

Beschreibung von Koordinatensystemen für die Vermessung

soweit sie in der Höhlenforschung relevant sind

Hans Sibbert

Inhaltsangabe:

- 1. Vorbemerkung**
- 2. Soldner-Koordinaten**
 - 2.1 Konstruktionsregeln für die Soldner-Koordinaten**
 - 2.2 Fehlerbetrachtung**
- 3. Gauß-Krüger-System**
 - 3.1 Konstruktionsregeln für das Gauß-Krüger-System**
 - 3.2 Konsequenzen für Vermessungen in der Höhlenforschung**
 - 3.2.1 Außenvermessung**
 - 3.2.2 Innenvermessung**
- 4. UTM-System**
 - 4.1 Neuvermessungen**
 - 4.2 Umrechnung alter Gauß-Krüger-Koordinaten**
- 5. Tabellen der Erdellipsoide (Auszüge)**

1. Vorbemerkung

Die Geodäsie bemüht sich, die Lage von Orten auf der Erdoberfläche durch rechtwinklige Koordinatensysteme zu beschreiben. Das ermöglicht die Abbildung der gekrümmten Erdoberfläche in eine Ebene. Diese Abbildung sollte keine oder möglichst geringe Verzerrungen von Längen, Flächen und Winkeln zur Folge haben. Da die Erde aber Kugelform (genauer Rotationsellipsoid) hat, ist eine längentreue Abbildung größerer Gebiete nicht möglich, und Flächen- und Winkeltreue schließen sich gegenseitig aus. Die Verzerrungen werden natürlich um so größer, je größer das Gebiet ist, das in einem einheitlichen Koordinatensystem dargestellt werden soll.

2. Soldner-Koordinaten

Soldnersche Koordinatensysteme haben heute keine praktische Bedeutung mehr, außer daß z.B. der Blattschnitt der Württembergischen Höhenflurkarte 1:2500 auf ihnen beruht. Da aber das übliche Gauß-Krüger-System eine Weiterentwicklung des Soldner-Systems ist und vieles mit ihm gemein hat, sei es doch behandelt.

2.1 Konstruktionsregeln für die Soldner-Koordinaten

Man legt einen Koordinatenursprung = Zentralpunkt fest. Für unser Arbeitsgebiet auf der Schwäbischen Alb war das die Sternwarte auf der Nord-Ost-Ecke der Burg Hohentübingen, Koordinaten im Gauß-Krüger-System: R 3503830 H 5375785, jeweils ± 10 m. Durch diesen Ursprung legt man in geografischer Nord-Süd-Richtung den Hauptmeridian (= x-Achse) des Soldner-Systems. Rechtwinklig dazu und durch den Ursprung verläuft die y-Achse. Die x-Achse teilt man entsprechend der benutzten Maßeinheit in Fuß, Ruten, Meilen, Metern oder Kilometern ein. In den so ermittelten Punkten errichtet man die Senkrechten zur x-Achse. Auch diese teilt man wieder in den obigen Einheiten ein. So erhält man ein rechtwinkliges Gitternetz, aus dem man die Soldner-Koordinaten ablesen kann. Dabei ist zu beachten,

daß die Senkrechten zur x-Achse auf der gekrümmten Erdoberfläche umso dichter zusammen kommen, je weiter man sich von der x-Achse entfernt, während sie bei der Darstellung in der Ebene parallel zueinander verlaufen.

Die Soldner-Koordinaten eines Punktes kann man aber auch ermitteln, indem man von dem Punkt das ellipsoidische Lot auf den Hauptmeridian (die Senkrechte zum Hauptmeridian unter Berücksichtigung der Ellipsoidform) fällt. Für die in der Praxis benutzten kleinen Arbeitsbereiche kann die Erde als kugelförmig betrachtet werden. Dann ist dieses Lot der Großkreis, der durch den betrachteten Punkt verläuft und senkrecht auf dem Hauptmeridian steht. Die Ordinate y ist dann die Länge des Lotes (positiv = östlich, negativ = westlich). Die Abszisse x ist der Abstand zwischen dem Fußpunkt des Lotes und dem Koordinatenursprung (positiv = nördlich, negativ = südlich).

