



**Auftraggeber:**

**Bundesministerium der Verteidigung**  
Referat WV II 7  
Postfach 13 28  
53003 Bonn

**Aufgestellt:**

**rmk**  
**Management Consult**

Breite Str. 32a  
29221 Celle

Telefon : (05141) 88907- 0  
Fax : (05141) 88907- 30

**Hinweis:**

Die Bezeichnungen Liegenschaftsinformationssystem Außenanlagen LISA<sup>®</sup>, ADMIN<sup>®</sup>, GEO POL<sup>®</sup>, SD POL<sup>®</sup>, AS POL<sup>®</sup>, INSA<sup>®</sup>, FIS BoGwS<sup>®</sup>, AS BoGwS<sup>®</sup>, GEO Kanal<sup>®</sup>, AS Kanal<sup>®</sup> und INKA<sup>®</sup> sind registrierte Markennamen der Bundesrepublik Deutschland.



<b>3.5 Kontrolle der Transformation</b> .....	<b>10</b>
3.5.1 Restklaffungen .....	10
3.5.2 Maßstab .....	11
<b>3.6 Nachweis der Transformation</b> .....	<b>11</b>
3.6.1 Transformationen in Verbindung mit GPS-Messungen .....	11
3.6.2 Transformation zur Abgabe von Daten aus dem LISA-Datenbestand.....	12
<b>3.7 Berücksichtigung von Schwerefeldinformationen</b> .....	<b>13</b>
<b>4 Beteiligte Stellen</b> .....	<b>14</b>
4.1 Leitstelle Vermessung .....	14
4.2 Andere Stellen im LISA .....	14
4.3 Externe Ingenieurbüros .....	15
4.4 Stellen der Vermessungs- und Katasterverwaltung .....	15

## Zusammenfassung

Die *Handlungsanweisung zur Koordinatentransformation im LISA* regelt die verfahrenstechnische Vorgehensweise zur Lösung von Transformationsaufgaben im Liegenschaftsinformationssystem Außenanlagen LISA®.

Sie unterstützt schwerpunktmäßig die Bearbeitung von Transformationsaufgaben im Zusammenhang mit der *Abgabe von LISA-Bestandsdaten*, die sich auf ein anderes als das im LISA originär geführte Lagebezugssystem beziehen. Konkret veranlasst wurde die Erstellung durch Nutzeranforderungen zur Bereitstellung von LISA-Bestandsdaten, *deren Lagekoordinaten sich auf das European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) beziehen und mit Hilfe der Universalen Transversalen Mercator (UTM) – Projektion in die Darstellungsebene abgebildet werden*. Ggf. können später auch weitere Referenzsysteme berücksichtigt werden.

Eine vollständige Migration des gesamten LISA-Datenbestands zur Weiterführung in einem neuen Bezugssystem kann ggf. auch auf den hier beschriebenen Verfahren basieren. Eine entsprechende Anforderung wurde bisher noch nicht für das LISA formuliert und deshalb in dieser Handlungsanweisung nicht behandelt.

Mit der Anwendung der Handlungsanweisung wird sichergestellt, dass die in den LISA-Datenbeständen vorhandenen Lagegenauigkeiten der Objektkoordinaten im Ergebnis der Umformung weitgehend gewahrt bleiben. Die vorgestellten Verfahren gewährleisten außerdem, dass die Lage der einzelnen Liegenschaften zueinander nach der Transformation ins Zielsystem ETRS89/UTM auch auf große Entfernungen mit hoher Genauigkeit bekannt ist.

Zur Vorbereitung, Durchführung und Bewertung von Koordinatentransformationen ist vermessungsfachlicher Sachverstand erforderlich. Die vorliegende Handlungsanweisung unterstützt den zuständigen Bearbeiter durch konkrete, auf das LISA-Umfeld bezogene Vorgaben zu den anzuwendenden Transformationsansätzen, zur Auswahl des Stützpunktfeldes, zur Überprüfung des Transformationsergebnisses und zum vollständigen Nachweis der ergebnisrelevanten Transformationsumstände (Transformationsrahmen) für die spätere Nutzung im Rahmen zukünftiger Transformationsaufgaben.

Details zu besonderen, landesspezifischen Voraussetzungen bzw. Handlungsempfehlungen können dem Anhang *Länderspezifische Ergänzungen*, der Bestandteil der *Handlungsanweisung Koordinatentransformation im LISA* ist, entnommen werden.

Aufgrund der als Standardfall vorauszusetzenden Struktur der im LISA vorhandenen Daten wird die 2-dimensionale 4-Parameter-Transformation als Standardverfahren für die Transformation von Lagekoordinaten vorgegeben. Im Einzelfall kann bei großen Stützpunktständen oder zur Kontrolle der ebenen Transformation an ausgewählten Punkten der Einsatz eines räumlichen Transformationsansatzes (7-Parameter-Transformation) ergänzend erforderlich werden. Für spezielle Transformationsaufgaben sind ggf. Sonderlösungen zu entwickeln.

Die Vorbereitung und Dokumentation, ggf. auch die Durchführung von Koordinatentransformationen fallen in den Zuständigkeitsbereich der Leitstelle Vermessung. Diese ist insbesondere für den vollständigen Nachweis bereits durchgeführter Transformationen und die konsequente Bereitstellung einheitlicher Parameter für künftige Transformationen verantwortlich. Die Handlungsanweisung ist ggf. auch Grundlage der zu übertragenden Leistungen an freiberuflich tätige Fachingenieure und als Bestandteil in den Ingenieurvertrag aufzunehmen.

Die Transformation von Höhen ist unabhängig von der Transformation der Lageinformation zu behandeln. Diesbezüglich schildert das vorliegende Dokument zwar das grundsätzliche Vorgehen, im Hinblick auf die vollständige Berücksichtigung der Höheninformationen in LISA-Datenbeständen besteht noch zusätzlicher Konzeptions- bzw. Dokumentationsbedarf.

## 1 Einleitung

LISA-Bestandsdaten werden gemäß den aktuellen Baufachlichen Richtlinien Vermessung (BFR Verm) mit Bezug auf das amtliche Lage- und Höhenreferenzsystem des jeweiligen Bundeslandes erfasst und gespeichert. Die amtlichen Lagebezugssysteme werden zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Handlungsanweisung in der Regel durch die Stationen des Deutschen Hauptdreiecksnetzes (DHDN) oder vergleichbarer Grundlagennetze bzw. deren Verdichtungsstufen realisiert. Zur Verebnung des ellipsoidischen Modells der raumbezogenen Daten wird in der Regel die Gauß-Krüger(GK)-Abbildung angewandt.

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen in Deutschland (AdV) hat beschlossen, das *ETRS89* als bundesweit einheitliches, geodätisches Bezugssystem für Positions- bzw. Lagekoordinaten zu verwenden. Die Länder haben ihre amtlichen Lagebezugssysteme entsprechend diesem Beschluss entweder bereits auf ETRS89/UTM umgestellt oder sind zur Zeit intensiv mit den dazu notwendigen, vorbereitenden Arbeiten beschäftigt. Dabei werden teilweise komplexe Transformationsmodelle aufgestellt, die kurz- bzw. mittelfristig auch den Nutzern außerhalb der Vermessungs- und Katasterverwaltung zur Verfügung gestellt werden.

Zur Lösung der anstehenden Transformationsaufgaben im LISA können diese Transformationsmodelle als Basisdaten dienen, deren Nutzung nicht nur den weiteren amtlichen Bezug der LISA-Bestandsdaten gewährleistet, sondern auch die entstehenden Kosten minimiert. Aufgrund der historisch bedingten, unterschiedlichen Situationen in den einzelnen Ländern differieren sowohl die aktuellen Transformationsvoraussetzungen als auch die beschlossenen Transformationsmodelle und die bis zur abschließenden Realisierung vorgesehenen Zeiträume.

Für die Transformationsaufgaben im LISA wird mit dem vorliegenden Dokument eine einheitliche Vorgehensweise festgelegt, die weitgehend unabhängig von den derzeitigen Situationen in den Ländern bereits jetzt besprochen werden kann. Das Dokument wird ggf. angepasst bzw. erweitert, wenn die abschließenden Lösungen der Vermessungs- und Katasterverwaltungen (VKV) verfügbar sind.

Als neues, amtliches geodätisches Bezugssystem der Höhe ersetzt das System des Deutschen Haupthöhennetzes 1992 (DHHN 92) seit 2002 in den Ländern die jeweiligen Vorgängersysteme. Aufgrund der prinzipiell unterschiedlichen Festlegungen bzw. Ursprünge sind Lage- und Höhenbezug im Hinblick auf Transformationsaufgaben weitgehend unabhängig zu behandeln, auch wenn die jeweils anzuwendenden Transformationsverfahren Gemeinsamkeiten aufweisen. Die vorliegende Handlungsanweisung schildert zwar auch das grundsätzliche Vorgehen zur Höhentransformation, berücksichtigt dabei aber noch nicht alle LISA-spezifischen Umstände. Hier besteht weiterer Konzeptionsbedarf.

Die Handlungsanweisung knüpft an die Vorgaben der BFR Verm zum Einsatz von Messverfahren der Satellitengeodäsie bei der Erfassung von LISA-Bestandsdaten an (BFR Verm, Anlage 1.2). Die dortigen Vorgaben zur Bearbeitung von Transformationsaufgaben werden im Hinblick auf die konsequente Verfügbarkeit einheitlich aufgestellter, vollständig nachgewiesener Transformationsrahmen ergänzt. Der Begriff *Transformationsrahmen* wird in der vorliegenden Handlungsanweisung speziell für Transformations-Aufgaben im LISA-Umfeld als Gesamtheit aller ergebnisrelevanten Umstände eines Transformationsvorgangs eingeführt. Wesentliches Ziel ist die Sicherstellung der eindeutigen Reproduzierbarkeit von Transformationsvorgängen für LISA-Bestandsdaten abgegrenzter Gebiete.

Vorbehaltlich entsprechender Ergänzungen der BFR Verm erweitert die *Handlungsanweisung Koordinatentransformation im LISA* die Vorgaben der BFR Verm um zusätzliche Nachweise, die im Zuge satellitengestützter Vermessungen im Hinblick auf spätere Transformationen beigebracht werden müssen.

Diese Handlungsanweisung geht entsprechend der üblichen Vorgehensweise im LISA von einer liegenschaftsbezogenen Sichtweise für die Transformationsgebiete aus. Die Gebietsgröße einer Bundesliegenschaft ist i.d.R. auf wenige Quadratkilometer beschränkt. Daneben ist zu berücksichtigen, dass für den Hauptanteil der LISA-Bestandsdaten lediglich Grundrissinformationen (2D-Koordinaten bzw. Lagekoordinaten) vorliegen. Höheninformationen werden nur zu besonderen Objekten bzw. Objektpunkten gespeichert. Aufgrund dieser strukturellen Voraussetzungen wird die 2-dimensionale 4-Parameter-Transformation als Standardverfahren für die Transformation der Lagekoordinaten vorgegeben. Für spezielle Transformationsaufgaben, z.B. bei sehr großen oder langgestreckten Liegenschaften sind ggf. Sonderlösungen auf Basis des vorliegenden Dokuments zu entwickeln.

Die Handlungsanweisung sieht auch die Durchführung von 3D-Transformationen vor, diese sind jedoch i.d.R. nicht auf den Gesamtdatenbestand einer Liegenschaft, sondern nur für einzelne ausgewählte Punkte, zu denen Höheninformationen bekannt sind, anwendbar. Ggf. kann mit Hilfe der prinzipiell genaueren 3D-Transformation überprüft werden, ob der Ansatz der ebenen Transformation für das jeweilige Transformationsgebiet im Sinne der Genauigkeitsanforderungen hinreichend ist.

## 2 Aktueller Transformationsbedarf

### 2.1 Nutzeranforderungen

Von verschiedenen Seiten bestehen Anfragen nach der Bereitstellung von LISA-Daten, die sich auf unterschiedliche Koordinaten-Referenzsysteme beziehen. Wie bereits einleitend erwähnt, besteht besonders im Hinblick auf die Bereitstellung von LISA-Daten, die in Bezug auf das European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) koordiniert und mit Hilfe der Universalen Transversalen Mercator (UTM) Abbildung in die ebene Darstellung projiziert sind, Bedarf.

Eine über die Abgabe von LISA-Daten an die Territoriale Wehrverwaltung, die Bundeswehr sowie die Gaststreitkräfte hinausgehende Notwendigkeit zur generellen Umstellung der LISA-Bestandsdaten auf ETRS89/UTM besteht derzeit nicht. Angesichts der mittelfristigen Umstellung der amtlichen Lagebezugssysteme der Vermessungsverwaltungen auf das Referenzsystem ETRS89/UTM, kann auch für das LISA nicht ausgeschlossen werden, dass die Bestandsdaten zukünftig bezogen auf das ETRS89/UTM gespeichert werden. In der Übergangszeit wäre nach der Umstellung unter Umständen noch mit Nutzeranforderungen zur Bereitstellung von LISA-Bestandsdaten mit DHDN/GK Koordinaten zu rechnen („Umkehrung“ der momentanen Situation).

