

# NACHRICHTEN DER NIEDERSÄCHSISCHEN VERMESSUNGS- UND KATASTERVERWALTUNG

Herausgegeben vom Niedersächsischen Minister des Innern, Hannover

---

Nr. 4

Hannover, Dezember 1988

38. Jahrgang

---

## INHALT

SCHLEHUBER	Zum Schwerpunktthema »Bezugssysteme der Grundlagenvermessung« .....	258
AUGATH/KUMMER	Die Bezugssysteme der Grundlagenvermessung .....	260
HARBORT	Bewertung von Waldgrundstücken .....	318
	Bodenpreisentwicklung in Niedersachsen .....	326
	Presseinformationswettbewerb »Die neue Landkarte entsteht am Bildschirm« .....	327
	Buchbesprechung .....	330
	Anschriften der Mitarbeiter dieses Heftes .....	331
	Einsendeschluß für Manuskripte .....	332

Die Beiträge geben nicht in jedem Falle die Auffassung der  
Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung wieder

---

Schriftleitung: Ministerialrat von Daack, Lavesallee 6, 3000 Hannover 1 (Niedersächsisches Ministerium  
des Innern)

Verlag, Druck und Vertrieb: Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Landesvermessungs-, Warmbüchen-  
kamp 2, 3000 Hannover 1

Erscheint einmal vierteljährlich · Bezugspreis: 2,00 DM pro Heft

## Zum Schwerpunktthema »Bezugssysteme der Grundlagenvermessung«

Von Jürgen SCHLEHUBER

---

Ein Schwerpunktbeitrag über die Bezugssysteme der Grundlagenvermessung in den Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung bietet die Gelegenheit, Grundlagen und Aufbau der amtlichen Vermessungssysteme in umfassender Form geschlossen darzustellen. Auf die Bezugssysteme der Grundlagenvermessung beziehen sich alle öffentlichen Vermessungen; hier sind besonders zu nennen: die Liegenschaftsvermessungen und die Vermessungen für die Landesvermessung der Vermessungs- und Katasterbehörden des Landes, der Öffentlich bestellten Vermessungsingenieure sowie der Vermessungsstellen der Agrarstrukturverwaltung, der Straßenbauverwaltung, der Forstverwaltung, der Deutschen Bundesbahn, der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung und der Kommunalbehörden (andere behördliche Vermessungsstellen). Die Bezugssysteme sind Grundlage für die Topographische Landesaufnahme und damit auch für die Topographischen Landeskartenwerke. Schließlich werden diese Bezugssysteme für weitere Vermessungen beispielsweise der Geodätischen Institute von Universitäten, der Vermessungsstellen der Bundeswehr und des Deutschen Hydrographischen Institutes sowie der Ingenieurbüros benötigt.

Das Dezernat Grundlagenvermessung des Niedersächsischen Landesverwaltungsamtes (mit den TP-, Niv- und SP-Netzen) und die Katasterämter (mit dem AP-Netz) sind für die Aufgabe zuständig, die Bezugssysteme den Erfordernissen der Anwender entsprechend durch Festpunktfelder zu realisieren. Bei der Erfüllung dieser Aufgabe ist es notwendig, daß die Vermessungs- und Katasterbehörden eng zusammenarbeiten. So übernehmen die Katasterämter – besonders bei der Erneuerung und Verdichtung der TP-Netze 3. und 4. Ordnung – Arbeiten in den TP-, Niv- und SP-Netzen. Eine Überwachung und Erhaltung der Festpunktfelder ohne maßgebliche Mitarbeit der Ortsinstanz ist undenkbar.

Bei der kontinuierlichen Einrichtung des AP-Netzes als unterste Verdichtungsstufe des Lagefestpunktfeldes ist es wegen der stufenweisen Netzerneuerung der übergeordneten Netze notwendig geworden, »Vorstufen zum Amtlichen Bezugssystem« zu führen. Hier ist die Kenntnis aller Anwender und Beteiligten über die Netzgrundlagen Voraussetzung für den Umgang mit den verschiedenen Systemen.

So beinhaltet die in dem Schwerpunktbeitrag dargelegte Thematik nicht nur »geodätische Allgemeinbildung«, sondern sie soll zum Grundverständnis beitragen für die Erledigung der praktischen Arbeiten in den Festpunktfeldern. Dabei werden keine wissenschaftlichen Detailprobleme dargestellt; vielmehr soll ein intensiver Einblick in die Realisierungen gegeben werden. Dazu sind die heutigen und die künftigen Anforderungen aus der historischen Entwicklung heraus aufzuzeigen.

Aktueller Anlaß für den umfassenden Beitrag über die Bezugssysteme sind die neuen Regelungen des Festpunktfelderlasses, der am 25. 2. 1988 eingeführt wurde. Daneben bietet der Beitrag eine Stoffaufbereitung zu anstehenden Entscheidungen über Höhensysteme, dreidimensionale Koordinaten sowie über Voraussetzungen zur Nutzung aller Vermessungsinformationen aus satellitengestützten Verfahren. Mit diesem Themenkomplex befaßt sich zur Zeit auch die »Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)«.