Die so ermittelten Koordinaten sind auf den äußersten Rändern der Topographischen Karten des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg neben den Gauß-Krüger-Koordinaten angegeben oder zumindest angedeutet. Auf den Karten 1:25000 (TK25) erfolgt die Angabe in Metern alle 5 km und in Abständen von 1145,6905m (= 4000 württembergische Landesvermessungsfuß). Letzteres gibt den Blattschnitt der Höhenflurkarte 1:2500 an. Auf den TK50 fehlt die Angabe in Metern und der Blattschnitt der Höhenflurkarte ist nur angedeutet, die Zahlenangaben fehlen.

2.2 Fehlerbetrachtung

Die Ordinaten und der Hauptmeridian werden unverzerrt abgebildet. Die Abszissen werden um so mehr gestreckt, je weiter sie vom Hauptmeridian entfernt sind. Nimmt man als Form der Erde eine Kugel mit dem Radius $R_E = 6370\text{km}$ an, kann der Fehler berechnet werden: Die Abszissen sind dann Parallelkreise zum Hauptmeridian. Diese haben umso geringeren Durchmesser, je weiter sie vom Hauptmeridian entfernt sind ($R_P = R_E \cdot \cos(y/R_E)$). Sie werden aber bei der Abbildung als gleich groß betrachtet. Der relative Fehler des Radius R_P des Parallelkreises und damit auch der auf ihm ermittelten Abszissen ist somit

$$f = 1 - \cos(y/R_E) \approx y^2 / (2 \cdot R_E^2).$$

Werden aber Abszissen und Ordinaten unterschiedlich verzerrt, werden damit auch Winkel verzerrt. Da die Landesvermessung weitestgehend auf Winkelmessungen beruht, und Korrekturrechnungen für Winkelfehler recht kompliziert sind, ist der Bereich, in dem mit Soldner-Koordinaten genau genug gearbeitet werden kann, begrenzt. In der Praxis wurden die Soldner-Systeme auf $\pm 64\text{km}$ in Ost-West-Richtung begrenzt. Abszissen mit diesem Abstand vom Hauptmeridian werden um etwa $f = 64^2 / (2 \cdot 6370^2) = 0,00005 = 5\text{cm/km}$ gedehnt. Für normale Vermessungen war das noch genau genug. Für Präzisionsvermessungen wurden entsprechende Korrekturen berechnet.

3. Gauß-Krüger-System

Grundgedanke des Gauß-Krüger-Systems ist der Wunsch von den eng begrenzten Geltungsbereichen der Soldner-Systeme los zu kommen, und statt der recht willkürlich gewählten Zentralpunkte ein einheitliches System zu bekommen.

Ersteres erreichte man durch die Gauß-Krüger-Projektion, die auch als Transversale Mercator-Projektion bezeichnet wird. Sie ist der von Soldner benutzten Projektion recht ähnlich. Aber um Winkeltreue über größere Bereiche zu erhalten, werden auch die Ordinaten im gleichen Maße gestreckt, wie die Abszissen im Soldner-System. Da jetzt Abszissen und Ordinaten bei gleichem Abstand vom Hauptmeridian um den gleichen Faktor gestreckt werden, ist die Abbildung immer winkeltreu (konform). D.h. bei kleinen Dreiecken sind die Winkel in der Abbildung dieselben wie im Gelände (Bei großen Flächen sind wegen der Krümmung der Erdoberfläche Verzerrungen grundsätzlich nicht zu vermeiden). Winkelkorrekturen sind also nicht erforderlich, wohl aber Längenkorrkturen. Alle gemessenen Strecken werden unabhängig von ihrer Richtung nur entsprechend ihrem mittleren Abstand y_m vom Hauptmeridian um den Faktor $1 + y_m^2 / (2 \cdot R_E^2)$ gedehnt. Da die Dehnung von der Abszisse y abhängt, kann die Mittelung von y nur benutzt werden, wenn die Erstreckung in Ost-West-Richtung nicht zu groß ist. Sonst ermittelt man $y' = y + y^3 / (6 \cdot R_E^2)$.

In Ost-West-Richtung können aber auch hier die zusammenhängenden Geltungsbereiche nicht beliebig groß werden, da sonst die Längenkorrkturen zu groß werden. Deshalb wird die Erdoberfläche in Meridianstreifen aufgeteilt. Das macht den zweiten Teil des Gauß-Krüger-Systems aus. Die willkürlich gewählten Zentralpunkte mit den daraus resultierenden Hauptmeridianen werden durch die systematisch festgelegten Mittelmeridiane der Meridianstreifen abgelöst.

