^{**2}) / (\rho * mhm)^{**2}$$

$$mhm = mhi / 10^{ExpH}$$

mhm = eingegebener mittlerer Fehler des eingegebenen Höhenunterschiedes (m)

mhi = eingegebener mittlerer Fehler des eingegebenen Höhenunterschiedes (Einheit der Höhen)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 1.98	Blatt 3-4

HOEHENREDUKTION

=====

$$sh = sn + rh$$

$$rh = sn / \sqrt{(1 + h1 / rgv) * (1 + h2 / rgv)} - sn$$

$$h1 = hs + us + g$$

$$h2 = hz + uz + r$$

$$sh = \text{Sehne 2 (m)}$$

$$sn = \text{neigungsreduzierte Strecke (m)}$$

$$rh = \text{Betrag der Höhenreduktion}$$

$$h1 = \text{Standpunktinstrumentenhöhe über Bezugsellipsoid (m)}$$

$$h2 = \text{Zielpunktinstrumentenhöhe über Bezugsellipsoid (m)}$$

$$hs = \text{Höhe des Standpunktes über Höhenbezugsfläche (m)}$$

$$us = \text{Undulation des Standpunktes (m)}$$

$$g = \text{Instrumentenhöhe (m) auf dem Standpunkt}$$

$$hz = \text{Höhe des Zielpunktes über Höhenbezugsfläche (m)}$$

$$uz = \text{Undulation des Zielpunktes (m)}$$

$$r = \text{Instrumentenhöhe (m) auf dem Zielpunkt}$$

$$rgv = \text{mittlerer (Gauß'scher) Krümmungshalbmesser r des Bezugsellipsoides (m)}$$

Die Höhenreduktion ergibt zusammen mit der Neigungsreduktion aus Punkthöhen die Neigungs- und Höhenreduktion nach (1).

ERDKRUEMMUNGSREDUKTION

=====

$$se = sh + re$$

$$re = sh^3 / (24 * rgv^2)$$

$$se = \text{ellipsoidische Strecke (m)}$$

$$sh = \text{Sehne 2 (m)}$$

$$re = \text{Betrag der Erdkrümmungsreduktion (m)}$$

$$rgv = \text{mittlerer (Gauß'scher) Krümmungshalbmesser r des Bezugsellipsoides (m)}$$

Die Erdkrümmungsreduktion ergibt zusammen mit der 2. Geschwindigkeits- und Bahnkrümmungskorrektur (siehe Abschnitt Streckenkorrekturen) die Krümmungskorrektur nach (1).

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 2.07	Blatt 3-5

REDUKTION AUF DIE ABBILDUNGSEBENE

=====

(vergl. (1), A, S. 14; (6), S. 181; (13), S. 238ff; (14), S. 268f)

$$sg = se + rg$$

$$rg = se * (am / (1/ms) - 1.d0)$$

$$1/ms = 1 - (ry1*ry1 + ry1*ry2 + ry2*ry2) / 6 + eta**2 * tan(gbrm) * rym*dx*dy + rym*rym * (10*rym*rym - 2*dx*dx + 5*dy*dy) / 48$$

$$ry1 = ys' / rgm$$

$$ry2 = yz' / rgm$$

$$rym = (ry1 + ry2) / 2$$

$$dy = ry2 - ry1$$

$$dx = (xz' - xs') / rgm$$

$$ym' = (ys' + yz') / 2$$

$$xm' = (xs' + xz') / 2$$

$$rgm = c / v**2$$

$$v = \text{sqrt}(1 + eta**2)$$

$$eta**2 = e'**2 * \cos**2(gbrm)$$

sg = abbildungsreduzierte Strecke (m)

se = ellipsoidische Strecke (m)

rg = Betrag der Abbildungsreduktion (m)

am = Maßstabsfaktor im Mittelmeridian des Abbildungssystems

ys' = Abstand des Standpunktes vom Mittelmeridian (m)

xs' = Abstand des Standpunktes vom Äquator (m)

yz' = Abstand des Zielpunktes vom Mittelmeridian (m)

xz' = Abstand des Zielpunktes vom Äquator (m)

rgm = mittlerer (Gauß'scher) Krümmungshalbmesser r (m)

(vergl. (1), S. 14 bzw. 16; (6), S. 8 und 12; (14), S. 170)

c = Krümmungshalbmesser am Pol (m)

e'**2 = Quadrat der 2. Exzentrizität des Bezugsellipsoides

gbrm = geographische Breite, berechnet mit den Mittelwerten

ym' und xm'

(vergl. (12), S. 14; (17), S. 79, Iteration nach (18),

(13), S. 80)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 3-6

REDUKTION INS METER DES TP-FELDES

=====

(vergl. (1), A, S. 13)

$$sf = sg + rf$$

$$rf = - sg * mil * 10^{*-6}$$

sf = Strecke im Meter des TP-Feldes (m)

sg = Abbildungsreduzierte Strecke (m)

rf = Reduktionsbetrag (m)

mil = Steuerparameter 13.1

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 2.07	Blatt 3-7

=====
RICHTUNGSREDUKTIONEN / RICHTUNGSWINKELREDUKTIONEN
=====

REDUKTION AUF DIE ABBILDUNGSEBENE
=====

(vergl. (6), S. 180; (13), S. 238ff; (14), S. 268f)

$$bg = be + rg$$

$$rg = \rho * (- (2*ry1 + ry2) * dx / 6 - \eta^2 * \tan(gbrm) * (rym*rym*dy - 2*rym * (dx*dx - dy*dy) / 3) + rym*rym*dx * (2*rym + 3*dy) / 12)$$