Bezüglich der LISA-Höheninformationen wurden bisher keine konkreten, über die generellen Vorgaben der BFR Verm hinausgehenden Anforderungen zur Abgabe bzw. Speicherung von Höhen im System DHHN92 gestellt. Im Zusammenhang mit der Einführung des DHHN92 als bundesweit einheitliches, amtliches Höhensystem und der geplanten Zusammenführung von LISA-Daten bei der zentralen Leitstelle BAWV ist aber auch hier kurz- bis mittelfristig Transformationsbedarf im LISA-Kontext absehbar.

### 2.2 Genauigkeit

Die in der *Handlungsanweisung Koordinatentransformation im LISA* beschriebenen Verfahren und Transformationsansätze ermöglichen die Umformung von Lagekoordinaten und Höhen mit hoher Genauigkeit. Die vorhandenen inneren Genauigkeiten der Lagekoordinaten von LISA-Bestandsdaten (siehe Vorgaben zur *Genauigkeit der Objektvermessung*, BFR Vermessung 99, Kapitel 3.5) werden weitestgehend gewahrt.

Bei Anwendung des in Kapitel 3 beschriebenen, liegenschaftsbezogenen Transformationsverfahrens kann außerdem davon ausgegangen werden, dass die Lage der einzelnen Liegenschaften

zueinander („Absolutgenauigkeit“) nach der Transformation in ETRS89/UTM auch auf große Entfernungen mit hoher Genauigkeit bekannt ist. Die Genauigkeit des Lagebezugs im Zielsystem kann entsprechend den Anforderungen der BFR Verm gewährleistet werden.

Die tatsächlich erreichbare Genauigkeit hängt wesentlich von der Auswahl repräsentativer Stützpunkte für das jeweilige Transformationsgebiet bzw. der vermessungsfachlichen Steuerung und Bewertung des Transformationsvorgangs durch den zuständigen Bearbeiter ab (3).

## 3 Verfahrensschritte

### 3.1 Wahl des Transformationsansatzes

#### 3.1.1 Lagekoordinaten

##### 3.1.1.1 2D-Transformation

Prinzipiell sind bei der Transformation, sofern zwischen Ausgangssystem und Zielsystem nicht nur Unterschiede in der Kartenprojektion, sondern auch in der Datumsfestlegung bestehen, räumliche Zusammenhänge zu berücksichtigen (3.1.1.2).

Bei kleinen Transformationsgebieten (< 100 km<sup>2</sup>) ist jedoch i.d.R. auch die ebene Transformation von projizierten Daten mit ausreichender Genauigkeit möglich. Die Transformationsparameter (2 Verschiebungen (Translationen), 1 Rotation, 1 Maßstab) werden in diesem Fall direkt aus den ebenen Koordinaten (GK, UTM) berechnet. Ggf. sind die Koordinaten vor der Berechnung der Transformationsparameter entsprechend Abschnitt 3.4 umzurechnen.

Aufgrund der durchschnittlichen Größe der Liegenschaften von wenigen Quadratkilometern wird die ebene 4 Parameter-Transformation als **Standardverfahren für die Transformation von LISA-Bestandsdaten in das ETRS89/UTM** vorgegeben. Neben der Einfachheit der Berechnungsvorschrift zeichnet sich der Ansatz auch durch die Konformität der Daten im Ausgangs- und im Zielsystem aus (Ähnlichkeitstransformation, ebene Helmert-Transformation).

Da die Berücksichtigung eines Maßstabes im Transformationsansatz u.U. zur Veränderung der inneren Geometrie der LISA-Bestandsdaten führen kann, ist dieser Parameter bei der Beurteilung des Transformationsergebnisses gesondert zu berücksichtigen (3.5.2).

Für spezielle Transformationsaufgaben, z.B. bei sehr großen oder langgestreckten Liegenschaften, sind ggf. Sonderlösungen auf Basis des vorliegenden Dokumentes zu entwickeln, z.B. als maschenweise Affintransformation (ebene 6 Parameter-Transformation, siehe auch 3.3.3.3).

##### 3.1.1.2 3D-Transformation

Ein dreidimensionaler Transformationsansatz ist das adäquate Werkzeug, um die bei einem Datumsübergang tatsächlich zu Grunde liegenden, räumlichen Zusammenhänge berücksichtigen zu können. Für die Transformationsaufgaben im LISA ist dieser Ansatz **nur im Ausnahmefall** sinnvoll bzw. erforderlich. (z.B. zur Kontrolle der Ergebnisse der 2D Transformation an ausgewählten Punkten).

Als Standard ist die 7-Parameter-Transformation gebräuchlich, die für den Datumsübergang 3-dimensionalen, kartesischen Koordinaten sowohl Rotationen und Translationen des Referenzellipsoids (jeweils in 3 Achsen) als auch einen Maßstabsparameter berücksichtigt.

Zur Berechnung 3-dimensionaler, kartesischer Koordinaten sind die ellipsoidischen Höhen der Punkte erforderlich. Wenn für einen Punkt nur physikalische Höhen im amtlichen Höhenbezugssystem (DHHN, NN) bekannt sind, müssen zur Berechnung der ellipsoidischen Höhen Schwerefeld-

Informationen (Undulationen) herangezogen werden. Diese sind inzwischen bundesweit auf einem Genauigkeitsniveau von 0,01-0,03m verfügbar (3.7).

Sollen für die zu transformierenden Punkte nur Lagekoordinaten ohne Höhen ermittelt werden, genügt es auch, entweder mit genäherten Undulationen oder mit einem gebietspezifischen Durchschnittswert zu arbeiten. Hierzu können die Undulationen aus bekannten Isoliniendarstellungen graphisch entnommen werden.

Im Fall der LISA-Bestandsdaten sind in vielen Fällen keinerlei Höheninformationen zu Objektpunkten bekannt. Um die Koordinaten dieser Objektpunkte in ein 3-dimensionales, kartesisches System zu überführen, müssten daher ggf. zusätzliche Höheninformationen beschafft werden (Messung, Näherungshöhen über Interpolation aus benachbarten Punkten mit Höheninformationen, Interpolation aus Digitalen Geländemodellen außerhalb des LISA). Näherungshöhen entsprechen i.d.R. nicht den Genauigkeitsanforderungen der BFR Verm und dürfen deshalb nur als „Hilfsgrößen“ für die Umformung der Lagekoordinaten verwendet werden. In keinem Fall dürfen sie im Sinne von LISA-Bestandsdaten genutzt werden, z.B. für Detailplanungen.

Die 3D-Helmert-Transformation hat den wesentlichen Vorteil, unabhängig von der Lage des Transformationsgebietes zu den Mittelmeridianen und von der Größe des Transformationsgebietes zu sein.

Neben der vollständigen 3D-Transformation sind auch 2-Schritt-Verfahren (Lagetransformation und getrennte Höhentransformation) möglich.

### 3.1.2 Höhen

Die Umformungen der Höheninformation können weitgehend analog zur Transformation von Lagekoordinaten durchgeführt werden. Im Regelfall reicht für die liegenschaftsbezogene Transformation das Anbringen eines Additionswertes (1 Parameter) aus, der als Mittelwert aus den Systemunterschieden an Punkten des Liegenschaftsbezogenen Höhenfestpunktfeldes (LHP) bzw. den umliegenden Anschlusspunkten des Grundlagnetzes der VKV berechnet wird.

In Ausnahmefällen, in denen die Systemdifferenzen an den Anschlusspunkten stark differieren, sind für hochgenaue Anforderungen (mm-Genauigkeit) ggf. komplexere Transformationsansätze in Betracht zu ziehen (3 Parameter: 1 Additionswert, 2 Kippungen).

Als Stützpunkte können alle Punkte verwendet werden, für die

- Höhen im bisherigen amtlichen Höhenbezugssystem und im DHHN92 mit ausreichender Genauigkeit bekannt sind und die
- als Anschlusspunkte für die Herstellung des liegenschaftseinheitlichen Höhenbezugs herangezogen wurden bzw. spannungsfrei mit diesen Anschlusspunkten verbunden sind.

Höheninformationen werden im LISA-Datenbestand nicht nur in Form zugeordneter Textobjektteile sondern u.U. auch in Form von Objekten der Objektart „Höhenlinie“ (Folie 801 der BFR Verm) abgelegt. Die Höheninformation wird in diesen Objekten mit Lageinformationen gekoppelt.

Eine Höhentransformation mit Hilfe eines auf die genannte Weise berechneten Additionswertes würde in diesem Fall einen „ungeraden“ Wert für die Höhenangaben der vorhandenen Linien nach sich ziehen. Dies würde jedoch der Objektartendefinition der BFR Verm widersprechen. Um die bisherige Systematik beibehalten zu können, muss demnach der Verlauf einer vorhandenen Höhenlinie im Anschluss an die Transformation der Höhen in seiner Lage verändert bzw. neu ermittelt werden.

## 3.2 Transformationsrahmen

Ein **Transformationsrahmen** im Sinne der vorliegenden Handlungsanweisung umfasst alle ergebnisrelevanten Parameter und Umstände eines Transformationsvorgangs. Der vollständige Nachweis und die konsequente Verwendung der bereits aufgestellten Transformationsrahmen soll

die eindeutige Reproduzierbarkeit von Transformationsvorgängen für LISA-Bestandsdaten abgegrenzter Gebiete sicherstellen.

Wesentlicher Bestandteil eines Transformationsrahmens ist das zur Berechnung der Transformationsparameter verwendete Stützpunktfeld, dessen sachgerechte Zusammenstellung in Bezug auf Transformationsaufgaben im LISA im anschließenden Kapitel 3.3 ausführlich erläutert wird.

### **3.3 Auswahl von Transformations-Stützpunkten**

Bezüglich der Transformation von Höhen wurde die Auswahl geeigneter Transformations-Stützpunkte bereits unter 3.1.2 beschrieben. Die nachfolgenden Ausführungen konzentrieren sich daher im Wesentlichen auf die Auswahl von Stützpunkten für die Transformation von Lagekoordinaten, gelten ggf. aber auch für die entsprechenden Zusammenhänge bei der Höhen transformation.

Zur Gewährleistung des Lagebezugs entsprechend der erforderlichen Genauigkeit ist bei Koordinatentransformationen eine ausreichende Anzahl flächenhaft verteilter, lokaler identischer Punkte (Stützpunkte), deren Koordinaten in beiden Referenzsystemen unabhängig bestimmt wurden, unerlässlich (8-10 Stützpunkte für die Transformation von Lagekoordinaten, 2-4 für die Transformation von Punkthöhen). Der mittlere Punktabstand der Transformations-Stützpunkte sollte wenige Kilometer nicht überschreiten.

#### **3.3.1 Stützpunkte aus vorherigen Transformationen**

Wenn für die betroffene Liegenschaft bereits eine Koordinatentransformation zwischen dem ETRS89 und dem amtlichen Lagebezugssystem stattgefunden hat, sind grundsätzlich die dabei verwendeten Stützpunkte auch für alle weiteren Transformationsaufgaben in diesem Gebiet zu benutzen.

Solche Stützpunkte sollten immer dann vorhanden sein, wenn bei der Anlage des LAP-Feldes oder bei der Erfassung von Bestandsdaten auf dieser Liegenschaft satellitengestützte Messverfahren eingesetzt und die Messung (d.h. hier konkret die Transformation aus dem „originären“ Messungssystem ETRS89 in das im LISA geführte, amtliche Lagebezugssystem) entsprechend Abschnitt 3.6 dieser Handlungsanweisung nachgewiesen wurde.

Die Nachweise werden bei der Leitstelle Vermessung geführt (4.1). Die Leitstelle Vermessung hat im Fall der Beauftragung einer erneuten Vermessung auf einer Liegenschaft dafür zu sorgen, dass dabei anfallende Transformationsaufgaben im ursprünglichen Transformationsrahmen stattfinden. Der ursprüngliche Transformationsrahmen mit den entsprechenden Stützpunkt-Informationen ist dem ausführenden Auftragnehmer zur Verfügung zu stellen.

#### **3.3.2 Auswahl für die erstmalige Transformation**

##### **3.3.2.1 Nutzung vorhandener Punkte**

Eine neue Zusammenstellung von Transformationsstützpunkten erfolgt nur dann, wenn für das betroffene Gebiet noch keine Transformation zwischen den entsprechenden Referenzsystemen stattgefunden hat oder die vorherige Transformation nicht ausreichend dokumentiert wurde, so dass der ursprüngliche Transformationsrahmen nicht reproduziert werden kann.