In der Bundesrepublik Deutschland wird als amtliches Vermessungssystem das Gauß-Krüger-System

benutzt, wie es 1923 für Deutschland festgelegt wurde. Die Hauptmeridiane sind die Meridiane mit $n \cdot 3^\circ$ östlicher Länge bezogen auf Greenwich, wobei $n=0,1,2,\dots$ die Kennziffer des Meridianstreifens ist. Die Meridianstreifen umfassen jeweils 2° östlich und westlich dieser Nullmeridiane. In den 1° breiten Überlappungsbereichen hat jeder Punkt zwei mögliche Koordinatenpaare im Gauß-Krüger-System. Dadurch kann auch in Übergangsbereichen zwischen zwei Meridianstreifen mit einem kontinuierlichen Koordinatensystem gearbeitet werden. Nullpunkte sind die Schnittpunkte der Nullmeridiane mit dem Äquator. Wo die Form der Erde (Abweichung von der Kugelform) berücksichtigt werden muß, wird das Besselsche Erdellipsoid von 1841 benutzt.

Teilweise (so z.B. in Österreich) werden die Längengrade nicht von Greenwich aus gezählt, sondern noch, wie früher üblich (z.B. auch bei der Preußischen Landesaufnahme), von Ferro, Kanarische Inseln. Die preußische Landesaufnahme wurde später umgerechnet unter der Annahme, daß Ferro $17^\circ 39' 59,33''$ westlich von Greenwich liegt. Dieser Wert liegt um einige Bogensekunden daneben. In Österreich geht man von $17^\circ 40'$ aus. Im Ostblock (zumindest UdSSR und DDR) wird dem Gauß-Krüger-System das Krassowskische Erdellipsoid von 1946 zu Grunde gelegt.

3.1 Konstruktionsregeln für das Gauß-Krüger-System

Zuerst wird der zu verwendende Hauptmeridian ermittelt, bzw. seine Kennziffer n . Von dem einzuordnenden Punkt wird das ellipsoidische Lot auf diesen Hauptmeridian gefällt. Der Abstand x des Fußpunktes des Lots vom Äquator ist die Abszisse. Sie wird im Gauß-Krüger-System als Hoch-Wert oder H-Wert $H=x$ bezeichnet. Die Länge y des Lotes ist die Ordinate des Punktes. Sie muß noch gestreckt werden: $y' = y + y^3 / (6 \cdot R_E^2)$. Aus n und y' ergibt sich der Rechts- oder R-Wert folgendermaßen: $R = n \cdot 1000000\text{m} + 500000\text{m} + y'$. Darin kann y' bis zu $\pm 223\text{km}$ werden. Die 500km werden zu y' addiert, damit auch bei negativem y' die Kennziffer n des Meridianstreifens die vordere(n) Stelle(n) des R-Werts liefert. Wird bei einer Koordinatenangabe das Kartenblatt mit angegeben, so reicht die Angabe der letzten 5 Vorkommastellen des R- und H-Werts, um einen Punkt eindeutig zu bestimmen.

3.2 Konsequenzen für Vermessungen in der Höhlenforschung

3.2.1 Außenvermessung

Bei der heute üblichen Form der Außenvermessung werden von bekannten Punkten (markante Geländepunkte, trigonometrische Punkte oder sonstige Vermessungspunkte) ausgehend Meßzüge zu den Höhleneingängen gezogen. Die Gauß-Krüger-Koordinaten der Ausgangspunkte sind bekannt (entweder beim Vermessungsamt erfragt oder der TK entnommen).

Bei dieser Art von Vermessung werden Umrechnungen von geografischen Längen und Breiten in Gauß-Krüger-Koordinaten nicht gebraucht. Alle Meßstrecken zusammen sind allenfalls ein paar Kilometer lang. Dadurch sind die Streckungsfaktoren vernachlässigbar, denn der maximale Abstand vom Hauptmeridian ist $1,5^\circ$. Das sind am Äquator 167km und auf der Schwäbischen Alb 112km . Die entsprechenden Streckungsfaktoren sind $1,00034$ bzw. $1,00015$. Die erforderlichen Korrekturen sind also maximal 34cm/km bzw. 15cm/km und damit klein gegenüber anderen Meßfehlern.

Werden die Richtungen der Meßzüge mit dem Kompaß ermittelt, so ist die Nadelabweichung, bzw. die magnetische Mißweisung zu beachten (siehe 3.2.2).