$$\begin{aligned} ry1 &= ys' / rgm \\ ry2 &= yz' / rgm \\ rym &= (ry1 + ry2) / 2 \\ dy &= ry2 - ry1 \\ dx &= (xz' - xs') / rgm \\ ym' &= (ys' + yz') / 2 \\ xm' &= (xs' + xz') / 2 \\ rgm &= c / v^{**2} \\ v &= \text{sqrt}(1 + \eta^{**2}) \\ \eta^{**2} &= e'^{**2} * \cos^{**2}(gbrm) \end{aligned}$$

bg = abbildungsreduzierte Richtung bzw. abbildungsreduzierter Richtungswinkel (gon)
be = ellipsoidische (nicht reduzierte) Richtung bzw. nicht reduzierter Richtungswinkel (gon)
rg = Betrag der Abbildungsreduktion (gon)
ys' = Abstand des Standpunktes vom Mittelmeridian (m)
xs' = Abstand des Standpunktes vom Äquator (m)
yz' = Abstand des Zielpunktes vom Mittelmeridian (m)
xz' = Abstand des Zielpunktes vom Äquator (m)
rgm = mittlerer (Gauß'scher) Krümmungshalbmesser r (m) (vergl. (6), S. 8 und 12; (14), S. 170)
c = Krümmungshalbmesser am Pol (m)
e'^{**2} = Quadrat der 2. Exzentrizität des Bezugsellipsoides
gbrm = geographische Breite, berechnet mit den Mittelwerten ym' und xm' (vergl. (12), S. 14; (17), S. 79, Iteration nach (18), (13), S. 80)
rho = 63.66197... (gon)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 2.07	Blatt 3-8

REDUKTION UM DIE MERIDIANKONVERGENZ

=====

(vergl. (13), S. 80, Auflösung der Faktoren nach (18))

$$te = ta + rm$$

$$rm = - cm$$

$$cm = rho * tan(gbrs) * ry * (1 - ry**2 * ((1 + tan**2(gbrs) - eta**2) - ry**2 * (2 + 5*tan**2(gbrs) + 3*tan**4(gbrs)) / 5) / 3)$$

$$ry = ys' / rns$$

$$rns = c / v$$

$$v = \sqrt{1 + eta**2}$$

$$eta**2 = e'**2 * \cos**2(gbrs)$$

te = Richtungswinkel nach Gitternord (gon)

ta = Richtungswinkel nach Geographisch Nord (gon)

rm = Betrag der Reduktion (gon)

cm = Meridiankonvergenz (gon)

ys' = Abstand des Standpunktes vom Mittelmeridian (m)

rns = Querkrümmungshalbmesser N (m)

(vergl. (6), S. 8 und 11)

c = Krümmungshalbmesser am Pol (m)

e'**2 = Quadrat der 2. Exzentrizität des Bezugsellipsoides

gbrs = geographische Breite, berechnet mit den Standpunkt-
koordinaten ys' und xs'

(vergl. (12), S. 14; (17), S. 79, Iteration nach (18),
(13), S. 80)

rho = 63.66197... (gon)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 4-0

=====
BERECHNUNG ELLIPSOIDISCHER STRECKEN
=====

(vergl. (1), A, S. 12)

STRECKE AUS KOORDINATEN
=====

$$\begin{aligned} dy &= y_2 - y_1 \\ dx &= x_2 - x_1 \end{aligned}$$

$$sf = \text{sqrt} (dy**2 + dx**2)$$

sf = Strecke aus Koordinaten (m),
i. a. im Meter des TP-Feldes
y1, y2 = Rechtswerte der Streckenendpunkte (m)
x1, x2 = Hochwerte der Streckenendpunkte (m)

ZURUECKFUEHRUNG AUF ABBILDUNGSREDUZIERTE STRECKE
=====

$$sg = sf / (1 + rf(1))$$

sg = abbildungsreduzierte Strecke (m)
sf = eingebene oder berechnete Strecke
im Meter des TP-Feldes (m)
rf(1) = Betrag der Reduktion ins Meter des TP-Feldes (m),
berechnet mit einer Streckenlänge von 1 m
siehe Abschnitt Streckenreduktionen
= 0 , wenn keine Reduktion ins meter des TP-Feldes
gewünscht

ZURUECKFUEHRUNG AUF ELLIPSOIDISCHE STRECKE
=====

$$se = sg / (1 + rg(1))$$

se = ellipsoidische Strecke (m)
sg = eingegebene oder berechnete abbildungsreduzierte
Strecke (m)
rg(1) = Betrag der Abbildungsreduktion (m),
berechnet mit den Koordinaten der Streckenendpunkte,
berechnet mit einer Streckenlänge von 1 m
siehe Abschnitt Streckenreduktionen
= 0 , wenn keine Abbildungsreduktion gewünscht

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 4-1

=====
BERECHNUNG NEIGUNGSREDUZIERTER STRECKEN
=====

ZURUECKFUEHRUNG AUF SEHNE 2
=====

$$sh = se / (1 + se**2 * re(1))$$

sh = Sehne 2 (m)

se = eingegebene oder berechnete ellipsoidische Strecke (m)

re(1) = Betrag der Erdkrümmungreduktion (m),
berechnet mit einer Streckenlänge von 1 m
siehe Abschnitt Streckenreduktionen

ZURUECKFUEHRUNG AUF NEIGUNGSREDUZIERTE STRECKE
=====

$$sn = sh / (1 + rh(1))$$

sn = neigungsreduzierte Strecke (m)

bzw. Strecke in durchschnittlicher Zielstrahlhöhe (m)

sh = Sehne 2 (m)

rh(1) = Betrag der Höhenreduktion (m),
berechnet mit den Höhen des Stand- und des Zielpunkt-
instrumentes über Bezugsfläche,
berechnet mit einer Streckenlänge von 1 m
siehe Abschnitt Streckenreduktionen