Prinzipiell sind alle Punkte des LISA-Datenbestands oder der VKV, deren Koordinaten sowohl im ETRS89 als auch im bisherigen amtlichen Lagebezugssystem mit cm-Genauigkeit bekannt sind und durch unabhängige Messungen bestimmt wurden, als Transformationsstützpunkte geeignet.

Konkret sind die folgenden Stützpunktkandidaten in der angegebenen Reihenfolge im Hinblick auf ihre Eignung zu untersuchen.

1. Flächenhaft verteilte Punkte des LAP-Feldes, für die (unabhängige) Koordinaten mit cm-Genauigkeit sowohl im bisherigen amtlichen Bezugssystem als auch im ETRS89 vorliegen.

2. Objektpunkte der LISA-Bestandsdaten, für die (unabhängige) Koordinaten mit cm-Genauigkeit sowohl im bisherigen amtlichen Bezugssystem als auch im ETRS89 vorliegen.
3. (Unabhängig) in beiden Referenzsystemen koordinierte, umliegende Punkte des amtlichen Lagefestpunktfeldes, an die die Vermessung des LAP-Feldes angeschlossen wurde (Durchsicht der vorhandenen Vermessungsunterlagen, laut BFR Verm ist die Vermessung an mindestens drei flächenhaft verteilte Lagefestpunkte der Vermessungsverwaltung in oder im Umfeld der Liegenschaft anzuschließen).
4. (Unabhängig) in beiden Referenzsystemen koordinierte, weiter entfernte Punkte des amtlichen Lagefestpunktfeldes, die spannungsfrei mit dem LAP-Feld bzw. mit den Anschlusspunkten des LAP-Feldes verbunden sind.

Wenn in der jeweils voranstehenden Kategorie keine ausreichende Anzahl flächenhaft verteilter identischer Punkte vorhanden ist, ist die jeweils nachfolgend aufgeführte Punktkategorie in Betracht zu ziehen.

*Zur Unabhängigkeit der Koordinatenbestimmung in den beiden Referenzsystemen:*

Wenn für die Stützpunktkandidaten Koordinaten in beiden Referenzsystemen vorliegen, die aus einer Transformation hervorgegangen sind und gleichzeitig der ursprüngliche Transformationsrahmen nicht mehr reproduzierbar ist (Grundvoraussetzung für Kapitel 3.3.2.1, siehe oben), bilden die noch vorhandenen, transformierten Punkte die bestmögliche Repräsentanz des ursprünglichen Transformationsrahmens und können als Stützpunkte herangezogen werden. Bei der Bewertung des Transformationsergebnisses (3.5) ist dieser Umstand ggf. gesondert zu berücksichtigen.

### **3.3.2.2 Messung zusätzlicher Stützpunkte**

Nur wenn in den unter 3.3.2.1 genannten Gruppen bezogen auf das Transformationsgebiet keine ausreichende Anzahl geeigneter identischer Punkte festgestellt werden kann, ist ggf. die Messung zusätzlicher Punkte in Betracht zu ziehen bzw. aus wirtschaftlicher Sicht gerechtfertigt.

#### **3.3.2.2.1 Fortführungsvermessungen auf bereits erfassten Liegenschaften**

Für eine Liegenschaft, zu der bereits LISA-Bestandsdaten erfasst wurden und für die bisher keine ausreichende Anzahl von Stützpunkten gemäß 3.3.2.1 vorliegt, sind im Zuge der Fortführungsvermessungen zusätzliche Stützpunkte mit Messverfahren der Satellitengeodäsie zu bestimmen. Hierfür sind flächenhaft verteilte Punkte des LAP-Feldes oder Objektpunkte in ausreichender Anzahl (8-10, falls keine weiteren identischen Punkte zur Verfügung stehen) auszuwählen und mit GPS-Messungen im ETRS89 Referenzsystem zu koordinieren. Ggf. können auch in Abhängigkeit vom zu betrachtenden Transformationsgebiet Punkte des umgebenden, bei der ursprünglichen terrestrischen Vermessung angeschlossenen, spannungsfreien Grundlagentznetzes der VKV als neue Stützpunkte ausgewählt werden.

Vor Beauftragung der Vermessung ist in diesem Fall bei der zuständigen VKV nachzufragen, ob und ggf. in welchem Zeitrahmen seitens der Grundlagenvermessung in diesem Bereich weitere Netzverdichtungen geplant sind.

#### **3.3.2.2.2 Neuvermessung von Liegenschaften**

Wenn noch kein LAP-Feld oder sonstige im amtlichen Bezugssystem koordinierte Objektpunkte existieren, und die Punkte des umgebenden Grundlagentznetzes der VKV bisher nur in einem Bezugssystem (i.e. das bisherige amtliche Lagebezugssystem) koordiniert wurden, sind bei der Einrichtung des LAP-Feldes mit Messverfahren der Satellitengeodäsie zusätzliche Messungen auf 8-10 flächenhaft verteilten Punkten des umgebenden Grundlagentznetzes einzuplanen und zu beauftragen bzw. durchzuführen.

Die „direkte“, unabhängige Koordinierung der Punkte des LAP-Feldes über terrestrische Anschlussmessungen an das umgebende, ausschließlich im bisherigen amtlichen Lagebezugssystem

vorliegende Grundlagennetz der VKV ist alternativ möglich. Diese Vorgehensweise wird jedoch wegen des dabei entstehenden, in der Regel höheren Aufwandes nur im Ausnahmefall gerechtfertigt sein.

### 3.3.3 Sonderfälle

#### 3.3.3.1 Stützpunkte nur mit sehr großen Punktabständen verfügbar

In einigen Bundesländern liegen für Teile der Landesfläche auf Seiten der VKV noch keine „verdichteten“ Stützpunkte vor (Anhang *Länderspezifische Ergänzungen*). Zumindest das SAPOS-Netz ist aber für alle Bundesländer flächendeckend eingerichtet. Die Frage nach der flächendeckenden Verfügbarkeit von Transformationsstützpunkten kann daher umformuliert werden in die Frage nach den Punktabständen bzw. der Punktdichte, mit denen Transformationsstützpunkte verfügbar sind.

Es bietet sich an, die vorhandene Punktdichte in Anzahl Stützpunkte/100km<sup>2</sup> anzugeben, da die Größe des Transformationsgebiets maßgeblich für den auszuwählenden Transformationsansatz sein kann (3.1). Als Richtwert für die Verwendung eines ausschließlich ebenen Ansatzes ist eine Punktdichte von mindestens 6 Stützpunkten / 100 km<sup>2</sup> anzusetzen.

##### 3.3.3.1.1 Homogenes Grundlagennetz im Ausgangssystem

Wenn im Ausgangssystem keine Netzspannungen vorhanden sind, kann zunächst ein „lokales“ Stützpunktfeld für die betroffene Liegenschaft angelegt werden. Dazu sind ausgewählte, flächenhaft verteilte Punkte des LAP-Feldes und/oder die bei Anlage des LAP-Feldes einbezogenen Anschlusspunkte der Vermessungsverwaltung über eine räumliche 7-Parameter-Transformation, die auf den verfügbaren, entfernten Stützpunkten basiert, in das ETRS89 zu überführen und anschließend mit Hilfe der UTM-Projektion zu verebnen.

Anschließend können die neu eingefügten Stützpunkte als Basis der ebenen 4-Parameter-Transformation zur Überführung der LISA-Bestandsdaten der betroffenen Liegenschaft genutzt werden.

Nachzuweisen sind in diesem Fall sowohl der Transformationsrahmen der „vorbereitenden“ 3D-Transformation als auch der Transformationsrahmen der darauf basierenden 2D-Transformation der LISA-Bestandsdaten.

##### 3.3.3.1.2 Inhomogenes Grundlagennetz im Ausgangssystem

Wenn die Lage der Liegenschaft in Bezug auf die verfügbaren Stützpunktkoordinaten im Ausgangssystem nicht hinreichend genau bekannt ist, sind – sofern die VKV im Projektzeitrahmen keine zusätzlichen Stützpunkte zur Verfügung stellen kann – zusätzliche Koordinatenbestimmungen (Neumessungen) im Zielsystem auf ausgewählten liegenschaftsbezogenen Aufnahmepunkten und/oder Anschlusspunkten durchzuführen bzw. zu beauftragen.

#### 3.3.3.2 Zwangsfrei gelagerte LAP-Netze

Nach den Vorgaben der BFR Verm ist das Netz der liegenschaftsbezogenen Aufnahmepunkte (LAP-Feld) nicht unmittelbar (unter Zwang) an umgebende Punkte eines inhomogenen, verspannten Grundlagennetzes der VKV anzuschließen. Im Falle eines solchen, zwangsfrei gelagerten Netzes sind die umliegenden, doppelt koordinierten Punkte der VKV für Transformationen ins ETRS89 nur sehr bedingt nutzbar, da sie die Lage der Liegenschaftsobjekte in Bezug auf das amtliche Referenzsystem nur hinsichtlich des Koordinatenschwerpunkts und der Orientierung in der Projektionsebene repräsentieren.

Die zwangsfreie Lagerung, die grundsätzlich im Zuge der Erstvermessung des LAP-Netzes erfolgen kann, beinhaltet prinzipiell einen Transformationsvorgang vom lokalen System der Messung in das amtliche Lagebezugssystem. Laut BFR Verm ist bei inhomogenen, verspannten

Festpunktfeldern in diesem Fall eine ebene 3-Parameter-Transformation (2 Translationen, 1 Rotation) in Ansatz zu bringen. Dabei bleiben die hohen ursprünglichen („inneren“) Genauigkeiten des LAP-Feldes und der daran angeschlossenen Objektvermessung erhalten.

Die Restklaffen an den identischen Punkten im Zuge der Transformation ins ETRS89 decken die vorhandenen Inhomogenitäten weitgehend auf. Wenn die zwangsfreie Lagerung im Zuge der Erstvermessung auf den selben bzw. ähnlichen Stützpunkten beruhte, wie die neuerliche Transformation ins ETRS89, ist davon auszugehen, dass unter Verwendung dieser Punkte eine genaue Abbildung der Liegenschaftsdaten ins ETRS89 möglich ist. Allerdings sollte dann in diesem Fall auch nur über 3 statt der als Standard vorgeschlagenen 4 Parameter transformiert werden, da ein Maßstabsfaktor, der aus einem verspannten Grundlagentnetz der VKV resultiert, die innere Geometrie der LISA-Daten u.U. erheblich verändern kann. Eine Restklaffungsbeseitigung darf nicht stattfinden.

Falls Zweifel bezüglich des ursprünglichen Transformationsrahmens bestehen, sind Koordinierungen neuer Stützpunkte vorzunehmen. Transformationen ins ETRS89, die höchsten Genauigkeitsansprüchen genügen sollen, erfordern in diesem Fall Neumessungen ausgewählter Stützpunkte (Punkte des LAP-Feldes, Objektpunkte auf der Liegenschaft).

### **3.3.3.3 Bereitstellung virtueller Passpunkte durch die Vermessungs- und Katasterverwaltung (VKV)**

Einige Bundesländer haben entschieden, offizielle Transformationsmodelle in Form eines Rasters bzw. Gitters mit virtuellen Stützpunkten zur Verfügung zu stellen. In einigen Fällen wird die Nutzung dieses Rasters als optimale Methode für den Datumsübergang zwischen dem bisherigen amtlichen Lagebezugssystem und dem ETRS89 ausdrücklich empfohlen.

Auch wenn prinzipiell ähnliche Ansätze verfolgt werden, unterscheiden sich die geplanten oder bereits fertiggestellten Transformationsmodule in Details, z.B. in der Maschenweite des berechneten Gitters oder in der Form der Aufbereitung der Stützpunkte bzw. Transformationsparameter. Näheres zu den Einzellösungen wird im Anhang *Länderspezifische Ergänzungen* erläutert. Betroffen sind zur Zeit die Länder Bayern, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern und Rheinland-Pfalz.

## **3.4 Vorbereitende Berechnungen**

### **3.4.1 Umrechnung von Stützpunkt-Koordinaten der VKV**

Die Koordinaten der verfügbaren Stützpunkte werden von den VKV u.U. in verschiedenen Darstellungsarten geführt bzw. abgegeben. ETRS89 Koordinaten sind oft nur als originäre 3D-Koordinaten verfügbar. Die Berechnung bzw. Bereitstellung ebener UTM-Koordinaten, die i.d.R. als Eingabedaten für den ebenen Transformationsansatz benötigt werden, wird teilweise vom Einführungszeitpunkt des ETRS89 als neues amtliches Lagebezugssystem abhängig gemacht.