In der Zukunft werden möglicherweise auch in der Höhlenforschung Geräte zum Einsatz kommen, die die Signale von Navigationssatelliten zur Ortsbestimmung benutzen. Die heute verfügbaren Geräte dieser Art liefern die geografische Länge l und Breite f sowie die Höhe über NN. Die Umrechnung von l und f in Gauß-Krüger-Koordinaten erfordert die folgenden Schritte:

- 1) Ermittlung der Kennziffer n des zuständigen Hauptmeridians
- 2) Winkelabstand vom Hauptmeridian: $l' = l - 3 \cdot n$
- 3) Geografische Breite des Fußpunktes des ellipsoidischen Lots:
 $f_F = f + \cos f \cdot \sin f \cdot (1 - \cos l')$
- 4) Ermittlung des Radius R_B des zugehörigen Breitenkreises
- 5) Länge des Lots: $y = R_B \cdot l'$
- 6) R-Wert: $R = n \cdot 1000000 + 500000 + y + y^3 / (6 \cdot R_E^2)$
- 7) Ermittlung des H-Werts der unter 3) errechneten Breite f_F

Bei den Punkten 4 und 7 geht das zu Grunde gelegte Erdellipsoid ein. Es sind dann entsprechend komplizierte Rechnungen oder geeignete Tabellen erforderlich. Solche Tabellen für die drei wesentlichen Ellipsoide und die wichtigsten Breitengrade sind als Anhang beigefügt.

3.2.2 Innenvermessung

Wie schon bei der Außenvermessung gezeigt, sind erst recht bei der Innenvermessung die Streckungsfaktoren vernachlässigbar.

Wichtig ist für Vermessungen in der Höhlenforschung jedoch, daß es im Gauß-Krüger-System eine "Gitter-Nord"-Richtung gibt, die sowohl von der geografischen Nordrichtung als auch von der magnetischen Nordrichtung abweicht. Sie verbindet alle Punkte mit gleichem R-Wert. Auf den Topographischen Karten 1:25000 (TK25) ist dieses Gitter als 1km-Raster eingezeichnet, bzw. auf den neueren im 2km-Raster durch Kreuze angedeutet.

Die Abweichung zwischen Gitter-Nord und geografisch Nord erklärt sich folgendermaßen: Liegen zwei Punkte auf dem gleichen Längengrad l aber auf unterschiedlichen Breitengraden f , so gibt die sie verbindende Linie exakt die geografische Nordrichtung an. Mit zunehmender geografischer Breite (Abstand vom Äquator) werden die Breitenkreise immer kleiner. Unter Annahme der Kugelform ergibt sich der Radius eines Breitenkreises zu $R_B = R_E \cdot \cos f$. Liegen die beiden Punkte nicht gerade auf dem Hauptmeridian, so wird auch der Kreisbogen entsprechend kürzer, der zum Winkelabstand l' zwischen Hauptmeridian und Längengrad l gehört. Wegen des geringen Winkelabstandes l' von maximal 2° ist die Länge dieses Kreisbogens praktisch gleich der Länge des eigentlich benötigten ellipsoidischen Lotes und damit gleich der Ordinate des Punktes: $y = l' \cdot R_B$. Da für unterschiedliche Breiten f R_B unterschiedlich ist, sind die beiden Punkte tatsächlich unterschiedlich weit vom Hauptmeridian entfernt und erhalten unterschiedliche R-Werte.

Die Meridiankonvergenz g (Abweichung zwischen Gitter-Nord und geografisch Nord) kann man errechnen, indem man in der Gleichung für y f mit Hilfe der Gleichung $x = R_E \cdot f$ ersetzt, und dann y nach x differenziert:

$$y = l' \cdot R_E \cdot \cos (x / R_E)$$

$$g = dy / dx = -l' \cdot \sin (x / R_E)$$

$$g = -l' \cdot \sin f$$

Auf der nördlichen Erdhälfte wird die geografische Nordrichtung im Gauß-Krüger-System immer zum Hauptmeridian hin gebogen und auf der südlichen Erdhälfte von ihm weg.