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 4-2

=====
BERECHNUNG ELLIPSOIDISCHER RICHTUNGSWINKEL
=====

RICHTUNGSWINKEL AUS KOORDINATEN
=====

dy = yz - ys
dx = xz - xs

tg = arc tan (dy / dx) * rho

tg = Richtungswinkel (gon), abbildungsreduziert
ys, yz = Rechtswerte von Stand- und Zielpunkt (m)
xs, xz = Hochwerte von Stand- und Zielpunkt (m)
rho = 63.66197... (gon)

ZURUECKFUEHRUNG AUF ELLIPSOIDISCHEN RICHTUNGSWINKEL
=====

te = tg - rg - rm

te = ellipsoidischer Richtungswinkel (gon)
tg = eingegebener oder berechneter abbildungsreduzierter
Richtungswinkel (gon)
rg = Betrag der Abbildungsreduktion (gon),
berechnet mit den Koordinaten von Stand- und Zielpunkt
siehe Abschnitt Richtungsreduktionen
= 0 , wenn keine Abbildungsreduktion gewünscht
rm = Betrag der Reduktion um Meridiankonvergenz (gon),
berechnet mit den Koordinaten von Stand- und Zielpunkt
siehe Abschnitt Richtungsreduktionen
= 0 , wenn keine Abbildungsreduktion gewünscht

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 4-3

=====
STRECKENZENTRIERUNGEN

=====
(vergl. (1), A, S. 12)

$$se(z) = se(e) + se(zk) - se(ek)$$

se(z) = zentrierte ellipsoidische Strecke (m)

se(e) = eingegebene gemessene Strecke (m),
reduziert auf Ellipsoid
siehe Abschnitt Streckenreduktionen

se(zk) = ellipsoidische Strecke (m),
berechnet aus den Koordinaten der Zentren
siehe Abschnitt Berechnung ellipsoidischer Strecken

se(ek) = ellipsoidische Strecke (m),
berechnet aus den Koordinaten der Exzentren
siehe Abschnitt Berechnung ellipsoidischer Strecken

=====
RICHTUNGSZENTRIERUNGEN / RICHTUNGSWINKELZENTRIERUNGEN

=====
(vergl. (10), VermVordruck 4.1 Z)

$$be(z) = be(e) + te(zk) - te(ek)$$

be(z) = zentrierte ellipsoidische Richtung bzw.
zentrierter Richtungswinkel (gon)

be(e) = eingegebene gemessene Richtung bzw.
Richtungswinkel (gon), reduziert auf Ellipsoid

te(zk) = ellipsoidischer Richtungswinkel (gon),
berechnet aus den Koordinaten der Zentren
siehe Abschnitt Berechnung ellips. Richtungswinkel

te(ek) = ellipsoidischer Richtungswinkel (gon),
berechnet aus den Koordinaten der Exzentren
siehe Abschnitt Berechnung ellips. Richtungswinkel

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 4-4

=====
STRECKENMITTELUNGEN
=====

Gruppenmittel

seg = Summe (sei * spi) / Summe (spi), i = 1, n

spi = Summe (pik), k = 1, n

mfg = 1 / sqrt (Summe (spi)), i = 1, n

qii = mfi**2

qik = mfi * mfk * rik

seg = gemittelte ellipsoidische Strecke (m) (Gruppenmittel)

sei = einzelne ellipsoidische Strecke (m)

mfg = mittlerer Fehler des Gruppenmittels
vor der Ausgleichung (m)

pik = Element in i-ter Spalte und k-ter Zeile der invertierten
Varianz-Kovarianz-Matrix Ql

spi = Summe der Elemente in i-ter Spalte der invertierten
Varianz-Kovarianz-Matrix Ql

qii = Gewichtsreziproke der i-ten Strecke in Varianz-
Kovarianz-Matrix Ql

qik = Gewichtungskoeffizient der i-ten und k-ten Strecke in
Varianz-Kovarianz-Matrix Ql

mfi, mfk = eingegebene mittlere Fehler der Strecken (m)

rik = Korrelationskoeffizient

= 0.00 bei Meßbandstrecken

= 0.60 bei elektrooptischen Distanzen

= 0.75 bei Mikrowellendistanzen

i = laufende Nummer der Spalte der Ql-Matrix

= laufende Nummer der einzelnen Strecke

k = laufende Nummer der Zeile der Ql-Matrix

= laufende Nummer der einzelnen Strecke

n = Anzahl der einzelnen Strecken

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 4-5

Gesamtmittel

(vergl. (1), A, S. 16)

$ses = \text{Summe} (sei * pi) / \text{Summe} (pi), i = 1, n$

$pi = 1 / mfi^{**2}$

$mfs = 1 / \text{sqrt} (\text{Summe} (pi)), i = 1, n$

$bm = t * mms$

$mms = \text{sqrt} (\text{spvv} / ((n - 1) * \text{Summe} (pi)))$

$\text{spvv} = \text{Summe} (pi) * ses^{**2} - \text{Summe} (sei * pi) * 2 * ses + \text{Summe} (sei^{**2} * pi)$

$ses = \text{gemittelte ellipsoidische Strecke (m) (Gesamtmittel)}$

$sei = \text{Gruppenmittel oder einzelne ellipsoidische Strecke (m)}$

$mfs = \text{mittlerer Fehler des Gesamtmittels vor der Ausgleichung (m)}$

$pi = \text{Gewicht des Gruppenmittels oder der einzelnen Strecke}$

$mfi = \text{mittlerer Fehler des Gruppenmittels vor der Ausgleichung bzw. eingegebener mittlerer Fehler der einzelnen Strecke (m)}$

$bm = \text{Vertrauensbereich des Gesamtmittels (m)}$

$t = \text{Schwellenwert des Studentischen Testes in Abhängigkeit von der Anzahl der überschüssigen Strecken (siehe (1), a, s. 16)}$