Falls seitens der VKV keine ETRS89/UTM-Koordinaten bereitgestellt werden können, ist unter Umständen auf Seiten der anderen beteiligten Stellen die Verfügbarkeit entsprechender Umrechnung-Funktionalitäten sicherzustellen.

### **3.4.2 Umrechnung von Koordinaten im Ausgangssystem**

Die nachfolgend genannten Umrechnungsschritte sind ggf. ebenfalls zur Vorbereitung der eigentlichen Transformation durchzuführen. Marktgängige Software-Produkte zur Koordinatentransformation verfügen i.d.R. über entsprechende Funktionalitäten und berücksichtigen diese u.U. automatisch ohne den Anwender besonders darauf hinzuweisen.

### 3.4.2.1 Einheitlicher Mittelmeridian im Ausgangs- und Zielsystem

Wenn sich Ausgangs- und Zielsystem auf unterschiedliche Mittelmeridiane beziehen, sind die Koordinaten des Ausgangssystems ggf. vorher auf den Mittelmeridian des Zielsystems umzurechnen, damit extreme System- bzw. Abbildungsunterschiede vor der Berechnung der eigentlichen Transformation abgeschwächt werden.

*Beispiel:*

Zielsystem: UTM(9°)/ETRS89  
 Ausgangssystem: GK(6°)/DHDN  
 Umrechnung: GK(6°)/DHDN → GK(9°)/DHDN

### 3.4.2.2 Berücksichtigung der unterschiedlichen Kartenprojektionen

Um möglichen Verzerrungen im Transformationsergebnis durch Auswirkungen der unterschiedlichen Kartenprojektionen in Ausgangs- und Zielsystem vorzubeugen, sollten die Koordinaten des Ausgangssystems vor der eigentlichen Transformation auf die Kartenabbildung des Zielsystems umgerechnet werden.

*Beispiel:*

Zielsystem: UTM(9°)/ETRS89  
 Ausgangssystem: GK(9°)/DHDN  
 Umrechnung: GK(9°)/DHDN → UTM(9°)/DHDN

Nach der Vereinheitlichung der Kartenabbildung sollte bei der Berechnung der Transformationsparameter prinzipiell kein signifikanter Maßstab zwischen Ausgangs- und Zielsystem nachweisbar sein. Sollte aus der Transformation dennoch ein signifikanter Maßstab resultieren, so ist dieser im Hinblick auf die durch ihn ggf. verursachten Änderungen der inneren Geometrie der LISA-Bestandsdaten kritisch zu beurteilen (3.5.2).

## 3.5 Kontrolle der Transformation

### 3.5.1 Restklaffungen

Restklaffungen sind ein wesentliches Qualitätskriterium zur Beurteilung eines Transformationsvorgangs. Sie zeigen die Restabweichungen an den Transformationsstützpunkten auf, die nicht mit Hilfe der ausgeglichenen Transformationsparameter modelliert werden konnten.

Grundsätzlich sind die in den BFR Verm im Zusammenhang mit Transformationen von Satellitenmessungen angegebenen Genauigkeitsvorgaben auch für die weiteren Transformationen im LISA-Umfeld anzuhalten. Die zulässigen Abweichungen an den Anschlusspunkten dürfen laut BFR Verm

$$Z_Y, Z_X = \pm 0,020\text{m}$$

betragen. Bei der Ersterstellung eines Transformationsrahmens ist die Stützpunktauswahl ggf. in mehreren Durchläufen zu variieren, um diese Vorgabe zu erreichen (3.3). Nicht repräsentative Stützpunkte sind anhand der vermessungsfachlichen Bewertung der Restklaffungen sowie ggf. unter Heranziehung weiterer geeigneter Schätzverfahren und der Historie der Stützpunktkoordinaten vor der abschließenden Ausgleichung der Transformationsparameter aus dem Stützpunktfeld zu eliminieren.

Nach der abschließenden Ausgleichung sind zur Wahrung des Prinzips der Nachbarschaft die verbleibenden Restabweichungen an den Stützpunkten entsprechend den Vorgaben der BFR Verm abstandsgewichtet auf die transformierten Koordinaten der Umformungspunkte zu verteilen.

Vorhandene Transformationsrahmen, die für eine erneute Transformation bezüglich des selben Transformationsgebietes eingesetzt werden sollen, sind in der Regel unverändert anzuwenden.

### 3.5.2 Maßstab

Als Standardansatz für die Umformung der LISA-Bestandsdaten in das ETRS89/UTM wird die ebene 4-Parameter-Transformation vorgegeben. Dieser Ansatz berücksichtigt 2 Verschiebungen (Translationen), 1 Drehwinkel (Rotation) und 1 Maßstab für die Abbildung des Ausgangssystems auf das Zielsystem.

Geht man für die Stützpunkte von spannungsfreien Koordinaten im Ausgangs- und im Zielsystem aus und werden die Daten des Ausgangssystems vor der Transformation auf den Mittelmeridian bzw. die Kartenprojektion des Zielsystems umgerechnet, so sollte aufgrund der strikten Vorgaben zur Stützpunktauswahl im Regelfall aus der Berechnung der Transformationsparameter kein signifikanter Maßstab resultieren.

Ergibt sich ein signifikanter Maßstab, so sind dessen Auswirkungen auf die innere Geometrie der LISA-Bestandsdaten vor der abschließenden Transformation abzuschätzen. Sie sollten die in den BFR Verm zur Objektvermessung angegebenen Genauigkeitsmaße – bezogen auf die Ausdehnung der Liegenschaft – nicht überschreiten (z.B. OGL2:  $0,015\text{m} \leq s_L \leq 0,05\text{m}$ ).

## 3.6 Nachweis der Transformation

In Kapitel 3.3.1 wurde bereits auf die grundlegende Bedeutung initialer satellitengestützter Vermessungen im Hinblick auf spätere Transformationen hingewiesen.

Weitere Transformationen, z.B. mit dem Ziel der Abgabe von Daten aus dem LISA-Datenbestand, können nur dann in dem selben eindeutigen Transformationsrahmen stattfinden, wenn auf die vollständig dokumentierten Stützpunkte und die weiteren ergebnisbeeinflussenden Parameter der vorherigen bzw. initialen Transformation zugegriffen werden kann.

### 3.6.1 Transformationen in Verbindung mit GPS-Messungen

Die BFR Vermessung, Anlage 1.2, Abschnitt 4(1), definieren den Umfang der Nachweise, die bei Anwendung von Messverfahren der Satellitengeodäsie im Zuge der Anlage der LAP-Felder zusätzlich zu den Nachweisen gemäß Kapitel 2 bzw. 3 der BFR Verm beizubringen sind. Dazu gehören:

- die verwendeten Transformationsparameter,
- die Restabweichungen an den Anschlusspunkten und
- die Koordinaten der Neupunkte in den liegenschaftsbezogenen Bezugssystemen

Im Hinblick auf die Bereitstellung vollständiger Transformationsrahmen führt die *Handlungsanweisung Koordinatentransformation im LISA* folgende zusätzliche Vorgabe ein:

- ***Neben den Transformationsparametern ist auch deren Herkunft nachzuweisen. Wenn das angewandte Transformationsverfahren auf lokalen Stützpunkten basiert, sind diese mit allen Informationen zu dokumentieren, die zur Nutzung dieser Stützpunkte für weitere Transformationen im betroffenen Gebiet, auch unter Vertauschung von Ausgangs- und Zielsystem, erforderlich sind.***

Die Vorgabe wird an dieser Stelle bewusst systemneutral formuliert, um ggf. eine direkte Übernahme als Ergänzung der BFR Verm vorzubereiten. Detaillierte Angaben zu Form und Umfang der erforderlichen Nachweise können Abschnitt 3.6.2 entnommen werden.

### 3.6.2 Transformation zur Abgabe von Daten aus dem LISA-Datenbestand

Auch für Transformationen, die nicht unmittelbar mit GPS-Messungen in Zusammenhang stehen, sind sämtliche ergebnisbeeinflussenden Parameter nachzuweisen. Die nachfolgend angegebenen Informationen sind bis zur Verfügbarkeit entsprechender Funktionalitäten im LISA-Basissystem mit Hilfe von Standard-DV-Werkzeugen (z.B. MS Office Produkte) digital zu dokumentieren. Die Informationen der unterschiedlichen Blöcke können ggf. auf getrennten Datenblätter verteilt werden, sofern die eindeutige Verknüpfung gewährleistet ist.

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass ein Transformationsrahmen nur dann neu dokumentiert werden muss, wenn für das Gebiet erstmalig eine Transformation durchgeführt wird, d.h. vorher noch kein gültiger Transformationsrahmen, z.B. aus GPS-Messungen zur Anlage des LAP-Feldes vorhanden war.

Unter dieser Voraussetzung erfordert die Erstellung eines neuen Transformationsrahmens den Nachweis der folgenden Informationsblöcke:

*Für jede relevante Liegenschaft:*

- Liegenschafts- bzw. Verfahrenskennung (ggf. Raumbezug)
- Stand des Verfahrens (Aktualitätsdatum)
- Aktuelles Lagebezugssystem
- Aktuelles Höhenbezugssystem

*Für jeden erstellten Transformationsrahmen:*

- Datum der Erstellung
- Ausgangssystem
- Zielsystem
- Gültigkeitsbereich (Liegenschafts- bzw. Raumbezug)
- Verwendete Stützpunkte (Punktnummern, Gewichtung)
- Transformationsmodell (Schätzverfahren, Software)
- Berechnete Transformationsparameter
- Restklaffen an den Stützpunkten
- Methode der Restklaffenverteilung
- Sonstige, ergebnisrelevante Bemerkungen

*Für jeden Stützpunkt eines Transformationsrahmens* sind die Koordinaten in Ausgangs- und Zielsystem zu dokumentieren. Sie sind in Form von Punktlisten mit der folgenden Datensatz-Struktur aufzubereiten:

- Aktualitätsdatum
- Punktnummer
- Koordinatenreferenzsystem (CRS)/Projektion
- Koordinaten (max. 3 Dimensionen)

Die Spalten für die einzelnen Koordinatenwerte sind entsprechend des jeweiligen Referenzsystems zu beschriften. Ein Stützpunkt wird mindestens durch zwei solche Datensätze (Ausgangs- und Zielsystem) repräsentiert.

Im Fall eines Stützpunktes für die Umformung von Lagekoordinaten sind beispielsweise eigene Datensätze mit Rechtswert und Hochwert (Koordinaten im Ausgangssystem DHDN/GK) bzw. Ostwert und Nordwert (Koordinaten im Zielsystem ETRS89/UTM) anzulegen. Stützpunkte für

Höhentransformationen sind prinzipiell in der gleichen Weise zu behandeln (dort ist der Höhenwert die einzige Koordinate in einem 1-dimensionalen Referenzsystem).

Die mehrfache Dokumentation von Punktkoordinaten, die direkt ineinander umgerechnet werden können, ist zu vermeiden, kann aber bei Verwendung des selben Punktes für unterschiedliche Transformationsansätze (2D- und 3D-Transformationen) u.U. von praktischem Nutzen sein.

Für Überführungen von DHDN/GK Koordinaten in ETRS89/UTM mit Hilfe des dreidimensionalen Transformationsansatzes ist der Zugriff auf Schwerefeld-Informationen zur Umrechnung der physikalisch definierten Höhen (H) in ellipsoidische Höhen (h) erforderlich (3.1.1.2, 3.7).

Die Quelle der bei einem dreidimensionalen Transformationsansatz verwendeten Schwerefeld- bzw. Höhenbezugsflächen-Informationen ist deshalb ebenfalls nachzuweisen. Dies gilt auch und besonders für Transformationen, die im Zuge der Erfassung durch ein externes Ingenieurbüro erfolgen. Für den Standardfall der ebenen Koordinatentransformation zwischen Ausgangs- und Zielsystem ist die Berücksichtigung von Schwerefeldinformationen nicht erforderlich.

### 3.7 Berücksichtigung von Schwerefeldinformationen

*Dieses Kapitel ist nur bei der Überführung von LISA-Objektkoordinaten aus dem DHDN/GK System in das ETRS89/UTM System über den räumlichen Transformationsansatz zu beachten.*

Räumliche (3D) Transformationsansätze basieren auf Datumsübergängen dreidimensionaler, kartesischer Koordinaten. Satellitengestützte Messverfahren liefern unmittelbar Ergebnisse in dreidimensionalen Referenzsystemen. Die direkte Umrechnung zwischen der kartesischen (X,Y,Z) und der ellipsoidischen Darstellung (ellipsoidische Breite (B), ell. Länge (L), ell. Höhe (h)) ist ohne weiteres möglich.