Da l' bis zu $\pm 1,5^\circ$ werden kann, und $\sin f$ für die Schwäbische Alb um 0,75 liegt, kann g fast $\pm 1,2^\circ$ werden. Ab BCRA-Grad 4 kann man diese Abweichung also nicht mehr grundsätzlich vernachlässigen. Auf den Höhlenplänen wird meist die geografische Nordrichtung eingezeichnet. Bei Vermessung mit dem Kompaß braucht man als Korrektur die "magnetische Mißweisung" oder "Deklination" D (Abweichung der magnetischen Nordrichtung von der geografischen Nordrichtung). Auf den TK ist aber die "Nadelabweichung" N für die Blattmitte angegeben, also die Abweichung der magnetischen Nordrichtung von der Nordrichtung des Gitters im Gauß-Krüger-System. Nach der Korrektur der magnetischen Vermessung um diese Nadelabweichung erhält man die Gitternordrichtung. Diese ist noch um die obige Meridiankonvergenz g zu korrigieren, um auf die geografische Nordrichtung zu kommen. Wem die obige Formel für die Meridiankonvergenz nicht zusagt, der kann die Meridiankonvergenz auch aus den verschiedenen Skalen am Rande der betreffenden TK ablesen.

Der magnetische Nordpol wandert langsam aber stetig. Dadurch ändert sich die Deklination und damit auch die Nadelabweichung mit der Zeit. Diese Änderung ist auf den TK ebenfalls, zumindest näherungsweise, angegeben. Man sollte deshalb eine möglichst neue TK benutzen und die zeitliche Änderung berücksichtigen. Gibt man auf dem Höhlenplan der Einfachheit halber die magnetische Nordrichtung an, sollte man nicht vergessen, zumindest das Jahr der Vermessung ebenfalls anzugeben.

Dazu ein Beispiel: Der neue Teil der Falkensteiner Höhle wurde im wesentlichen (Hauptgang) 1978 vermessen. Auf der TK7422 von 1979 wird eine Nadelabweichung von $2,5^\circ$ westlich angegeben mit einer jährlichen Abnahme von $0,05^\circ$. Auf der TK7422 von 1986 wird übrigens eine Nadelabweichung von $1,3^\circ$ westlich und eine jährliche Abnahme von $0,11^\circ$ angegeben. Nach den Angaben von 1979 ergibt sich für 1978 eine Nadelabweichung von $2,55^\circ$ westlich. D.h. die magnetische Nordrichtung lag $2,55^\circ$ westlich (bzw. links) von der Gitter-Nord-Richtung des Gauß-Krüger-Systems. Die Blattmitte ist $9^\circ 25' \approx 9,417^\circ$ Ost und $48^\circ 33' = 48,55^\circ$ Nord. Damit ist der Winkelabstand vom Hauptmeridian (9° Ost) $l' \approx 0,417^\circ$. Die Meridiankonvergenz ergibt sich damit zu

$$g = -l' \cdot \sin f \approx -0,417^\circ \cdot \sin 48,55^\circ \approx -0,31^\circ.$$

D.h. die geografische Nordrichtung liegt in der Blattmitte der TK7422 $0,31^\circ$ westlich (bzw. links) von der Gitter-Nord-Richtung des Gauß-Krüger-Systems. Die magnetische Mißweisung bei dieser Vermessung war also $2,24^\circ$ westlich. Angesichts der jährlichen Veränderung und der Meßgenauigkeit sollte man besser nur

2,2° westlich angeben, um nicht eine nicht vorhandene sondern nur errechnete Genauigkeit vorzutäuschen.

Bei der Planerstellung kann die Mißweisung auf zwei verschiedene Arten berücksichtigt werden:

- 1) Bei der Umrechnung der Meßdaten und beim Zeichnen wird mit der magnetischen Nordrichtung gearbeitet. Der Pfeil für geografisch Nord wird dann bei +2,2°, also östlich bzw. rechts von der eigentlich benutzten magnetischen Nordrichtung eingezeichnet.
- 2) Von allen mit dem Kompaß gemessenen Richtungsangaben werden 2,2° abgezogen (magnetisch Nord = 360° magnetisch = 357,8° geografisch) und erst danach werden die Meßdaten umgerechnet.

Will man ein größeres Höhlensystem oder ein Gebiet mit mehreren benachbarten Höhlen in einem Atlassystem darstellen, so baut man dieses sinnvollerweise im Gauß-Krüger-System auf. Dann tritt bei dem oben dargestellten die Nadelabweichung an die Stelle der magnetischen Mißweisung, also 2,55° statt 2,2°. Alles andere gilt unverändert.

