

# DAS PROBLEM DES DATUMSÜBERGANGS BEIM GRENZÜBERSCHREITENDEN AUSTAUSCH RAUMBEZOGENER DATEN

Norbert RÖSCH

(Dr. Norbert Rösch, Geodätisches Institut, Uni Karlsruhe, Englerstrasse 7, D-76128 Karlsruhe; e-mail [roesch@gik.uni-karlsruhe.de](mailto:roesch@gik.uni-karlsruhe.de))

## 1 EINLEITUNG

Für Planungszwecke ist es immer wieder notwendig, dass zwei benachbarte Staaten ihre digitalen raumbezogenen Daten aus dem grenznahen Bereich miteinander austauschen. Im Normalfall sind die Daten unterschiedlich genau, ihre Aktualität ist nicht gleich und im Weiteren liegt ihnen oftmals auch eine andere Abbildung und ein anderes Datum zu Grunde. Betrachtet man lediglich die beiden zuletzt genannten Aspekte, dann sind zur Schaffung eines gemeinsamen Koordinatensystems für die Datenbasis mehrere Transformationen durchzuführen. Diese sind Gegenstand des vorliegenden Beitrags.

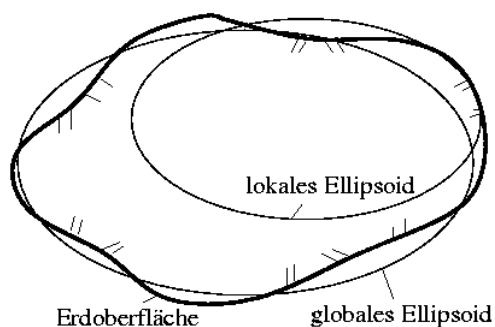
Als Fallbeispiel wird ein Projekt herangezogen, das die saarländische Vermessungsverwaltung und das IGN (INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL) in Frankreich, in Zusammenarbeit mit dem Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe, durchgeführt haben. Die in diesem Projekt auftretenden Fragestellungen und deren Lösungen können allerdings auf viele ähnlich gelagerte Fälle angewendet werden.

## 2 BEZUGSFLÄCHE, ABBILDUNG UND DATUM

Zunächst wird der Begriff der Bezugsfläche näher erläutert. Oftmals werden dafür auch Referenz- oder Rechenfläche als Synonyme verwendet. Die Notwendigkeit für die Einführung einer Bezugsfläche liegt darin begründet, dass die tatsächliche Topographie der Erde einer einfachen mathematischen Beschreibung nicht zugänglich ist. Von daher muss eine Ersatzfläche geschaffen werden, die einerseits die physische Erdoberfläche möglichst gut annähert und zum anderen mathematisch leicht zu fassen ist.

In der geodätischen Praxis haben sich dazu zwei unterschiedliche Bezugsflächen durchgesetzt. Es wird dabei zwischen der Lage und der Höhe unterschieden. Was die Lage anbelangt wird das Rotationsellipsoid verwendet, das durch zwei Formparameter (z. B. die beiden Halbachsen) eindeutig bestimmt ist. Für die Höhenkomponente ist diese Frage nicht mehr so leicht zu beantworten. Da diese aber in GIS (jedenfalls in den meisten Fällen) nur eine untergeordnete Rolle spielt, wird in diesem Zusammenhang auf die weitere Ausführung dieses Sachverhalts verzichtet.

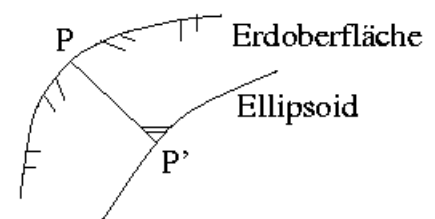
Es sei an dieser Stelle noch darauf hingewiesen, dass die verschiedenen Ellipsoide, die den unterschiedlichen Systemen der Landesvermessungen (im Weiteren oft kurz mit „Systemen“ abgekürzt) zu Grunde liegen, sich in Form, Lage (genauer Lagerung) und Ausrichtung unterscheiden. D. h. die Bezugsflächen sind verschieden, was den Austausch von raumbezogenen Daten, die sich ihrerseits auf derartige Flächen beziehen, erschwert.



1984) durch den zunehmenden Einsatz von GPS an Bedeutung gewinnt, spielen in GIS eine eher untergeordnete Rolle, da die raumbezogenen digitalen Datenbestände überwiegend in „lokalen Systemen“ geführt und auch ausgetauscht werden.