Zur Berechnung dreidimensionaler, kartesischer Koordinaten aus ebenen Gauß-Krüger bzw. UTM-Koordinaten (und umgekehrt) müssen die entsprechenden ellipsoidischen Höhen (bezogen auf das Bessel- bzw. GRS80-Ellipsoid) bekannt sein. Solche rein geometrisch definierten Höhen werden jedoch i.d.R. nicht als Gebrauchshöhen geführt.

Im LISA-Datenbestand werden Höheninformationen bezogen auf das amtliche Höhenbezugssystem geführt. Um aus diesen physikalisch definierten Höhen (H) ellipsoidische Höhen (h) zu berechnen, müssen Schwerefeldinformationen (Undulationen) bzw. Informationen über entsprechende Höhenbezugsflächen einbezogen werden.

Entsprechend aufbereitete Modelle werden als Basisdaten z.B. durch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie bereitgestellt (<http://gibs.leipzig.ifag.de>). Vorbehaltlich länderspezifischer Sonderregelungen und eines entsprechenden Beschlusses durch den AK Vermessung wird die Nutzung dieser Geoidundulationen im Zusammenhang mit der beschriebenen Transformationsaufgabe im LISA empfohlen.

*Zu beachten: Die mit Hilfe der Geoidundulation berechnete ellipsoidische Höhe wird im hier beschriebenen Zusammenhang lediglich zur korrekten Überführung der (2D) Lagekoordinaten (Rechtswert, Hochwert) mit einem 3D Transformationsansatz benötigt. Auch bei den abzugebenden ETRS89/UTM Koordinaten wird als relevante Höheninformation die auf das amtliche Höhen-system bezogene, physikalisch definierte Höhe angegeben (E,N,H). Die Geoidundulation fließt nicht in die Höhenangabe der abzugebenden Daten ein.*

*Im Standardfall der ebenen 4 Parameter Transformation müssen diese Zusammenhänge nicht berücksichtigt werden!*

## 4 Beteiligte Stellen

### 4.1 Leitstelle Vermessung

Für die Erfassung und Fortführung des Lage- und Höhenbezuges von LISA-Bestandsdaten ist die Leitstelle Vermessung zuständig. Damit fällt auch die Vorbereitung und Dokumentation, ggf. auch die Durchführung von Koordinatentransformationen in ihren Zuständigkeitsbereich.

Die Leitstelle Vermessung verantwortet die konsequente Anwendung eines bereits bestehenden Transformationsrahmens (3.2) im Zusammenhang mit weiteren Transformationsaufgaben bezüglich des selben Transformationsgebietes. Weitere Transformationen können

- im Zuge der Datenabgabe aus dem LISA-Datenbestand oder
- bei Neu- bzw. Fortführungsvermessungen mit Messverfahren der Satellitengeodäsie

erforderlich werden. Wenn die Erledigung dieser Aufgaben über Vergaben geregelt wird, übergibt die Leitstelle Vermessung den anzuwendenden Transformationsrahmen an das jeweils beauftragte externe Ingenieurbüros (4.3). Der Transformationsrahmen ist dann Bestandteil der Beauftragung.

Für Liegenschaften, zu denen noch kein Transformationsrahmen vorliegt, soll dessen Erstellung und Nachweis spätestens in Verbindung mit dem nächsten, zu dieser Liegenschaft anliegenden Fortführungsfall erfolgen.

Wenn für eine Liegenschaft noch kein Transformationsrahmen besteht, stellt die Leitstelle Vermessung eine vorläufige Liste von Stützpunkten entsprechend den Vorgaben des Kapitels 3.3 als Grundlage der Beauftragung zusammen. Dabei sind im Vorfeld konkrete, liegenschaftsbezogene Anfragen nach geeigneten Stützpunkten an die zuständige VKV zu stellen (3.3.2.1).

Die Festlegung des endgültigen Transformationsrahmens bleibt der fachlichen Beurteilung des vor Ort vermessenden Ingenieurs überlassen. Das Ingenieurbüro gibt ihn entsprechend den Vorgaben der BFR Verm und des Kapitels 3.6 dieser Handlungsanweisung im Zusammenhang mit den weiteren Messungs-Unterlagen an die Leitstelle Vermessung ab. Die Leitstelle Vermessung prüft den endgültigen Transformationsrahmen im Sinne der BFR Verm und den Vorgaben dieser Handlungsanweisung.

Entsprechendes gilt bei der Vergabe von Transformationsaufgaben zur Abgabe vorhandener LISA-Bestandsdaten, zu denen noch kein Transformationsrahmen existiert, auch wenn u.U. keine örtliche Vermessung erforderlich ist.

Wenn die Leitstelle Vermessung einen Transformationsrahmen für die Abgabe von LISA-Bestandsdaten mit ETRS89/UTM-Koordinaten selbst erstmalig aufstellt, erfolgt die endgültige Festlegung des Transformationsrahmens im Zuge der fachgerechten Steuerung der Transformation und anschließenden Beurteilung des Transformationsergebnisses durch den zuständigen Bearbeiter. Das eingesetzte DV-Werkzeug soll die fachgerechte Durchführung der Transformation mit entsprechenden Steuerungs- und Ausgabemöglichkeiten unterstützen (3).

### 4.2 Andere Stellen im LISA

Andere Stellen im LISA (z.B. fachliche Leitstellen, Dienststellen), an die Nutzerwünsche zur Abgabe von Daten in ETRS89/UTM herangetragen werden, lassen die erforderlichen Transformationen bei der zuständigen Leitstelle Vermessung durchführen bzw. nutzen die von der Leitstelle Vermessung für diesen Zweck zur Verfügung gestellten DV-Werkzeuge. Für die ggf. notwendigen Austauschvorgänge sind die vorhandenen, objektstrukturierten Austauschformate des LISA (EDBS, ALK-GIAP-Ladeformat) zu nutzen.

### 4.3 Externe Ingenieurbüros

Externe Ingenieurbüros werden i.d.R. mit der liegenschaftsbezogenen Erfassung von LISA-Bestandsdaten (Neuvermessung/Fortführungsvermessung) beauftragt. Grundsätzlich kann auch die Durchführung von Transformationsaufgaben im Vorfeld der Abgabe von LISA-Bestandsdaten im Vergabeverfahren geregelt werden.

Zu Transformationen im Zuge der Datenerfassung sind entsprechend Kapitel 3.6 und BFR Verm, Anlage 1.2, Abschnitt 4(1) erweiterte Nachweise der verwendeten Stützpunkte beizubringen. Auf diesen Umstand ist das externe Ingenieurbüro vor der Beauftragung aufmerksam zu machen. Eine besondere Beauftragung der Transformation ist hier nicht erforderlich, da der Vorgang nach BFR Verm, die ohnehin Grundlage der Beauftragung ist, fest im Ablauf der satellitengestützten Vermessung implementiert ist.

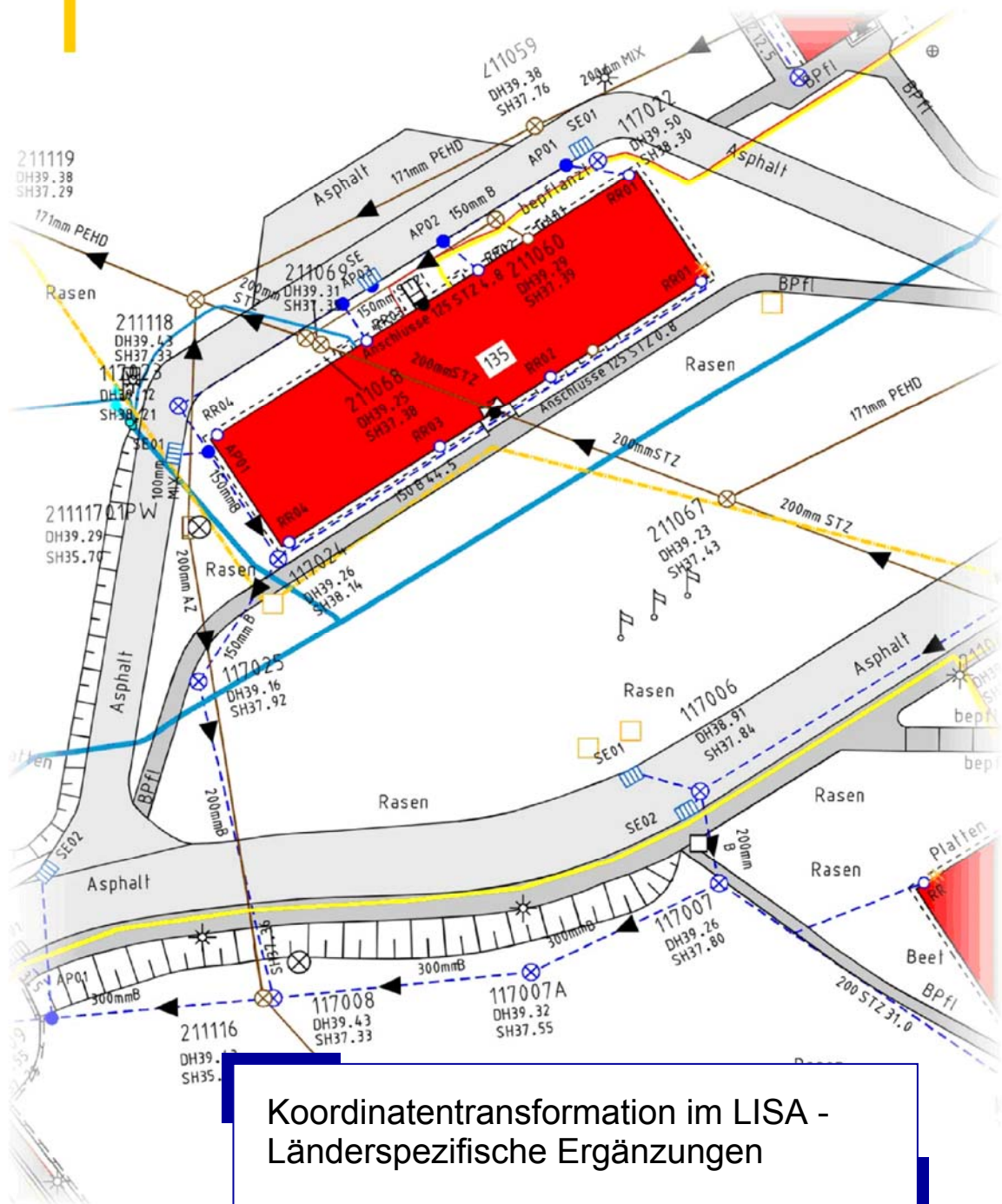
Den anzuwendenden Transformationsrahmen bekommt das externe Ingenieurbüro von der Leitstelle Vermessung zur Verfügung gestellt (4.1). Die Eignung eines neuen Transformationsrahmens stellt sich unter Umständen erst im Zuge der erstmaligen Vermessung bzw. Transformation heraus. Es bleibt der fachlichen Beurteilung des vor Ort vermessenden Ingenieurs bzw. Auftragnehmers überlassen, den endgültigen Transformationsrahmen einschließlich der Liste der für alle weiteren Transformationen auf dieser Liegenschaft zu verwendenden Stützpunkte festzulegen. Dies gilt auch für Transformationsaufgaben, die im Vorfeld der Abgabe von LISA-Bestandsdaten im System ETRS89/UTM beauftragt werden. Zu den erforderlichen Verfahrensschritten bzw. zum Umfang der Nachweise siehe Kapitel 3 bzw. 3.6.

### 4.4 Stellen der Vermessungs- und Katasterverwaltung (VKV)

Die zuständigen Stellen der Vermessungs- und Katasterverwaltung (VKV) verfügen i.d.R. über ein dichtes Netz von Punkten der Grundlagenvermessung, deren Lage sowohl im (noch) gültigen amtlichen Bezugssystem als auch im ETRS89 unabhängig bestimmt wurde.

Die Stellen der VKV unterstützen die Leitstelle Vermessung bei der Aufstellung des auf ein bestimmtes Transformationsgebiet bezogenen Transformationsrahmens. Die Leitstelle Vermessung fragt bei ihnen im Vorfeld einer abzusehenden, neuen Transformationsaufgabe nach geeigneten Transformations-Stützpunkten gemäß 3.3.2.1 an.

In den meisten Fällen können die von der VKV abgegebenen Koordinaten als endgültig betrachtet werden. In Ausnahmefällen kann es sein, dass Punktkoordinaten im Zuge noch ausstehender bzw. geplanter Anpassungen der Grundlagennetze noch verändert werden können. Nutzer dieser Daten werden über solche Änderungen in der Regel nicht automatisch informiert. Details können ggf. dem Anhang *Länderspezifische Ergänzungen* entnommen werden. Für alle Transformationsrahmen, deren Endgültigkeit noch nicht von der VKV bestätigt wurde, ist deshalb vor einer weiteren Transformation erneut eine Anfrage nach den aktuell bei der VKV geführten Koordinaten zu stellen.