$mms = \text{mittlerer Fehler des Gesamtmittels aus der Mittelung (m)}$

$i = \text{laufende Nummer des Gruppenmittels bzw. der einzelnen Strecke}$

$n = \text{Anzahl der Gruppenmittel und einzelnen Strecken}$

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 4-6

=====
RICHTUNGSMITTELUNGEN
=====

$b_{mj} = \text{Summe } (b_{rij} * p_{ij}) / \text{Summe } (p_{ij}), i = 1, n$
 $b_{rij} = b_{eij} - b_{eil}$
 $m_{fj} = 1 / \text{sqrt } (\text{Summe } (p_{ij})), i = 1, n$
 $p_{ij} = 1 / m_{fij}^{**2}$
 $b_{mj} = t * m_{mj}$
 $m_{mj} = m_{m0} * m_{fj}$
 $m_{m0} = \text{sqrt } (\text{Summe } (p_{ij} * v_{ij}^{**2}) / ((n - 1) * (s - 1))),$
 $i = 1, n, j = 1, s$
 $v_{ij} = b_{mj} - b_{rij} - d_{si}$
 $d_{si} = \text{Summe } (p_{ij} * (b_{mj} - b_{rij})) / \text{Summe } (p_{ij}), j = 1, s$
 $b_{mj} = \text{gemittelte ellipsoidische Richtung (gon) (Gesamtmittel)}$
 $b_{rij} = \text{einzelne, auf erste Richtung des jeweiligen Satzes i}$
 $\text{reduzierte Richtung j (gon)}$
 $b_{eij} = \text{einzelne ellipsoidische Richtung ij (gon)}$
 $b_{eil} = \text{erste Richtung des jeweiligen Satzes i (gon)}$
 $m_{fj} = \text{mittlerer Fehler der gemittelten Richtung j}$
 $\text{vor der Ausgleichung (gon)}$
 $p_{ij} = \text{Gewicht der einzelnen Richtung ij}$
 $m_{fij} = \text{eingegebener mittlerer Fehler der einzelnen}$
 Richtung ij (gon)
 $b_{mj} = \text{Vertrauensbereich der gemittelten Richtung j (gon)}$
 $t = \text{Schwellenwert des Studentschen Testes in Abhängig-}$
 $\text{keit von der Anzahl der überschüssigen Sätze}$
 $(\text{siehe } (1), a, \text{ s. } 16)$
 $m_{mj} = \text{mittlerer Fehler der gemittelten Richtung}$
 $\text{aus der Mittelung (gon)}$
 $m_{m0} = \text{mittlerer Fehler der Gewichtseinheit}$
 aus der Mittelung
 $v_{ij} = \text{Verbesserung der einzelnen Richtung ij (gon)}$
 $i = \text{laufende Nummer des Richtungssatzes}$
 $n = \text{Anzahl der Richtungssätze}$
 $j = \text{laufende Nummer des Zieles}$
 $s = \text{Anzahl der Ziele}$

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 4-7

=====
RICHTUNGSWINKELMITTELUNGEN
=====

$tem_j = \text{Summe } (te_{ij} * p_{ij}) / \text{Summe } (p_{ij}), i = 1, n$
 $mf_j = 1 / \text{sqrt } (\text{Summe } (p_{ij})), i = 1, n$
 $p_{ij} = 1 / mf_{ij}^{**2}$
 $bm_j = t * mm_j$
 $mm_j = mm_0 * mf_j$
 $mm_0 = \text{sqrt } (\text{Summe } (p_{ij} * v_{ij}^{**2}) / ((n - 1) * (s - 1))),$
 $i = 1, n, j = 1, s$
 $v_{ij} = tem_j - te_{ij}$
 $tem_j = \text{gemittelter ellipsoidischer Richtungswinkel (gon)}$
(Gesamtmittel)
 $te_{ij} = \text{einzelner ellipsoidischer Richtungswinkel } ij \text{ (gon)}$
 $mf_j = \text{mittlerer Fehler des gemittelten Richtungswinkels } j$
vor der Ausgleichung (gon)
 $p_{ij} = \text{Gewicht des einzelnen Richtungswinkels } ij$
 $mf_{ij} = \text{eingegebener mittlerer Fehler des einzelnen}$
Richtungswinkels ij (gon)
 $bm_j = \text{Vertrauensbereich des gemittelten Richtungsw. } j \text{ (gon)}$
 $t = \text{Schwellenwert des Studentschen Testes in Abhängig-}$
keit von der Anzahl der überschüssigen Sätze
(siehe (1), a, s. 16)
 $mm_j = \text{mittlerer Fehler des gemittelten Richtungswinkels}$
aus der Mittelung (gon)
 $mm_0 = \text{mittlerer Fehler der Gewichtseinheit}$
aus der Mittelung
 $v_{ij} = \text{Verbesserung des einzelnen Richtungswinkels } ij \text{ (gon)}$
 $i = \text{laufende Nummer des Richtungssatzes}$
 $n = \text{Anzahl der Richtungssätze}$
 $j = \text{laufende Nummer des Zieles}$
 $s = \text{Anzahl der Ziele}$

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 5-0

=====

HOEHENUNTERSCHIEDE VOR DER AUSGLEICHUNG

=====

BERECHNUNG AUS NIVELLIERTEN ODER ABGELEITETEN HOEHENUNTERSCHIEDEN

=====

$$DHa = DHm + 10^{**}ExpH * (i - t)$$

$$DHa = DhM + 10^{**}ExpH * (i - t - DU)$$

$$Dha = DHm + 10^{**}ExpH * (i - t + DU)$$

$$Dha = DhM + 10^{**}ExpH * (i - t)$$

$$DU = Uz - Us$$

DHa = auszugleichender Höhenunterschied über
Höhenbezugsfläche (Einheit der Höhen)

Dha = auszugleichender Höhenunterschied über
Bezugsellipsoid (Einheit der Höhen)