Durch die Definition einer Bezugsfläche mit Hilfe eines entsprechenden Ellipsoids besteht nun die Möglichkeit Punkte (z. B. P) der Erdoberfläche durch eine Vorschrift auf das Ellipsoid zu projizieren (z. B. entlang der Ellipsoidnormalen nach P'). Damit hat man eine

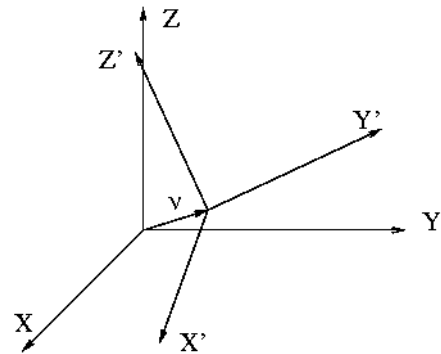
Es bleibt die Frage, warum die verschiedenen Staaten unterschiedliche Rotationsellipsoide einführen. Die Antwort darauf ist im Wesentlichen auf die Form, die Topographie und die Ausdehnung des jeweiligen Staatsgebiets zurückzuführen. Denn die Landesvermessungen versuchen jeweils ein lokal bestanschließendes Ellipsoid zu finden (siehe nebenstehende Grafik). Sogenannte globale Ellipsoide, von denen vor allem das WGS84 (World Geodetic System



Möglichkeit gefundenen Koordinaten (z. B. Geographische Koordinaten) festzulegen, allerdings besteht zur Herstellung von Karten noch die Schwierigkeit, diese Koordinaten in die Ebene abzubilden.

Bereits Leonhard Euler hat festgestellt, dass eine verzerrungsfreie Abbildung der Kugel in die Ebene nicht möglich ist. Aus diesem Grund müssen hier Kompromisse bzgl. der Verzerrung eingegangen werden. Dies betrifft beispielsweise die Flächentreue oder aber die Winkeltreue. Beide Bedingungen können nicht gleichzeitig erfüllt werden. Die Hilfsfläche (Kegel, Ebene oder Zylinder), die bei der Projektion verwendet wird, gibt die Art der Abbildung an. Auch die Frage nach der Wahl der Abbildung kann nicht generell für alle Staaten gleich beantwortet werden. Denn auch hier spielt die Form, Größe und Ausdehnung des Staatsgebiets eine große Rolle.

Als letztes gilt es das Datum noch näher zu erläutern. Rein mathematisch kann das Datum als der Bezug der gewählten Rechenfläche (repräsentiert durch das Ellipsoid) gegenüber einem raumfesten unveränderlichen Koordinatensystem betrachtet werden. Das Datum umfasst damit auch die Ellipsoidparameter, nicht aber die Abbildung. In der geodätischen Praxis erfolgte die Festlegung des Datums in der Vergangenheit über einen Punkt, dessen Länge und Breite aus astronomischen Beobachtungen bestimmt wurde und der Festlegung eines Azimuts zu einem zweiten Punkt. Aus den verschiedensten Gründen führt dies dazu, dass das so definierte Koordinatensystem gegenüber einem raumfesten System um einen bestimmten Betrag gedreht und verschoben ist (siehe nebenstehende Grafik; es wurde wegen der Übersichtlichkeit darauf verzichtet, das Ellipsoid ebenfalls einzuzeichnen).



Das oben ausgeführte macht deutlich, dass damit auch der Datenaustausch zwischen Ländern, die das gleiche Ellipsoid und eventuell die gleiche Abbildung, aber ein anderes Datum, verwenden, nicht ohne weiteres möglich ist. Der hier skizzierte Fall trifft beispielsweise auf Deutschland und Österreich zu. Beide Staaten verwenden das Bessel-Ellipsoid und die Gauss-Krüger-Abbildung, aber gleichzeitig ein anderes Datum.

Die bisherigen Ausführungen machen deutlich, dass es die drei Begriffe Abbildung, Bezugsfläche und Datum sehr genau voneinander zu unterscheiden gilt. Was den Austausch raumbezogener Daten anbelangt, müssen daher alle zuvor genannten Aspekte berücksichtigt werden. Wie dies zu erfolgen hat wird im folgenden Abschnitt erörtert.