4. UTM-System

Das UTM-System (Universal Transverse Mercator System) wird mehr und mehr verwendet, z.B. als amtliches Vermessungssystem in Großbritannien und beim Militär (NATO). Wie schon der Name sagt, wird als Projektion die transversale Mercator-Projektion benutzt, also dieselbe wie im Gauß-Krüger-System.

Im UTM-System wird ebenfalls mit Meridianstreifen gearbeitet. Diese sind jedoch 6° breit und werden anders gezählt. Der 1. Streifen reicht von 180° West bis 174° West, der 31. Streifen von 0° bis 6° Ost, der 32. von 6° Ost bis 12° Ost.

Durch die breiten Meridianstreifen ergeben sich an deren Rändern Streckungsfaktoren bis zu 1,0014. Um die erforderlichen Korrekturen zu verringern, werden alle Strecken mit dem Faktor 0,9996 multipliziert (vorgeschrumpft). Dann liegen Streckungsfaktoren zwischen 0,9996 (auf dem Hauptmeridian) und 1,0010 (am Äquator in 3° Abstand vom Hauptmeridian. Bei etwa 90 km Abstand vom Hauptmeridian ist der Streckungsfaktor 1,0. Der E-Wert (East = Ost) wird im übrigen genauso zusammengesetzt wie der R-Wert bei Gauß-Krüger. Der N-Wert (North = Nord) ist der auf dem Mittelmeridian abgemessene Abstand vom Äquator in Metern multipliziert mit 0,9996.

Eine weitere Abweichung vom Gauß-Krüger-System ist, daß das Hayfordsche Erdellipsoid von 1924 (Internationales Erdellipsoid) zu Grunde gelegt wird.

Noch wird dieses System nicht auf den TK angegeben. Sollte das einst (z.B. durch Vereinheitlichung innerhalb der EG) geschehen, und auch die Koordinaten der trigonometrischen Punkte auf dieses System umgestellt werden, so hat das für die Höhlenvermessung und die Höhlenkataster folgende Konsequenzen:

4.1 Neuvermessungen

Hier gibt es keine Probleme. Die Ausgangskordinaten erhält man nach der Umstellung aus Topographischen Karten oder von den Vermessungsämtern bereits im UTM-System. Alles unter 3.2 gesagte gilt sinngemäß auch für das UTM-System, nur die Umrechnung von geografischer Breite und Länge in UTM-Koordinaten erfolgt etwas anders:

- 1) Ermittlung der Kennziffer n des zuständigen Hauptmeridians
- 2) Winkelabstand vom Hauptmeridian: $l' = 1 - 6 \cdot n + 183$
- 3) Geografische Breite des Fußpunkts des ellipsoidischen Lots:
 $f_F = f + \cos f \cdot \sin f \cdot (1 - \cos l')$
- 4) Ermittlung des Radius R_B des zugehörigen Breitenkreises
- 5) Länge des Lots: $y = R_B \cdot l'$
- 6) Ermittlung der Abszisse x der unter 3) errechneten Breite f_F
- 7) x und y mit 0,9996 multiplizieren
- 8) E-Wert: $E = n \cdot 1000000 + 500000 + y + y^3 / (6 \cdot R_E^2)$
- 9) N-Wert: $N = x$

Bei den Punkten 4 und 6 wird das Internationale Erdellipsoid benutzt.

4.2 Umrechnung alter Gauß-Krüger-Koordinaten

Im Bereich der Schwäbischen Alb ist und bleibt der 9. Grad westlicher Länge der maßgebliche Mittelmeridian. Damit sollte sich relativ wenig ändern (siehe unten). Anders ist das z.B. im Fränkischen und in den Bayerischen Alpen, die jetzt auf den 12. Grad westlicher Länge bezogen sind, sowie der Eifel

und dem Bergischen Land, die auf 3° West bezogen sind. Hier sind aufwendige Umrechnungen erforderlich, die am besten mit einem Computerprogramm erledigt werden.
Für den Bereich der Schwäbischen Alb ergeben sich folgende Änderungen:

- 1) Durch die andere Zählung der Meridianstreifen wird der E-Wert um 29000000 größer als es der R-Wert war (32. statt 3. Streifen). Gibt man das Kartenblatt und nur die letzten 5 Vorkommastellen des E-Wertes an, ändert sich hier nichts.
- 2) Durch das andere Erdellipsoid vergrößern sich die Abstände der Breitenkreise vom Äquator. Für den 48. Grad nördlicher Breite wird der N-Wert 646,2m größer als der H-Wert, beim 49. Grad sind es 662,6m.
- 3) Die Breitenkreise sind beim Internationalen Erdellipsoid ebenfalls größer, und zwar um 0,016%. Die Abstände vom Hauptmeridian werden im gleichen Verhältnis größer.
- 4) Die Schrumpfung aller Maße um den Faktor 0,9996 verringert die Abstände vom Hauptmeridian wieder um 0,04%.
- 5) Ebenfalls durch diese Schrumpfung wird der N-Wert des 48. Grades nördlicher Breite um 2127,2m verringert, der des 49. Grades um 2171,6m.