DHm = eingegebener Höhenunterschied, bezogen auf
Höhenbezugsfläche (Einheit der Höhen)

Dhm = eingegebener Höhenunterschied, bezogen auf
Bezugsellipsoid (Einheit der Höhen)

i = Instrumentenhöhe auf dem Standpunkt (m)

t = Instrumentenhöhe auf dem Zielpunkt (m)

DU = Undulationsunterschied (m)
= 0, wenn keine Berücksichtigung gewünscht

Us = Undulation des Standpunktes (m)

Uz = Undulation des Zielpunktes (m)

ExpH = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Höhen
= Steuerparameter 4.3

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 5-1

BERECHNUNG AUS ZENITWINKELN

=====

(vergl. (8), Kap. 16.2)

$$DHa = 10^{**}ExpH * (snm * cot (zb) + i - t + Dr)$$

$$DHa = 10^{**}ExpH * (snm * cot (Zb) + i - t + Dr - DU)$$

$$Dha = 10^{**}ExpH * (snm * cot (zb) + i - t + Dr + DU)$$

$$Dha = 10^{**}ExpH * (snm * cot (Zb) + i - t + Dr)$$

$$Dr = (1 - rfl) * snm^{**2} / (2 * rgv * sin (zb) **2)$$

$$DU = Uz - Us$$

$$zb = z / rho$$

$$Zb = Z / rho$$

$$snm = sn / 10^{**}ExpL$$

DHa = auszugleichender Höhenunterschied über
Höhenbezugsfläche (Einheit der Höhen)

Dha = auszugleichender Höhenunterschied über
Bezugsellipsoid (Einheit der Höhen)

z = eingegebener Zenitwinkel bezogen auf
Höhenbezugsfläche (gon)

Z = eingegebener Zenitwinkel bezogen auf
Bezugsellipsoid (gon)

snm = zur Umrechnung ausgewählte, neigungsreduzierte Strecke
bzw. Strecke in durchschnittlicher Zielstrahlhöhe (m)

sn = zur Umrechnung ausgewählte, neigungsreduzierte Strecke
bzw. Strecke in durchschnittlicher Zielstrahlhöhe (Einheit
der Lagekoordinaten)

siehe Abschnitt Berechnung neigungsreduzierter Strecken

i = Instrumentenhöhe auf dem Standpunkt (m)

t = Instrumentenhöhe auf dem Zielpunkt (m)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 5-1.1

Dr = Einfluß von Erdkrümmung und Refraktion (m)
= 0, wenn korrigiert eingegeben
DU = Undulationsunterschied (m)
= 0, wenn keine Berücksichtigung gewünscht
Us = Undulation des Standpunktes (m)
Uz = Undulation des Zielpunktes (m)
rfl = Refraktionskoeffizient für Lichtwellen
= 0.13
rho = 63.66197... (gon)
rgv = mittlerer (Gauß'scher) Krümmungshalbmesser r
des Bezugsellipsoides (m)
ExpH = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Höhen
= Steuerparameter 4.3
ExpL = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Lagekoordinaten
= Steuerparameter 4.2

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 6-0

=====
FEHLERGLEICHUNGSKOEFFIZIENTEN
=====

STRECKEN
=====

$$v = \frac{d0x}{s0} * (dxz - dxs) + \frac{d0y}{s0} * (dyz - dys) - sv * dqn + (s0 - sv - sv * qn0)$$

$$s0 = \text{sqrt} (d0x**2 + d0y**2)$$

$$d0x = x0z - x0s$$

$$d0y = y0z - y0s$$

v = Verbesserung der Strecke (m)
s0 = Strecke aus Näherungskoordinaten (m)
x0.,y0. = Näherungskoordinaten (m)
dx.,dy. = Koordinatenunbekannte (m)
.s = ... des Standpunktes
.z = ... des Zielpunktes
qn0 = Maßstabsunbekannte (Näherung)
dqn = Maßstabszuschlag
sv = Strecke vor der Ausgleichung (m)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 8.13	Blatt 6-1

RICHTUNGEN / RICHTUNGSWINKEL

=====

$$v = - (d0y * rho / s0**2) * (dxz - dxs) \\ + (d0x * rho / s0**2) * (dyz - dys) \\ + (t0 - or - rv)$$

$$s0 = \text{sqrt} (d0x**2 + d0y**2) \\ t0 = \text{arc tan} (d0y / d0x) * rho$$

$$d0x = x0z - x0s \\ d0y = y0z - y0s$$

v = Verbesserung der Richtung (gon)
s0 = Strecke aus Näherungskoodinaten (m)
x0.,y0. = Näherungskoodinaten (m)
dx.,dy. = Koodinatenunbekannte (m)
.s = ... des Standpunktes
.z = ... des Zielpunktes
t0 = Richtungswinkel aus Näherungskoodinaten (gon)
or = Richtungssatzorientierung (gon)
= 0 für Richtungswinkel
rv = Richtung vor der Ausgleichung (gon)
rho = 63.66197... (gon)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 6-2

HOEHENUNTERSCHIEDE

=====

$$v = dhs - dhz + (d0h - hu)$$

$$d0h = h0z - h0s$$

v = Verbesserung des Höhenunterschieds (Einheit der Höhen)

d0h = Höhenunterschied aus Näherungshöhen (Einheit der Höhen)

h0. = Näherungshöhe (Einheit der Höhen)

dh. = Höhenunbekannte (Einheit der Höhen)

.s = ... des Standpunktes

.z = ... des Zielpunktes

hu = Höhenunterschied vor der Ausgleichung (Einheit der Höhen)