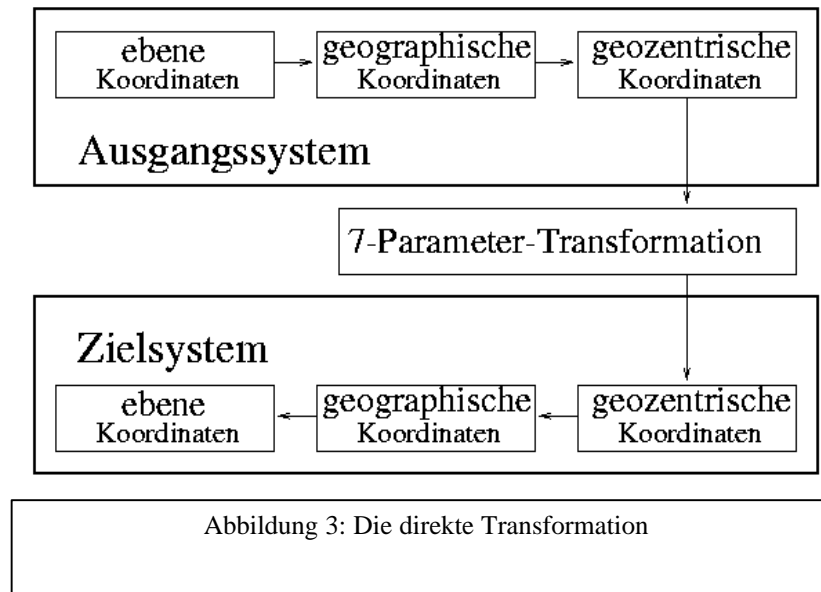
### 3 DIE TRANSFORMATION RAUMBEZOGENER DATEN

Zur Transformation von raumbezogenen Daten in ein anderes Datum wird in der Praxis vor allem der Weg über die 7-Parameter-Transformation (auch Bursa-Wolf-Transformation oder dreidimensionale Ähnlichkeits-Transformation genannt) eingeschlagen. Mit Hilfe dieser Transformation (siehe nachstehende Formel) wird ein Punkt (z. B. der Punkt  $X_a$ ,  $Y_a$  und  $Z_a$ ) im dreidimensionalen Raum, der in einem bestimmten Koordinatensystem gegeben ist, in ein anderes überführt, wobei drei Translationen (jeweils in x-, y- und z-Richtung; in der Formel  $dX$ ,  $dY$  und  $dZ$ ), drei Rotationen (jeweils um die Koordinatenachsen; in der Formel  $R_x$ ,  $R_y$  und  $R_z$ ) und ein Maßstabsfaktor (in der Formel mit  $dm$  bezeichnet) verwendet werden. Diese Parameter werden vielfach von den jeweils zuständigen Vermessungsbehörden für das WGS84 im Internet veröffentlicht, so dass jeder Interessierte darauf zugreifen kann.

$$\begin{pmatrix} X_z \\ Y_z \\ Z_z \end{pmatrix} = (1 + dm) \begin{pmatrix} R_z & R_y & R_x \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_a \\ Y_a \\ Z_a \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{pmatrix}$$

Die hier gewählte Darstellung entspricht einer so genannten cardanschen Drehung, die in dieser Form nur für kleine Winkel gilt, was allerdings in den meisten praktischen Anwendungen zutrifft. Demgegenüber existiert noch eine zweite Art der Drehung, die nach Euler benannt ist. Im Internet sind allerdings zumeist die Parameter der cardanschen Drehung veröffentlicht.

Mit der Kenntnis der Transformationsparameter von einem Ausgangssystem in ein entsprechendes Zielsystem ist auch der umgekehrte Weg gegeben. Da es sich aber um eine dreidimensionale Transformation handelt, muss jeder Punkt, von dem im Allgemeinen nur die Lage in der Ebene bekannt ist (also ein zweidimensionaler Punkt), entsprechend umgeformt werden. Dies kann wie in Abbildung 1 dargestellt erfolgen.