**Auftraggeber:**

**Bundesministerium der Verteidigung**  
Referat WV II 7  
Postfach 13 28  
53003 Bonn

**Aufgestellt:**

**rmk**  
**Management Consult**

Breite Str. 32a  
29221 Celle

Telefon : (05141) 88907- 0  
Fax : (05141) 88907- 30

**Hinweis:**

Die Bezeichnungen Liegenschaftsinformationssystem Außenanlagen LISA<sup>®</sup>, ADMIN<sup>®</sup>, GEO POL<sup>®</sup>, SD POL<sup>®</sup>, AS POL<sup>®</sup>, INSA<sup>®</sup>, FIS BoGwS<sup>®</sup>, AS BoGwS<sup>®</sup>, GEO Kanal<sup>®</sup>, AS Kanal<sup>®</sup> und INKA<sup>®</sup> sind registrierte Markennamen der Bundesrepublik Deutschland.

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Situation in den Ländern .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Baden-Württemberg .....</b>	<b>2</b>
2.1.1	Landesspezifisches Transformationsmodell .....	2
2.1.2	Empfohlene Vorgehensweise .....	2
<b>2.2</b>	<b>Bayern.....</b>	<b>2</b>
2.2.1	Landesspezifisches Transformationsmodell .....	2
2.2.2	Empfohlene Vorgehensweise .....	3
<b>2.3</b>	<b>Brandenburg .....</b>	<b>3</b>
2.3.1	Landesspezifisches Transformationsmodell .....	3
2.3.2	Empfohlene Vorgehensweise .....	3
<b>2.4</b>	<b>Bremen .....</b>	<b>4</b>
2.4.1	Landesspezifisches Transformationsmodell .....	4
2.4.2	Empfohlene Vorgehensweise .....	4
<b>2.5</b>	<b>Hamburg .....</b>	<b>4</b>
2.5.1	Landesspezifisches Transformationsmodell .....	4
2.5.2	Empfohlene Vorgehensweise .....	5
<b>2.6</b>	<b>Hessen .....</b>	<b>5</b>
2.6.1	Landesspezifisches Transformationsmodell .....	5
2.6.2	Empfohlene Vorgehensweise .....	5
<b>2.7</b>	<b>Mecklenburg-Vorpommern.....</b>	<b>6</b>
2.7.1	Landesspezifisches Transformationsmodell .....	6
2.7.2	Empfohlene Vorgehensweise .....	6
<b>2.8</b>	<b>Niedersachsen .....</b>	<b>6</b>
2.8.1	Landesspezifisches Transformationsmodell .....	6
2.8.2	Empfohlene Vorgehensweise .....	6
<b>2.9</b>	<b>Nordrhein-Westfalen .....</b>	<b>7</b>
2.9.1	Landesspezifisches Transformationsmodell .....	7
2.9.2	Empfohlene Vorgehensweise .....	7
<b>2.10</b>	<b>Rheinland-Pfalz.....</b>	<b>7</b>
2.10.1	Landesspezifisches Transformationsmodell .....	7
2.10.2	Empfohlene Vorgehensweise .....	8

<b>2.11 Saarland</b> .....	<b>8</b>
2.11.1 Landesspezifisches Transformationsmodell .....	8
2.11.2 Empfohlene Vorgehensweise .....	8
<b>2.12 Sachsen</b> .....	<b>8</b>
2.12.1 Landesspezifisches Transformationsmodell .....	8
2.12.2 Empfohlene Vorgehensweise .....	9
<b>2.13 Sachsen-Anhalt</b> .....	<b>9</b>
2.13.1 Landesspezifisches Transformationsmodell .....	9
2.13.2 Empfohlene Vorgehensweise .....	9
<b>2.14 Schleswig Holstein</b> .....	<b>9</b>
2.14.1 Landesspezifisches Transformationsmodell .....	9
2.14.2 Empfohlene Vorgehensweise .....	9

## 1 Einleitung

Die *Handlungsanweisung zur Koordinatentransformation im LISA* beschreibt die generelle Vorgehensweise zur Durchführung von Transformationsaufgaben im Rahmen der Erfassung bzw. Abgabe von LISA-Bestandsdaten. Zentraler Punkt ist dabei die konsequente Anwendung eindeutiger, reproduzierbarer Transformationsrahmen für alle Transformationen, die ein abgrenzbares Transformationsgebiet betreffen.

Für die erstmalige Zusammenstellung eines solchen Transformationsrahmens wird in der Handlungsanweisung vorgegeben, einen Satz von Stützpunkten, deren Koordinaten sowohl im Ausgangs- als auch im Zielsystem bekannt sind, innerhalb bzw. in der Umgebung des Transformationsgebiets auszuwählen und auch für kommende Transformationen nachzuweisen. Geeignete Punkte sind dazu bei der zuständigen Vermessungs- und Katasterverwaltung (VKV) zu erfragen.

Im Vorfeld der Erstellung der Handlungsanweisung wurden die zuständigen VKV im Dezember 2004 in Form einer allgemeinen Umfrage um Informationen zur aktuellen und zukünftigen Verfügbarkeit solcher Stützpunkte gebeten. Die Antworten enthielten (neben der generellen Bereitschaft zur Unterstützung) erwartungsgemäß länderspezifische Besonderheiten, die, sofern sie über die Handlungsanweisung hinaus für die optimale Lösung der Transformationsaufgaben im LISA relevant sind, nachfolgend kurz dargestellt werden. Es ist davon auszugehen, dass die unterschiedlichen Situationen in den Ländern mittelfristig bestehen bleiben. Aus den Ländern Berlin und Thüringen, die in diesem Anhang nicht aufgeführt sind, liegt keine Beantwortung des Fragebogens vor.

Grundsätzlich basieren alle landesspezifischen Transformationsmodelle auf dem selben geodätischen Prinzip für die Herstellung des Lagebezuges zwischen Ausgangs- und Zielsystem. In jedem Fall fließt in die Modelle eine Anzahl identischer Punkte ein, für die unabhängige Koordinaten sowohl im bisherigen amtlichen Bezugssystem als auch im ETRS89 vorliegen.

Wesentliche Unterschiede bestehen jedoch neben der Dichte der verfügbaren Stützpunkte zum Teil in der Art der Aufbereitung bzw. Darstellung des jeweiligen Transformationsmodells. Die folgenden Varianten sind bereits vorhanden oder konkret zur mittelfristigen Umsetzung vorgesehen:

- „einfache“ Bereitstellung von Stützpunktkoordinaten in analoger oder digitaler Form
- Bereitstellung grob- bzw. engmaschiger virtueller Stützpunkte
- Bereitstellung engmaschiger Transformationsgitter mit Angabe von Transformationsparametern (ebene Verschiebungsbeträge, ggf. mit Interpolationsalgorithmen)
- fertige Programmmodule (zur Einbindung in eigene Programmierungen), die als Eingabe Koordinaten im Ausgangssystem erwarten und die entsprechenden Koordinaten im Zielsystem zurückgeben.
- Oberflächengesteuerte Programme, die zum Import/Export von Massendaten über definierte Datei-Formate geeignet sind.

Details zu den einzelnen Varianten werden im jeweiligen Abschnitt „Landesspezifisches Transformationsmodell“ bei der Beschreibung der Situation in den Ländern (2) angegeben.

Das vorliegende Dokument berücksichtigt bisher ausschließlich die Situation in Bezug auf die Transformation von Lagekoordinaten. Erläuterungen zu den länderspezifischen Besonderheiten bezüglich der Transformation von Höhen wurden noch nicht aufgenommen.

## 2 Situation in den Ländern

### 2.1 Baden-Württemberg

#### 2.1.1 Landesspezifisches Transformationsmodell

Das Land Baden-Württemberg hat von 1994-1997 ein flächendeckendes, landesweit verfügbares Netz von Passpunkten (Bezugssysteme ETRS89 bzw. DHDN90/DHHN92) aufgebaut. Zu diesem Netz gehören 131 Punkte des Baden-Württembergischen Referenznetzes (BWREF, Hierarchiestufen A-C) und 1.100 Trigonometrische Punkte (TP). Alle Punkte sind laut Auskunft des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg gleichermaßen als Stützpunkte für Transformationen geeignet. Seit 1998 wurden weitere Passpunktinseln geschaffen. Außerdem kommen bis Ende 2005 zu den vorhandenen 131 BWREF Stationen ca. 50 weitere hinzu. Sie bilden dann abschließend die Geodätischen Grundnetzpunkte in Baden-Württemberg.

Da die 1.100 mehrfach koordinierten TP sehr inhomogen verteilt sind, beträgt der landesweite, homogene Stützpunkt-Abstand ca. 15 km. Lokal kann der Punktabstand teilweise unter 1 km liegen.

Bis Ende 2005 findet noch eine Anpassung der ETRS89 Koordinaten aller bisherigen Passpunkte an die Koordinaten der SAPOS-Referenzstationen statt. Daraus können sich Lageänderungen im Bereich von wenigen mm bis zu 2 cm (sehr vereinzelt) ergeben.

#### 2.1.2 Empfohlene Vorgehensweise

Da seitens des LVermA bis Ende 2005 noch Änderungen sowohl bezüglich der Punktdichte als auch bezüglich der ETRS89 Koordinaten der bereits vorliegenden Stützpunkte ergeben können, kommt der projektbezogenen Nachfrage nach aktuellen Stützpunktinformationen eine besondere Bedeutung zu. Wenn möglich sollten LISA-Transformationsaufgaben nicht vor Ende 2005, d.h. vor der Fertigstellung des abschließenden, landesweiten Transformationsrahmens, durchgeführt werden.

Wenn vorher eine Abgabe von LISA-Daten im ETRS89 Format erforderlich wird, ist diese grundsätzlich auch möglich. Falls zu diesem Zeitpunkt für die Stützpunkte des betroffenen Gebiets noch keine Anpassung der ETRS89 Koordinaten (2.1.1) stattgefunden hat, ist der Nutzer auf die damit verbundene, potentielle Lageabweichung hinzuweisen.

Aufgrund der ungleichmäßigen Verteilung ist nicht auszuschließen, dass für einige Transformationsgebiete nur sehr wenige Stützpunkte im Abstand von ca. 15 km seitens der Vermessungsverwaltung bereitgestellt werden können. In diesem Fall ist – sofern die anderen Voraussetzungen zutreffen – entsprechend Kapitel 3.3.3.1 der Handlungsanweisung vorzugehen. Neumessungen sind nur im Ausnahmefall notwendig bzw. gerechtfertigt.

### 2.2 Bayern

#### 2.2.1 Landesspezifisches Transformationsmodell

Die bayerischen Vermessungsämter bestimmen noch bis Ende 2005 alle GPS geeigneten TP sowie tragenden KFP im ETRS89. Insgesamt werden dann 350.000, über die Fläche Bayerns verteilte Stützpunkte verfügbar sein. Für Nachfragen bezüglich kleinräumiger Spannungen im GK-Punktfeld verweist das bayerische Landesvermessungsamt an die örtlichen zuständigen Vermessungsämter.

Das bayerische Landesvermessungsamt stellt ein LSKS (Landesspezifisches Koordinatensystem) Modul für die landesweite Hin- und Rücktransformation zwischen DHDN/GK und ETRS89/UTM

bereit. Es basiert auf einem Transformationsraster mit 2,5 km Maschenweite, das aus 4.700 identischen Punkten berechnet wurde. Die eigentliche Transformation der Punkte erfolgt über Verschiebungsbeträge, die über bilineare Interpolation ermittelt werden. Die Genauigkeit des Moduls ist abhängig von der Genauigkeit des Ausgangsnetzes, in der Regel liegt sie bei ca.  $\pm 5$  cm.

### 2.2.2 Empfohlene Vorgehensweise

Es kann sein, dass durch die Nutzung zusätzlicher, lokaler Punkte eine höhere Genauigkeit zu erreichen ist, als bei der Anwendung des „offiziellen“ Transformationsrasters. Vorteile sind aber nur dann konkret absehbar, wenn die in den 4.700 Punkten des Transformationsmoduls abgebildeten Systemunterschiede nicht repräsentativ für die zum Anschluss des LAP-Feldes genutzten amtlichen Lagefestpunkte sind.

Da die Verschiebungsbeträge an den Rasterpunkten direkt den Datumsübergang zwischen Ausgangs- und Zielsystem repräsentieren, können die Rasterpunkte unmittelbar als „virtuelle“ Stützpunkte für die Transformation der LISA-Bestandsdaten genutzt werden. Ggf. können mit Hilfe des landesspezifischen Transformationsansatzes auch zunächst ETRS89/UTM Koordinaten für ausgewählte LAP berechnet werden, um diese anschließend als Stützpunkte für die ebene Transformation der LISA-Objektkoordinaten zu verwenden.