BEWEGLICHE KOORDINATEN, BEWEGLICHE HOEHEN

=====

$$v = dk + (k0 - kv)$$

v = Verbesserung der beweglichen Koordinate/Höhe

dk = Koordinaten-/Höhenunbekannte

k0 = Näherungskordinate/-höhe

kv = eingegebene Koordinate/Höhe

KOORDINATEN-, HOEHENUNBEKANNTE

=====

$$v = dk$$

v = Verbesserung der fingierten Fehlergleichung

dk = Koordinaten-/Höhenunbekannte

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 6-3

FINGIERTE FEHLERGLEICHUNGEN

=====

BEI FREIER LAGENETZAUSGLEICHUNG

=====

(vergl. (3), Kap. 5.4, (4), S. 132)

s_0s = Summe $(x_{0i}^2 + y_{0i}^2)$, $i = 1, n$
 x_{0mi} = $x_{0i} - \text{Summe}(x_{0i}) / n$, $i = 1, n$
 y_{0mi} = $y_{0i} - \text{Summe}(y_{0i}) / n$, $i = 1, n$

v = Verbesserung der fingierten Fehlergleichung (m)
 x_{0mi} = Abstand zum Schwerpunkt in x (m)
 y_{0mi} = Abstand zum Schwerpunkt in y (m)
 x_{0i}, y_{0i} = Näherungskordinaten (m)
 i = laufende Nummer des Neupunktes
 n = Anzahl der Neupunkte

Verschiebung in x und y

v = Summe $(dx_i) / n$, $i = 1, n$
 v = Summe $(dy_i) / n$, $i = 1, n$

Drehung um den Schwerpunkt

v = Summe $(x_{0mi} * dy_i - y_{0mi} * dx_i) / s_0s$, $i = 1, n$

Maßstab

v = Summe $(x_{0mi} * dx_i + y_{0mi} * dy_i) / s_0s$, $i = 1, n$

FINGIERTE FEHLERGLEICHUNGEN

=====

BEI FREIER HOEHENAUSGLEICHUNG

=====

v = Summe (d_{hi}) , $i = 1, n$

v = Verbesserung der fingierten Fehlergleichung
 d_{hi} = Höhenunbekannte
 i = laufende Nummer der Höhenunbekannte
 n = Anzahl der Höhenunbekannten

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 7-0

=====

GEWICHTE UND MITTLERE FEHLER VOR DER AUSGLEICHUNG

=====

$$p = 1 / (mf^{**2})$$

p = Gewicht der Beobachtung vor der Ausglei chung
mf = mittlerer Fehler vor der Ausglei chung
1 = Erwartungswert des Gewichtseinheitsfehlers

STRECKEN

=====

$$mf = mfs * fst$$

mf = mittlerer Fehler der Strecke v. d. A. (m)
mfs = eingebener mittlerer Fehler der Strecke (m)
fst = Überhöhungsfaktor
= Steuerparameter 9.2 für =NAEKO2=
= Steuerparameter 15.2 für =OERMES=
= Steuerparameter 19.2 für =TRINA2=

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 7-1

RICHTUNGEN / RICHTUNGSWINKEL

=====

```

mf      = sqrt(mfr**2 + eze**2) * fri * fnr

eze     = fme * rho / s0
s0      = sqrt(d0x**2 + d0y**2)
d0x     = x0z - x0s
d0y     = y0z - y0s

mf      = mittlerer Fehler der Richtung v. d. A. (gon)
mfr     = eingegebener mittlerer Fehler der Richtung (gon)
eze     = Einfluß des Zieleinstellfehlers (gon)
fme     = Zieleinstellfehler (m)
        = Steuerparameter 9.5 für =NAEKO2=
        = Steuerparameter 15.1 für =OERMES=
        = Steuerparameter 19.1 für =TRINA2=
s0      = Stand-Zielpunkt-Entfernung (m)
x0.,y0. = Koordinaten v. d. Ausgleichung (m)
        .s = ... des Standpunktes
        .z = ... des Zielpunktes
rho     = 63.66197... (gon)
fri     = Überhöhungsfaktor für Richtungen
        = Steuerparameter 9.1 für =NAEKO2=
        = Steuerparameter 15.3 für =OERMES=
        = Steuerparameter 19.3 für =TRINA2=
fnr     = Überhöhungsfaktor für Netzrichtungen
        = 1.0 für =NAEKO2= und =TRINA2=
        = 1.0 für örtliche Richtungen in =OERMES=
        = Steuerparameter 15.4 für Netzrichtungen in =OERMES=

```

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 7-2

HOEHENUNTERSCHIEDE, NIVELLIERT

=====

mf = mhn * fhn

mf = mittlerer Fehler des Höhenunterschieds v. d. A. (Einheit der Höhen)

mhn = eingegebener mittlerer Fehler des nivellierten Höhenunterschiedes (Einheit der Höhen)

fhn = Überhöhungsfaktor
= Steuerparameter 11.1

HOEHENUNTERSCHIEDE, AUS ZENITWINKELN ABGELEITET

=====

(vergl. (8), Kap. 18)

mf = $10^{**}ExpH * \sqrt{(emz + ems + emi + emk)} * fzw$

emz = $(snm * mzi / rho)^{**2}$

ems = $(mfs * \cot(z / rho))^{**2}$

emi = mfi^{**2}

emk = $(snm^{**2} * mfk / (2 * rgv))^{**2}$

snm = $sn / 10^{**}ExpL$

mf = mittlerer Fehler des Höhenunterschieds v. d. A.
(Einheit der Höhen)

emz = Quadrat des Einflusses des mittleren Fehlers des Zenitwinkels

ems = Quadrat des Einflusses des mittleren Fehlers der Strecke

emi = Quadrat des mittleren Fehlers der Instrumentenhöhen

emk = Quadrat des Einflusses des mittleren Fehlers des Refraktionskoeffizienten

mzi = eingegebener mittlerer Fehler des Zenitwinkels (gon)

mfs = mittlerer Fehler der Strecke

= 0.10 (m)

mfi = mittlerer Fehler der Instrumentenhöhen

= 0.01 (m)