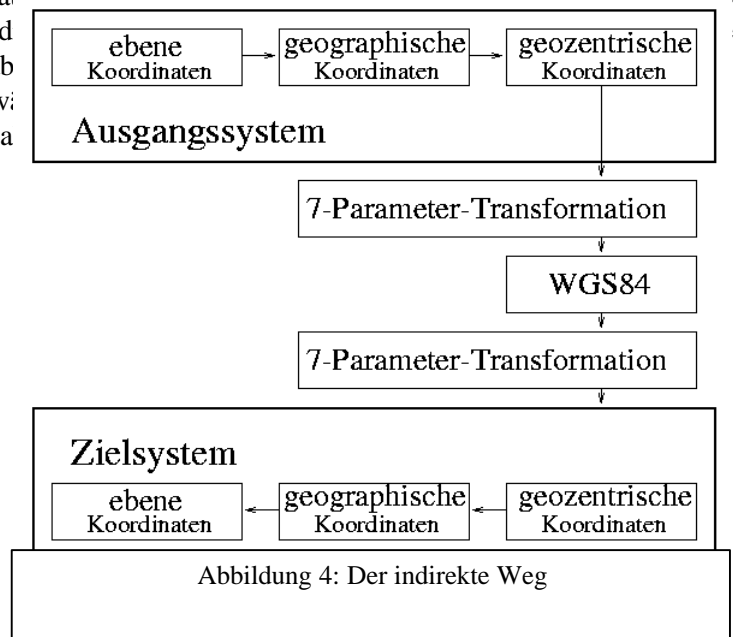


Die im vorangegangenen Abschnitt behandelten Gesichtspunkte kommen dabei an verschiedenen Stellen zum Tragen. So spielt die Abbildung bei der Umrechnung von ebenen in geographische Koordinaten ebenso eine Rolle wie die Form des Ellipsoids. Dieses wird ebenfalls beim Übergang von geographischen in geozentrische Koordinaten verwendet. Damit sind gleichzeitig auch Datumparameter betroffen. Diese wiederum sind auch von der 7-Parameter-Transformation beeinflusst. Im Zielsystem wird das gleiche in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen.

An dieser Stelle ist noch zu bemerken, dass dieser Prozess im Normalfall in beiden Richtungen durchgeführt werden kann. D. h. es ist ebenso möglich das Zielsystem zum Ausgangssystem zu erklären und damit die Koordinaten in die andere Richtung zu transformieren. Entscheidend ist dabei die Kenntnis der 7-Parameter für die dreidimensionale Ähnlichkeits-Transformation. Diese sind, wie bereits erwähnt, im Allgemeinen für das WGS84 bekannt, so dass sich dieses System als Drehscheibe zum Austausch von Koordinaten hervorragend eignet. Unter diesen Voraussetzungen kann man jedes beliebige System erreichen, indem man die dreidimensionale Ähnlichkeits-Transformation zweimal hintereinander ausführt (siehe Abbildung 2).

Liegen für ein bestimmtes Gebiet, dessen Daten transformiert werden sollen, mindestens drei identische Punkte (das sind Punkte, die in beiden Koordinatensystemen die gleichen Werte der 7-Parameter-Transformation daraus ablesen), so ist es im Normalfall vorzuziehen, da man dann die Gewichte der Punkte bestimmen kann. Das Vorhandensein identischer Punkte ist eine Voraussetzung für die direkte Transformation.

#### 4 EIN ANWENDUNGSBEISPIEL



Beim dem hier behandelten Anwendungsbeispiel handelt es sich um ein Projekt, das vom saarländischen Landesamt für Kataster-, Vermessungs-, und Kartenwesen und dem IGN in Zusammenarbeit mit dem Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe durchgeführt wurde. Ziel dieses Projekts war der Austausch von ATKIS-Daten und dem französischen Analogon (genannt BD TOPO) zur Schaffung einer gemeinsamen Datengrundlage für Planungszwecke im grenznahen Bereich. Die Daten beider Behörden lagen im DXF-Format (Schnittstellenformat der Fa. Autodesk) vor.

Die Schwierigkeit, die sich damit für den Datenaustausch ergibt, soll in diesem Absatz kurz skizziert werden. Zunächst verwenden beide am Projekt beteiligten Behörden eine andere Referenzfläche. Für Deutschland ist dies das Bessel-Ellipsoid, während es für Frankreich das von Clarke ist. Ebenso unterscheidet sich die Art der Abbildung. Im Saarland werden die Koordinaten im 2. Streifen des Gauss-Krüger-Systems geführt, der französische Datenbestand enthält demgegenüber Lambert-Koordinaten (es handelt sich dabei um eine konforme Kegelabbildung) der Zone Nord. Des weiteren ist die Lagerung der beiden Ellipsoide in Bezug auf ein raumfestes Koordinatensystem nicht die gleiche. Daraus folgt, dass die Überführung in ein gemeinsames Koordinatensystem nicht ohne Weiteres möglich ist.