Falls bei der VKV gemessene ETRS89/UTM Koordinaten zu den LAP bzw. den zugehörigen Anschlusspunkten vorliegen sollten, sind diese den interpolierten Koordinaten vorzuziehen.

## 2.3 Brandenburg

### 2.3.1 Landesspezifisches Transformationsmodul

Das Land Brandenburg hat das ETRS89/UTM bereits als amtliches Lagebezugssystem eingeführt. Bei Neuvermessungen werden LISA-Bestandsdaten im Land Brandenburg im System ETRS89 erfasst und auch im LISA geführt.

Zur Transformation von *Punktdateien* vom System ETRS89/UTM in das System 42/83 („amtliches“ Vorgängersystem) und umgekehrt wird seitens der VKV ein einheitliches Transformationsprogramm (Standardmodul) bereitgestellt, das auf 116 identischen Punkten mit einem Abstand von ca. 15 km basiert. Die Qualität der Transformation wird mit  $\pm 3,5$ cm angegeben. Die MS-DOS bzw. WIN NT Variante dieses Programms erwartet eine ASCII-Datei als Eingabe. Sie wird zum Preis von 50,- € angeboten.

Außerdem bietet die Landesvermessung Brandenburg die Durchführung bzw. Berechnung der Transformation auch als Dienstleistung in ihrem Hause an. Für die Umformung von GIS-Daten mit einer Transformationsgenauigkeit von  $\pm 2$  dm wird auf das Programm WGEO verwiesen, das ebenfalls „amtliche“ Transformationsparameter verwendet.

Für die Auswahl geeigneter Stützpunkte stehen in Brandenburg damit zunächst nur die 116 Stützpunkte des Brandenburgischen Referenznetzes zur Verfügung. Der mittlere Punktabstand von 15 km würde hier i.d.R. zu größeren Transformationsgebieten als die für den 2D-Transformationsansatz maximal vorgesehenen 100 km<sup>2</sup> führen.

### 2.3.2 Empfohlene Vorgehensweise

Für den Fall, dass in der direkten Umgebung des Transformationsgebiets keine ausreichende Anzahl identischer Punkte vorhanden ist, ist ein mehrstufiges Vorgehen (Handlungsanweisung, Kapitel 3.3.3.1.1) möglich bzw. angebracht:

- Zunächst werden Punkte auf der Liegenschaft oder in ihrer direkten Umgebung (am besten Punkte des LAP-Feldes) als neue Stützpunkte für die ebene Transformation ausgewählt.

- Anschließend werden für diese Punkte Koordinaten im Zielsystem mit Hilfe des 3D-Transformationsansatzes bestimmt. Dazu kann ein eigenes Transformationsmodul mit den umgebenden Stützpunkten der VKV (hier: Brandenburgisches Referenznetz) oder ein entsprechendes, von der VKV bereitgestelltes Programm benutzt werden.
- Erst nachdem auf diese Weise ein „verdichtetes“ Stützpunktfeld bereitgestellt wurde, wird der ebene Transformationsansatz für die Transformation der LISA-Bestandsdaten in einem kleinen Transformationsgebiet genutzt.

Nachzuweisen im Sinne der *Handlungsanweisung zur Koordinatentransformation im LISA* sind sowohl die benutzten Stützpunkte des Brandenburgischen Referenznetzes als auch die auf deren Basis neu berechneten Stützpunkte für die ebene Transformation der LISA-Bestandsdaten.

Da in Brandenburg LISA-Bestandsdaten bereits im ETRS89 System geführt werden, wird die Transformation hier ggf. nur für Datenabgaben, die sich auf das „amtliche“ Vorgängersystem oder ein anderes Referenzsystem beziehen, erforderlich.

## 2.4 Bremen

### 2.4.1 Landesspezifisches Transformationsmodell

Geoinformation Bremen verwendet für 3D-Transformationen einheitliche Transformationsparameter, die für das gesamte Gebiet der Stadt Bremen gelten. Wie viele Festpunkte in die Bestimmung dieser Parameter eingeflossen sind, wird nicht explizit angegeben. Geoinformation Bremen gewährleistet, dass Punkte im Lagestatus 100 und 110 mit Hilfe der angegebenen 7 Transformationsparameter mit hoher Genauigkeit ins ETRS89 überführt werden können.

Beziehen sich die Daten im Ausgangssystem noch auf den Lagestatus 200 (alte GK-Koordinaten aus der Zeit vor der Erneuerung 1977-1985) oder sind nach Soldner abgebildet, so sind besondere Vorgehensweisen erforderlich. Eine Verbesserung der ursprünglichen Lagegenauigkeiten ohne eine Neumessung von Stützpunkten ist hier nur unter Einbeziehung nachbarschaftlicher identischer Punkte, die im Lagestatus 100 oder 110 koordiniert sind, möglich.

### 2.4.2 Empfohlene Vorgehensweise

Das landesspezifische Transformationsmodell kann direkt für Transformationsaufgaben im LISA genutzt werden. Sofern noch kein Transformationsrahmen besteht, sind zunächst flächenhaft verteilte Stützpunkte für die ebene Transformation der Liegenschaftsdaten auszuwählen (LAP-Feld, Anschlusspunkte der Vermessungsverwaltung).

Nachdem diese über die angegebenen 7 Transformationsparameter ins ETRS89 überführt und mit UTM-Projektion in die Ebene abgebildet wurden, steht ein geeigneter Rahmen für die ebene Transformation der Liegenschaftsdaten zur Verfügung.

## 2.5 Hamburg

### 2.5.1 Landesspezifisches Transformationsmodell

Der Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung stellt mit dem Produkt „Virtuelle Passpunkte“ interessierten Anwendern eine ASCII-Datei mit 26.000 Passpunkten zum Preis von 1.400,- € zur Verfügung. Enthalten sind darin Koordinaten im Lagestatus 100 (Potsdamer Datum mit GK-Abbildung) und im Lagestatus 320 (ETRS89 mit GK-Abbildung), ab März 2005 auch im Lagestatus 310 (ETRS89/UTM). Die Punkte sind in Form eines regelmäßigen Gitters mit einer Maschenweite von 250 m angeordnet. Wieviele tatsächlich unabhängig koordinierte Stützpunkte in die Berechnung des Gitters eingeflossen sind, wurde nicht mitgeteilt.

Ab März 2005 decken die virtuellen Stützpunkte die Bezirke Hamburg-Mitte, Eimsbüttel, Hamburg-Nord, Wandsbek und Altona ab. Die Bezirke Harburg und Bergedorf kommen im Laufe des Jahres 2006 hinzu.

### 2.5.2 Empfohlene Vorgehensweise

Aufgrund der hohen Dichte der virtuellen Stützpunkte ist die direkte Anwendung des LISA-Standard-Transformationsverfahrens (ebene 4-Parameter-Transformation) möglich. Zur Berechnung der Transformationsparameter sind grundsätzlich alle virtuellen Stützpunkte auf der betreffenden Liegenschaft bzw. in ihrer direkten Umgebung einzubeziehen.

Die hohe Anzahl von Stützpunkten könnte u.U. zur Aufdeckung bzw. Bereinigung lokaler Inhomogenitäten innerhalb der Bestandsdaten genutzt werden. Vorteile wären jedoch nur dann zu erwarten, wenn

- zur Erfassung der Liegenschaft kein eigenes, einheitliches und spannungsfreies LAP-Feld angelegt wurde, sondern die Objektvermessung unmittelbar an unterschiedliche Lagefestpunkte der Vermessungsverwaltung angeschlossen wurde, *und*
- die Spannungsfreiheit dieser Lagefestpunkte (und damit der Bezug der Teilvermessungen zueinander) nicht ausreichend überprüft wurde.

Eine solche Situation sollte bei konsequenter Berücksichtigung der BFR Verm im Zuge der Erfassung jedoch nicht auftreten. Von der Möglichkeit zur Unterteilung einer LISA-Liegenschaft in mehrere Transformationsgebiete, die aufgrund der hohen Stützpunktdichte gegeben ist, ist daher nur im Ausnahmefall (z.B. bei besonderen Ausprägungen des Liegenschaftsgebietes (z.B. entfernte Liegenschaftsteile)) Gebrauch zu machen.

## 2.6 Hessen

### 2.6.1 Landesspezifisches Transformationsmodell

Für Hessen lagen im Februar 2005 (Zeitpunkt dieser Zusammenstellung) zu 12.000 Trigonometrischen Punkten Lagekoordinaten im Lagestatus 100 und in ETRS89 vor. Bis 2006 wird sich diese Zahl auf 17.000 erhöhen. Zurückgestellt sind Waldgebiete.

Im Kataster werden bis Ende 2006 alle Punkte im Lagestatus 100 verfügbar sein. Die Umstellung des gesamten Katasters auf ETRS89 erfolgt im Rahmen der AFIS- und ALKIS Migration (Zeitrahen?). Die Koordinaten im Lagestatus 100 sind danach weiterhin verfügbar. Die Koordinaten im hessischen Lagestatus 120 weichen von den LS100 Koordinaten um 1-2 dm ab. Die Stützpunktdichte wird für die neu bestimmten Gebiete mit 1 TP/1 km<sup>2</sup> angegeben. In anderen Gebieten müsste dagegen u.U. vor 2007 auf C-Netz-Punkte (Abstand 15-30 km) als Stützpunkte zurückgegriffen werden.

Das Hessische Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation führt für Kunden auch Transformationen in deren Auftrag aus (Abrechnung nach Zeitaufwand).

### 2.6.2 Empfohlene Vorgehensweise

Für Gebiete, die noch nicht im Lagestatus 100 vorliegen, liegen ETRS89 Koordinaten ggf. nur für C-Netz-Punkte im Abstand von 15-30 km vor. Diese Punkte repräsentieren die Lage der Liegenschaft in Bezug auf das amtliche Referenzsystem u.U. nur unzureichend (altes Netz über relativ große Entfernungen). Um die Überführung der LISA-Bestandsdaten in das ETRS89 mit hoher Genauigkeit zu ermöglichen, sind hier entweder die Erneuerungs- bzw. Verdichtungsmessungen der Vermessungsverwaltung abzuwarten oder eigene Transformationsstützpunkte zu messen. Unter Umständen ist auch eine Abstimmung der seitens der Vermessungsverwaltung geplanten Messungen mit der Bearbeitung einer konkreten Transformationsaufgabe für LISA-Daten möglich.

Ab 2007 reicht die Punktdichte in Hessen – mit Ausnahme der zurückgestellten Waldgebiete – für die Anwendung des Standard-Transformationsverfahrens (ebene 4-Parameter-Transformation) voraussichtlich aus.

## 2.7 Mecklenburg-Vorpommern

### 2.7.1 Landesspezifisches Transformationsmodell

Das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern stellt aktuell sämtliche Blattecken-Koordinaten der TK25 in ETRS89 und dem bisherigen amtlichen Lagebezugssystem S42/83-3° bereit. Diese „virtuellen“ Stützpunkte wurden aus 1.300 ETRS89 Datensätzen berechnet, die wiederum einer Ausgleichung der TP Festpunktkoordinaten 1. und 2. Ordnung entstammen.

Mittelfristig soll ein Programm zur Transformation ins ETRS89 realisiert werden, das auf 1.000 Punkten des sogenannten Benutzungspunktfeldes (BFPF), das sich seit 2004 im Aufbau befindet und 2006 fertiggestellt wird, basiert. Transformationsergebnisse, die mit Hilfe der aktuell verfügbaren Blattecken-Koordinaten erzielt werden, sollen um maximal 5 mm von den Ergebnissen, die das zukünftige Transformationsprogramm liefert, abweichen.

Seitens der Landesvermessung Mecklenburg-Vorpommern wird explizit darauf hingewiesen, dass mit objektweisen Transformationsansätzen derzeit kein besseres Ergebnis erzielt werden kann. Es wird empfohlen, die aufgezeigten Hilfsmittel zu nutzen. Außerdem bietet die Landesvermessung an, EDBS-Dateien (Punkte oder Grundriss) auch jederzeit im LVerMA M-V zu transformieren.

### 2.7.2 Empfohlene Vorgehensweise

Der Abstand der TK25-Blattecken (11 km) ist für die direkte Anwendung des ebenen Transformationsansatzes nach Kapitel 3.1 der Handlungsanweisung zu groß.

Im Zusammenhang mit Transformationen einzelner Liegenschaften kann daher die Berücksichtigung der ursprünglichen 1.300 ETRS89 Datensätze im Festpunktfeld sowie der u.U. bereits vorhandenen Punkte des Benutzungsfestpunktfeldes zu einem genaueren Ergebnis für die resultierenden ETRS89 Koordinaten führen. Vor jeder neuen Zusammenstellung eines liegenschaftsbezogenen Transformationsrahmens sollte deshalb eine Anfrage nach verfügbaren Stützpunkten bei der Vermessungsverwaltung gestellt werden.