mfk = mittlerer Fehler des Refraktionskoeffizienten

= 0.04

snm = zur Umrechnung ausgewählte, neigungsreduzierte Strecke bzw. Strecke in durchschnittlicher Zielstrahlhöhe (m)

sn = zur Umrechnung ausgewählte, neigungsreduzierte Strecke bzw. Strecke in durchschnittlicher Zielstrahlhöhe (Einheit der Lagekoordinaten)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 12.03	Blatt 7-3

z = eingegebener Zenitwinkel (gon)
 rho = 63.66197... (gon)
 rgv = mittlerer (Gauß'scher) Krümmungshalbmesser r
 des Bezugsellipsoides (m)
 fzw = Überhöhungsfaktor
 = Steuerparameter 11.2
 ExpH = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Höhen
 = Steuerparameter 4.3
 ExpL = Exponent zur Umrechnung in die Einheit der Koordinaten
 = Steuerparameter 4.2

BEWEGLICHE KOORDINATEN, BEWEGLICHE HOEHEN

=====

mf = mfk * fbk

 mf = mittlerer Fehler der Koordinate/Höhe v. d. A. (m)
 mfk = eingegebener mittlerer Fehler der Koordinate/Höhe (m)
 fbk = Überhöhungsfaktor
 = Steuerparameter 11.3 für =HOEHE=
 = Steuerparameter 19.4 für =TRINA2=

KOORDINATENUNBEKANNTE

=====

mf = 30 (m)

 mf = mittlerer Fehler v. d. A. (m)

HOEHENUNBEKANNTE

=====

mf = 316 (m)

 mf = mittlerer Fehler v. d. A. (m)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 7-4

FINGIERTE FEHLERGLEICHUNGEN

=====

BEI FREIER LAGENETZAUSGLEICHUNG

=====

Verschiebung in x und y

$$p = n$$

p = Gewicht der fingierten Fehlergleichung v. d. A.

n = Anzahl der Neupunkte

Drehung um den Schwerpunkt und Maßstab

$$p = s_0s$$

s_0s = Summe $(x_{0i}^2 + y_{0i}^2)$, $i = 1, n$

x_{0i} = $x_{0i} - \text{Summe } (x_{0i}) / n$, $i = 1, n$

y_{0i} = $y_{0i} - \text{Summe } (y_{0i}) / n$, $i = 1, n$

p = Gewicht der fingierten Fehlergleichung v. d. A.

x_{0i} = Abstand zum Schwerpunkt in x (m)

y_{0i} = Abstand zum Schwerpunkt in y (m)

x_{0i}, y_{0i} = Näherungskordinaten (m)

i = laufende Nummer des Neupunktes

n = Anzahl der Neupunkte

FINGIERTE FEHLERGLEICHUNG

=====

BEI FREIER HOEHENAUSGLEICHUNG

=====

$$p = 1$$

p = Gewicht der fingierten Fehlergleichung v. d. A.

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 8-0

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

(vergl. (4))

REDUNDANZANTEIL (KONTROLLIERTHEIT)

=====

$$EV = ri * 100$$

$$ri = 1 - pi / pni = pi * qvv$$

$$pni = 1 / ql1$$

EV = Kontrolliertheit (%)

ri = Redundanzanteil

pi = Gewicht der Beobachtung vor der Ausglei chung

pni = Gewicht der Beobachtung nach der Ausglei chung

qvv = Gewichtskoeffizient der Verbesserung

ql1 = Gewichtsreziproke der Beobachtung nach der Ausglei chung

NORMIERTE VERBESSERUNG

=====

$$NV = \text{abs}(vi) / (mf * \text{sqrt}(ri))$$

NV = Normierte Verbesserung

vi = Verbesserung (m), (gon)

mf = mittlerer Beobachtungsfehler vor der Ausglei chung
(m), (gon)

ri = Redundanzanteil

GROBER FEHLER

=====

$$GF = - vi / ri$$

GF = Grober Fehler (m), (gon)

vi = Verbesserung (m), (gon)

ri = Redundanzanteil

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 8-1

EINFLUSS DER BEOBACHTUNG

=====

$$EP = qko * pi * abs(vi) * fk / ri$$

$$fk = 1 \quad \text{bzw.}$$

$$fk = fkr = s0 / rho$$

EP = Einfluß der Beobachtung auf die (relative) Punktlage nach der Ausgleichung (m)

qko = Gewichtsreziproke der Beobachtung nach der Ausgleichung, berechnet aus den auf die Koordinaten reduzierten Fehlergleichungen

pi = Gewicht der Beobachtung vor der Ausgleichung

vi = Verbesserung (m), (gon)

ri = Redundanzanteil

fkr = Faktor für Richtungen

s0 = Stand-Zielpunkt-Entfernung (m)

rho = 63.66197... (gon)

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 9-0

=====
LOKALER MASSSTABSANTEIL
=====

lqp = - Summe (pi * vi) / Summe (pi * si), i = 1, n

lqp = lokaler Maßstabsanteil für Punkt p, berechnet aus Strecken, die von oder nach p gemessen wurden und innerhalb des Bereichs für die Benutzergenauigkeit liegen

pi = Gewicht der Strecke vor der Ausglei chung

vi = Verbesserung (m)

si = Strecke vor der Ausglei chung (m)

i = laufende Nummer der Strecke

n = Anzahl der Strecken

=====
LOKALER NETZMASSSTAB
=====

lnm = (lqp - qn) * 10**6 + mil

lnm = lokaler Netzmaßstab (mm/km)

lqp = lokaler Maßstabsanteil

qn = Maßstabsunbekannte, falls Berechnung gewünscht

mil = Steuerparameter 13.1, falls Strecken vor der Ausglei chung ins Meter des TP-Feldes reduziert wurden

=====
ANTEIL DES NETZMASSSTABS
=====

am = si * (qn - mil * 10**-6)

am = Anteil des Netzmaßstabs (m), bezogen auf das internationale Meter

si = Strecke vor der Ausglei chung (m)

qn = Maßstabsunbekannte, falls Berechnung gewünscht

mil = Steuerparameter 13.1, falls Strecken vor der Ausglei chung ins Meter des TP-Feldes reduziert wurden

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 9-1

=====
LOKALER MITTLERER GEWICHTSEINHEITSFEHLER
=====

$lm_0 = \sqrt{\text{Summe}(p_i * v_i' * v_i') / \text{Summe}(r_i)}$, $i = 1, n$

$v_i' = v_i$ bzw.