Zusammengerechnet ergibt das folgende Änderungen:

- 1) Die N-Werte sind um 1481m bei 48°N bzw. 1509m bei 49°N kleiner als die H-Werte des Gauß-Krüger-Systems. Dazwischen muß interpoliert werden.
- 2) Die Abstände vom Hauptmeridian werden um 0,024% kleiner. Die Berechnung des E-Wertes erfordert folgende Schritte: Vom 6-stelligen R-Wert (6. Stelle kann aus der TK entnommen werden) 500000 abziehen. Den Rest (kann negativ werden) mit 0,99976 multiplizieren und dann die 500000 wieder addieren. Das ganze bringt aber maximal 26m Änderung.

Es ist damit zu rechnen, daß bei der Umstellung auch Ungenauigkeiten früherer Landesvermessungen korrigiert werden. Das würde die geografischen Längen und Breiten gegebener Punkte um einige Zehntel Bogensekunden bis einige Bogensekunden verschieben. Eine Bogensekunde entspricht in Ost-West-Richtung etwa 20m, in Nord-Süd-Richtung etwa 30m. Zusätzlich zu den oben angegebenen Koordinatenänderungen können hieraus also noch weitere Verschiebungen um bis zu etwa 100m resultieren.

Die Neufestsetzung der Längen und Breiten gegebener Punkte würde aber auch die Grenzen der Kartenblätter entsprechend verschieben, wenn weiterhin der Blattschnitt der TKs an die geografischen Längen und Breiten gebunden bleiben soll. Konsequenterweise müßten dann auch einige Höhlen neue Katasternummern erhalten, da sie dann auf anderen Kartenblättern liegen.

5. Tabellen der Erdellipsoide (Auszüge)

Alle Angaben in Metern

A = große Halbachse = Äquatorradius

B = kleine Halbachse = halbe Rotationsachse

Besselsches Erdellipsoid, 1841

A = 6377397.155, B = 6356078.963

Breite	Breitenkreise		Längenkreise	Summe=
	Radius	1 Grad	1 Grad	H-Wert
45°	4517044	78837	111129	4984439
46°	4437782	77454	111149	5095568
47°	4357159	76047	111168	5206717
48°	4275198	74616	111187	5317885
49°	4191925	73163	111207	5429073
50°	4107363	71687	111226	5540280
51°	4021540	70189	111245	5651506
52°	3934479	68670		5762751

Internationales Erdellipsoid von Hayford, 1924

A = 6378388.000, B = 6356911.946

Breite	Breitenkreise		Längenkreise	Summe=
	Radius	1 Grad	1 Grad	H-Wert
45°	4517801	78850	111145	4985037
46°	4438527	77467	111165	5096182
47°	4357892	76060	111184	5207347
48°	4275920	74629	111204	5318531
49°	4192634	73175	111223	5429735
50°	4108060	71699	111243	5540959
51°	4022223	70201	111262	5652201
52°	3935150	68681		5763463

Krassowskis Erdellipsoid, 1946

A = 6378245.000, B = 6356863.019

Breite	Breitenkreise		Längenkreise	Summe=
	Radius	1 Grad	1 Grad	H-Wert
45°	4517666	78848	111143	4985032
46°	4438394	77465	111163	5096176
47°	4357760	76057	111182	5207339
48°	4275789	74627	111202	5318521
49°	4192505	73173	111221	5429723
50°	4107932	71697	111241	5540944
51°	4022098	70199	111260	5652185
52°	3935026	68679		5763445

[Inhaltsverzeichnis dieses
Jahresheftes](#)

[Weitere Artikel zu diesem
Themengebiet](#)

[Vorheriger Artikel](#)

[Gesamtübersicht CD-ROM](#)

[Weitere Artikel von diesem Autor](#)

[Nächster Artikel](#)