Erst wenn in der näheren Umgebung der Liegenschaft keine ausreichende Anzahl Stützpunkte ausgewählt werden kann, ist ggf. die Neumessung von Stützpunkten in Betracht zu ziehen. Alternativ kann – sofern die Homogenität des Grundlagennetzes sichergestellt ist – die in Kapitel 3.3.3.1.1 der Handlungsanweisung beschriebene Vorgehensweise angewendet werden.

## 2.8 Niedersachsen

### 2.8.1 Landesspezifisches Transformationsmodell

Die Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen (LGN) erstellt zur Zeit ein Transformationsmodell, das die Genauigkeitsansprüche für Liegenschaftsvermessungen im gesamten Landesgebiet erfüllt. Dieses Transformationsmodell wird interessierten Nutzern mittelfristig als generiertes Modul, das in eigene Programmumgebungen eingebunden werden kann, bereitgestellt.

### 2.8.2 Empfohlene Vorgehensweise

Bis zur Bereitstellung des landesweiten Transformationsmodells durch die LGN, sind für zwischenzeitlich anfallende Transformationsaufgaben geeignete Stützpunkte nach dem in der Handlungsanweisung angegebenen Verfahren auszuwählen und nachzuweisen.

Nach der Bereitstellung des landesweiten Transformationsmodells durch die LGN ist dessen Eignung für die unmittelbare Bearbeitung von Transformationsaufgaben im LISA zu prüfen. Sollte der Test des Transformationsmoduls Vorteile gegenüber den bisherigen Abläufen bzw. Werkzeugen erkennen lassen, so ist das Modul dauerhaft für Transformationsaufgaben im LISA zu verwenden. Dazu notwendigen Anpassungen der vorhandenen LISA-Werkzeuge sind ggf. mit der zuständigen LISA-Entwicklungsstelle abzustimmen.

## 2.9 Nordrhein-Westfalen

### 2.9.1 Landesspezifisches Transformationsmodell

Nordrhein-Westfalen nimmt u.a. aufgrund der kommunalen Katasterhoheit eine Sonderstellung bezüglich der vorhandenen, amtlichen Bezugssysteme ein.

Zur Zeit (Stand Januar 2005) liegen im Landesgebiet 14.000 TP mit ETRS89 Koordinaten und Koordinaten in mindestens einem älteren Bezugssystem vor, zumeist in Netz 77 und Preußischer Landesaufnahme. Bis 01.01.2010 soll der gesamte Katastergrundriss des Landes auf ETRS89/UTM umgestellt sein. Zu diesem Zweck wird bis 2009 beim Landesvermessungsamt NRW eine Stützpunktdatei angelegt, die auch Inhomogenitäten des Liegenschaftskatasters berücksichtigt.

Als hauseigenes Transformationsprogramm bietet das Landesvermessungsamt Nordrhein Westfalen die Software TRABBI an. Die Transformationsgenauigkeit dieses Programms, dass in einer 2D- und einer 3D-Variante vertrieben wird, wird mit besser als 10 cm angegeben. Standardmäßig wird das Produkt mit den Koordinaten von 200 NWREF bzw. SAPOS Stationen geliefert, die als Transformationsstützpunkte genutzt werden können. Außerdem ist die Eingabe individueller Stützpunkte möglich. Mit solchen lokalen Transformationsansätzen sind ggf. höhere Genauigkeiten erreichbar. Die Fertigstellung der Variante TRABBI EDBS, die eine Ein-/Ausgabe von Massendaten in Form von EDBS-Dateien erlaubt, war für Ende 2004 vorgesehen. Sie nutzt die in TRABBI 2D verwendeten Schnittstellen für die Durchführung ebener Koordinatentransformationen.

### 2.9.2 Empfohlene Vorgehensweise

Aufgrund der teilweise sehr unterschiedlichen Voraussetzungen innerhalb des Bundeslands Nordrhein Westfalen sind bei der Auswahl geeigneter Stützpunkte eventuelle Inhomogenitäten besonders zu beachten. Der Lagestatus des Ausgangssystems (Lagestatus der LISA-Bestandsdaten der zu transformierenden Liegenschaft) muss bei Anfragen nach verfügbaren Stützpunkten bei der VKV zwingend mit angegeben werden.

Im Übrigen sollte die bereits vorhandene, hohe Punktdichte in den meisten Fällen die direkte Anwendung des ebenen Transformationsansatzes gestatten. Mittel- bis langfristig ist die Nutzung der bei der Landesvermessung NRW im Aufbau befindlichen Stützpunktdatei für Transformationsaufgaben im LISA anzustreben.

## 2.10 Rheinland-Pfalz

### 2.10.1 Landesspezifisches Transformationsmodell

Die VKV des Bundeslandes Rheinland-Pfalz verfügt über ein homogenes Übergeordnetes Festpunktfeld (ÜFP-Feld) mit 2.455 Lagefestpunkten, für die sowohl ETRS89 als auch GK-Koordinaten im Landesnetz vorliegen. Der durchschnittliche Punktabstand beträgt ca. 3,5 km.

Für die flächenhafte Transformation in das ETRS89 stellt das Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz ein gleichmäßiges Stützpunktnetz mit einer Maschenweite von 1 km zur Verfügung. Die ETRS89/UTM Kilometerquadrantecken wurden aus jeweils 10 umliegenden ÜFP mittels räumlicher 7-Parameter-Transformation bestimmt.

Zur Transformation der Daten der VKV in das ETRS89 werden für jede Kachel anhand der vier Ecken Parameter für eine ebene Affintransformation ermittelt. Diese Transformationsparameter können neben den Koordinaten der Stützpunkte und der Kilometerquadrastecken ebenfalls vom Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation zur Verfügung gestellt werden. Außerdem können in absehbarer Zeit bei der Vermessungsverwaltung Rheinland-Pfalz direkt ETRS89/UTM-Koordinaten für Objekte des Liegenschaftskatasters abgefragt werden.

### **2.10.2 Empfohlene Vorgehensweise**

Das engmaschige Netz der Kilometerquadrate gewährleistet die Verfügbarkeit einer ausreichenden Anzahl virtueller Stützpunkte in der direkten Liegenschaftsumgebung für die Transformation der LISA-Bestandsdaten ins ETRS89/UTM über den ebenen Transformationsansatz (4-Parameter).

Für Kontrollzwecke können die ursprünglichen ÜFP, über welche die Koordinaten der Quadrastecken berechnet wurden, einbezogen werden. Unter Umständen wird die Lage der Liegenschaft in Bezug auf das bisherige amtliche Referenzsystem durch die ÜFP besser repräsentiert als durch die Quadrastecken bzw. Transformationskacheln. Gerade im Umfeld militärischer Liegenschaften (z.B. Truppenübungsplätze) kann das der Fall sein.

Im Regelfall liefert das von der Vermessungsverwaltung bereitgestellte Transformationsmodell (Affintransformation innerhalb von Kilometerquadratkacheln) die höchsten in Bezug auf Liegenschaften erreichbaren Genauigkeiten. Es kann deshalb auch unmittelbar für Transformationsaufgaben im LISA genutzt werden, sofern seitens der verarbeitenden Software entsprechende Voraussetzungen bestehen bzw. geschaffen werden.

## **2.11 Saarland**

### **2.11.1 Landesspezifisches Transformationsmodell**

Die VKV des Saarlandes kann 530 Lagefestpunkte des übergeordneten Festpunktfeldes (ÜFP), die bereits im ETRS89 koordiniert wurden, mit einem durchschnittlichen Punktabstand von ca. 3 km zur Verfügung stellen. Von diesen Punkten wird nur ein Teil von der Grundlagenvermessung verwaltet.

Ob seitens der VKV ein Transformationsprogramm, das auf den vorhandenen Stützpunkten beruht, veröffentlicht werden soll, war zum Zeitpunkt der Erstellung der Handlungsanweisung nicht bekannt.

### **2.11.2 Empfohlene Vorgehensweise**

Die ausreichende Anzahl vorhandener Stützpunkte der VKV sollte im Regelfall die direkte Anwendung ebener Transformationsansätze ermöglichen (Standardverfahren für Koordinatentransformationen im LISA).

## **2.12 Sachsen**

### **2.12.1 Landesspezifisches Transformationsmodell**

Im Land Sachsen können 7.300 Raumbezugsfestpunkte (RBP) für die Transformation in das ETRS89 genutzt werden. Auf 70% der Landesfläche (Ausnahme: Teile von Ostsachsen) sind die RBP mit den Punkten 4. Ordnung nahezu identisch. Gelegentlich finden noch Neubestimmungen von vorhandenen RBP statt, die derzeit nur ETRS89 Koordinaten aus Transformationen haben.

Das Landesvermessungsamt Sachsen kann eine Übersicht über die derzeit vorhandenen Punkte (Lage-Angabe mit Metergenauigkeit) zur Verfügung stellen. Die Lagegenauigkeit der RBP im

RD/83 variiert je nach Ordnung zwischen 3 und 6 cm. Die Lagegenauigkeit im ETRS89 ist besser als 2 cm.

### **2.12.2 Empfohlene Vorgehensweise**

Die hohe Punktdichte (ca. 40 Stützpunkte/100 km<sup>2</sup>) erlaubt im Regelfall die direkte Anwendung des ebenen Transformationsansatzes.

## **2.13 Sachsen-Anhalt**

### **2.13.1 Landesspezifisches Transformationsmodell**

Das Landesamt für Vermessung und Geoinformation des Landes Sachsen-Anhalt bietet an, auf Antrag, je nach Bedarfsfall, einen Auszug aus dem Geobasisinformationssystem des Landes abzugeben, der neben der bildlichen Darstellung der Liegenschaftskarte auch die Koordinaten von Objektpunkten im LS489 (ETRS89/UTM) enthält. Weitere Angaben zur Entstehung dieser ETRS89/UTM Koordinaten bzw. zur Umstellung des amtlichen Lagebezugs im Land Sachsen-Anhalt wurden im Antwortschreiben nicht gemacht.

### **2.13.2 Empfohlene Vorgehensweise**

Für die Vorbereitung bzw. Durchführung der im LISA anfallenden Transformationsaufgaben sind geeignete Stützpunkte nach dem in der Handlungsanweisung angegebenen Verfahren auszuwählen und nachzuweisen. Dabei ist die VKV in der vorgesehenen Weise einzubinden (Handlungsanweisung, Kapitel 4.4).

## **2.14 Schleswig Holstein**

### **2.14.1 Landesspezifisches Transformationsmodell**

In Schleswig-Holstein sind aktuell 55 C-Netz und 11.000 D-Netz Punkte mit einem durchschnittlichen Abstand von 1 km sowohl im ETRS89 als auch im DHDN90 koordiniert. Zu beachten ist, dass mit dieser hohen Punktdichte zur Zeit nur rund 70% der Landesfläche abgedeckt werden. Die restlichen 30% der Landesfläche werden erst ab 2007 mit einer entsprechenden Punktdichte verfügbar sein.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Handlungsanweisung ist nicht bekannt, ob seitens der Vermessungsverwaltung ein Programm bzw. Transformationsmodul zur Nutzung der Stützpunkte für Transformationsaufgaben veröffentlicht werden soll.

### **2.14.2 Empfohlene Vorgehensweise**

Die Arbeiten zur Koordinierung der restlichen 4.000 D-Netz Punkte laufen zur Zeit noch (Stand Februar 2005). Wenn für eine Liegenschaft Daten im ETRS89 Bezugssystem abgegeben werden sollen, ist neben der Standardanfrage nach verfügbaren Punkten auch die Frage nach dem Zeitrahmen der VKV für ggf. noch ausstehende Verdichtungsmessungen zu stellen. Unter Umständen ist hier die zeitnahe, abgestimmte Bereitstellung eines verdichteten Stützpunktfeldes durch die VKV möglich.

Wenn seitens der VKV in der Umgebung der Station im Projektzeitraum ausschließlich C-Netz Punkte mit einem Punktabstand von ca. 20 km bereitgestellt werden können, sind – sofern ein homogenes Grundlagennetz in diesem Gebiet vorausgesetzt bzw. durch die VKV bestätigt werden kann – zusätzliche Stützpunkte für die ebene Transformation über eine vorherige räumliche Transformation zu bestimmen (Handlungsanweisung, Kapitel 3.3.3.1.1). Wenn kein homogenes Grundlagennetz vorhanden ist, sind neue Stützpunkte festzulegen und ihre ETRS89-Koordinaten durch Neumessung zu bestimmen (Handlungsanweisung, Kapitel 3.3.3.1.2).