$v_i' = v_s + s_i * l_{qp}$

lm_0 = lokaler mittlerer Gewichtseinheitsfehler für Punkt p, berechnet aus allen Beobachtungen, mit denen p bestimmt wurde

v_i' = Verbesserung, ggf. bereinigt um lokalen Maßstabsanteil

p_i = Gewicht der Beobachtung vor der Ausgleichung

r_i = Redundanzanteil

v_s = Verbesserung der Strecke

s_i = Strecke vor der Ausgleichung

l_{qp} = lokaler Maßstabsanteil für Punkt p

i = laufende Nummer der Beobachtung

n = Anzahl der Beobachtungen

=====
LOKALER MITTLERER PUNKTFEHLER
=====

=====
LOKALE MITTLERE KOORDINATENFEHLER
=====

$l_{mp} = l_{m0} * \sqrt{q_{xx} + q_{yy}}$

$l_{my} = l_{m0} * \sqrt{q_{yy}}$

$l_{mx} = l_{m0} * \sqrt{q_{xx}}$

l_{mp} = lokaler mittlerer Punktfehler (m)

l_{my} = lokaler mittlerer Fehler des Rechtswertes (m)

l_{mx} = lokaler mittlerer Fehler des Hochwertes (m)

l_{m0} = lokaler mittlerer Gewichtseinheitsfehler

q_{yy} = Gewichtskoeffizient des Rechtswertes

q_{xx} = Gewichtskoeffizient des Hochwertes

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 9-2

=====
SIGNIFIKANZ DER LAGEÄNDERUNG
=====

$$ns = ds' / \sqrt{((lmp^{**2} + lmp'^{**2}) / 2)}$$

$$ds' = \sqrt{(dy'^{**2} + dx'^{**2})}$$

$$lmp' = \sqrt{(lmy'^{**2} + lmx'^{**2})}$$

ns = Signifikanz der Lageänderung

lmp = lokaler mittlerer Punktfehler aus Berechnung

lmp' = lokaler mittlerer Punktfehler aus Eingabe

lmy' = lokaler mittlerer Fehler des Rechtswertes aus Eingabe

lmx' = lokaler mittlerer Fehler des Hochwertes aus Eingabe

ds' = Lageänderung

dy', dx' = Koordinatenänderungen gegenüber eingegebenen Näherungswerten

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 10-0

=====

MITTLERER GEWICHTSEINHEITSFEHLER IM NETZ

=====

MITTLERER GEWICHTSEINHEITSFEHLER VON BEOBACHTUNGSGRUPPEN

=====

$m_0 = \sqrt{\text{Summe } (p_i * v_i * v_i) / \text{Summe } (r_i)}, i = 1, n$
 $m_{0j} = \sqrt{\text{Summe } (p_i * v_i * v_i) / \text{Summe } (r_i)}, i = 1, n$

m_0 = mittlerer Gewichtseinheitsfehler im Netz,
berechnet aus allen Beobachtungen der Ausgleichung
 m_{0j} = mittlerer Gewichtseinheitsfehler einer Beobachtungs-
gruppe, berechnet aus allen Beobachtungen der
betreffenden Gruppe

p_i = Gewicht der Beobachtung vor der Ausgleichung

v_i = Verbesserung

r_i = Redundanzanteil

i = laufende Nummer der Beobachtung

n = Anzahl der Beobachtungen

Bezirksregierung Köln	PROGRAMMSYSTEM K A T R I N	ANWENDUNGSHANDBUCH	
Abteilung 7 GEObasis.nrw	Formelsammlung	Stand 10.97	Blatt 11-0

=====
MITTLERER ENTFERNUNGSFEHLER
=====

$$msi = m0 * \text{sqrt}(q11) * 10^{**3} / sk$$

msi = mittlerer Entfernungsfehler (m/km)

m0 = mittlerer Gewichtseinheitsfehler im Netz

q11 = Gewichtsreziproke der aus ausgeglichenen Koordinaten berechneten Strecke

sk = Strecke aus ausgeglichenen Koordinaten (m)

=====
DURCHSCHNITTLICHER MITTLERER ENTFERNUNGSFEHLER
=====

$$msp = \text{summe}(msi) / a, i = 1, a$$

msp = durchschnittlicher mittlerer Entfernungsfehler (Benutzergenauigkeit) (m/km) für Punkt p, berechnet aus allen Punktnachbarschaften von p innerhalb des Bereichs für die Benutzergenauigkeit

msi = mittlerer Entfernungsfehler (m/km)

i = laufende Nummer der Punktnachbarschaft

a = Anzahl der Punktnachbarschaften für Punkt p

=====
DURCHSCHNITTLICHE BENUTZERGENAUIGKEIT
=====

$$msn = \text{Summe}(msi) / n, i = 1, n$$

msn = durchschnittlicher mittlerer Entfernungsfehler im Netz (durchschnittliche Benutzergenauigkeit) (m/km), berechnet aus allen Punktnachbarschaften innerhalb des Bereichs für die Benutzergenauigkeit

msi = mittlerer Entfernungsfehler (m/km)

i = laufende Nummer der Punktnachbarschaft

n = Anzahl der Punktnachbarschaften im Netz