Für dieses Projekt stellte das IGN Parameter für eine direkte 7-Parameter-Transformation (siehe Abbildung 1) für den grenznahen Bereich zwischen dem Saarland und Frankreich zur Verfügung. Aus welchen identischen Punkten diese Parameter abgeleitet waren, ging aus einer separaten Koordinatenliste hervor. Mit der Kenntnis der Abbildungsvorschriften der beiden ebenen Koordinatensysteme lagen damit alle Voraussetzungen vor, die zur Transformation der Daten in das jeweils benachbarte System gegeben sein müssen. Da es sich bei den Daten um reine Vektordaten handelte, konnte die Transformation des Gesamtdatenbestandes auf die Transformation der einzelnen Punkte zurückgeführt werden.

Im Detail wird die Folge von Transformationen für den Fall der Integration der französischen Daten in den saarländischen Datenbestand näher ausgeführt. Im einzelnen sind dabei durchzuführen:

Umrechnung der ebenen konformen Lambert-Koordinaten in geographische Koordinaten des Ausgangssystems.

Überführung der geographischen Koordinaten in geozentrische Koordinaten.

Damit kann die 7-Parameter-Transformation angewendet werden. Als Ergebnis erhält man geozentrische Koordinaten im Zielsystem, die in

geographische Koordinaten umzuformen sind, aus denen schließlich

ebene konforme Gauss-Krüger-Koordinaten gewonnen werden.

Diese Vorgehensweise folgt dabei strikt dem in Abbildung 1 vorgeschlagenen Weg. Nach diesen Umformungen liegt allen Objekten (im fachlichen Sinne) ein gemeinsames Koordinatensystem zu Grunde und die Daten können beispielsweise in einem GIS visualisiert werden.

Nachdem die zuvor beschriebenen Transformationen durchgeführt waren, konnten aufgrund der Visualisierung der Daten in den Layern „Verkehr“, „Gebäude“ und „Grenzen“ Punkte identifiziert werden, die sowohl im französischen als auch im deutschen Datenbestand vorhanden waren. Abbildung 3 vermittelt einen Eindruck von deren Lagegenauigkeit. Anhand dieser Punkte war es möglich, die Transformationsparameter und Kolmogoroff-S

Im konkreten Fall (Genauigkeit war da Layer Grenze und Gebäude.

Die damit erzielte angegeben wird. De

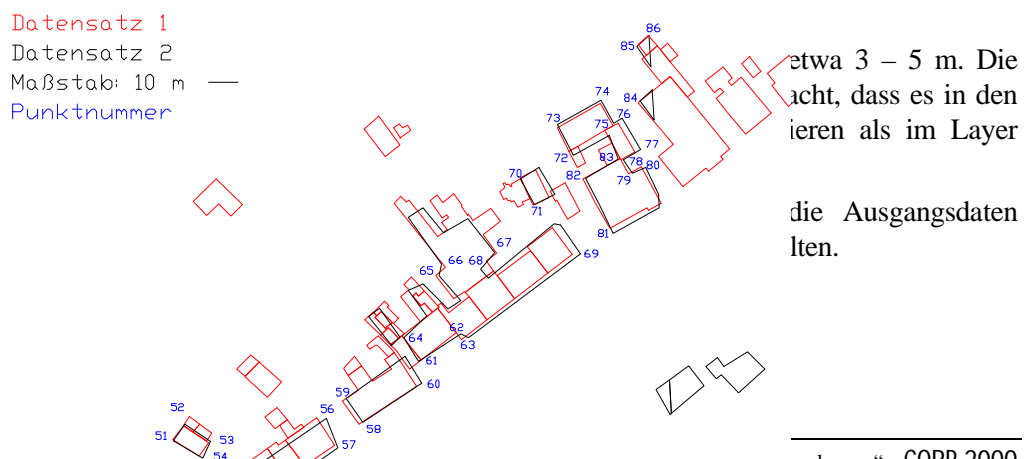


Abbildung 5: Gebäude, die in beiden Datensätzen vorhanden sind

## **5 5 ZUSAMMENFASSUNG**

Beim grenzüberschreitenden Austausch raumbezogener Daten müssen im allgemeinen mehrere Transformationen durchgeführt werden, damit sie in einem gemeinsamen Koordinatensystem zusammengeführt werden können. Die Überführung der Koordinaten in eine andere Darstellung bzw. die Änderung ihrer Parametrisierung bereitet dabei keine Probleme. Schwierigkeiten tauchen erst bei der räumlichen Ähnlichkeits-Transformation auf. Dies ist vor allem auf die schlechte Bestimmbarkeit der Transformations-Parameter zurückzuführen, da diese untereinander hoch korreliert sind. In der überwiegenden Zahl der Fälle sind sie aber für die in GIS geforderten Genauigkeiten völlig ausreichend.