Schließlich soll der Schwerpunktbeitrag Hintergrundinformationen bei Fragen der Benutzung des Nachweises der Grundlagenvermessung geben und ist besonders für Aus- und Fortbildungszwecke geeignet. Er gibt Antworten auf immer wieder gestellte Fragen wie:

- Unter welchen Voraussetzungen sind dreidimensionale Koordinaten zu führen?
- Sind unsere heutigen Bezugssysteme noch zeitgemäß?
- Warum sind bestimmte Reduktionen an die Messungen anzubringen und wann sind sie vernachlässigbar klein?
- Was ist eigentlich die »Höhe über NN«?
- Warum wird ein Schwerefestpunktfeld geführt?

Einen anschaulichen Überblick über die Arbeiten der Vermessungsverwaltungen im Bereich »Bezugssysteme« geben die verschiedenen Netzbilder, die die Ausführungen zu den drei Festpunktfeldern ergänzen. Da auch dem Umfang eines Schwerepunktbeitrages Grenzen gesetzt sind, bietet dem Interessierten eine Literaturlauswahl am Ende des Beitrages den Einstieg zum »Selbststudium«.

# Die Bezugssysteme der Grundlagenvermessung

Von Wolfgang AUGATH und Klaus KUMMER

---

## Gliederung

<b>1 Vorbemerkung</b> .....	260
<b>2 Allgemeine Grundlagen</b> .....	261
2.1 <i>Bedeutung und Aufgabenstellung der Grundlagenvermessung</i>	
2.2 <i>Einteilung der Bezugssysteme</i>	
2.3 <i>Führung und Verwaltung der Bezugssysteme</i>	
<b>3 Bezugssysteme des Lagefestpunktfeldes</b> .....	266
3.1 <i>Geodätische Grundlagen</i>	
3.2 <i>Das Deutsche Hauptdreiecksnetz (DHDN)</i>	
3.3 <i>Andere Bezugssysteme und Netze auf der Grundlage des ED 50</i>	
3.4 <i>Andere Bezugssysteme und Netze auf der Grundlage des WGS 84</i>	
3.5 <i>Netzbilder</i>	
<b>4 Bezugssysteme des Höhenfestpunktfeldes</b> .....	282
4.1 <i>Geodätische Grundlagen</i>	
4.2 <i>Das Deutsche Haupthöhennetz (DHHN)</i>	
4.3 <i>Andere Bezugssysteme</i>	
4.4 <i>Sondernetze und Europäische Netze</i>	
4.5 <i>Netzbilder</i>	
<b>5 Bezugssysteme des Schwerfestpunktfeldes</b> .....	300
5.1 <i>Geodätische Grundlagen</i>	
5.2 <i>Das Hauptschwerenetz der Bundesrepublik Deutschland (DHSN)</i>	
5.3 <i>Internationale Bezugssysteme</i>	
5.4 <i>Historische Schwerenetze in Deutschland</i>	
5.5 <i>Netzbilder</i>	
<b>6 Integriertes Basissystem der Grundlagenvermessung</b> .....	309
6.1 <i>Geänderte Anforderungen</i>	
6.2 <i>Technische Entwicklungen und Möglichkeiten</i>	
6.3 <i>Integriertes Basissystem</i>	
<b>7 Zusammenfassung</b> .....	314
<b>8 Literatur</b> .....	314

## 1 Vorbemerkung

Auf der Grundlage des Niedersächsischen Vermessungs- und Katastergesetzes (NVerKatG) vom 2. 7. 1985 [Landtag 1985] wurden am 25. 2. 1988 die Verwaltungsvorschriften über die Einrichtung, den Nachweis und die Erhaltung der Festpunktfelder (Festpunktfelderlaß) [MI 1988] eingeführt. Mit dem Festpunktfelderlaß werden erstmalig die Verwaltungsvorschriften über alle

drei Festpunktfelder (Lage-, Höhen- und Schwerefestpunktfeld) in nur einem Erlaß geregelt. Um dem Festpunktfelderlaß mit seinen umfassenden Vorschriften über die TP, AP, NivP und SP den erforderlichen überschaubaren und übersichtlichen Umfang zu geben [Kummer 1988], sind u. a. besondere historische Entwicklungen im Bereich der Festpunktfelder nur noch insoweit im Erlaß aufgeführt, als sie unmittelbare Auswirkungen auf die heutigen Arbeiten haben [Kummer 1988]. Während in den niedersächsischen »Vorgänger«-Erlassen (TP-Erlaß 1969, NivP-Erlaß 1971) und in den entsprechenden Verwaltungsvorschriften anderer Bundesländer grundsätzlich die Netzbilder der Hauptnetze mit ihren Entwicklungsstufen aufgenommen worden sind, ist aus oben genannten Gründen auf eine vergleichbare Darstellung im Festpunktfelderlaß verzichtet worden. Die Vorschriften über Bezugssysteme und geodätische Grundlagen für die einzelnen Netze sind im Festpunktfelderlaß zwar in ihren Grundsätzen geregelt, jedoch nur in dem für die Arbeiten notwendigen Umfang.

In diesem Beitrag werden – nicht zuletzt auch für Aus- und Fortbildungszwecke – die Bezugssysteme und die geodätischen Grundlagen aller drei Festpunktfelder in ihrer historischen Entwicklung zusammenhängend und umfassend dargestellt, um Hintergrundinformationen und Zusammenhänge zu den Erlaß-Regelungen zu dokumentieren. Daneben werden die – teilweise bereits eingeleiteten – künftigen Entwicklungen im Bereich der Festpunktfelder aufgezeigt.

## **2 Allgemeine Grundlagen**

### *2.1 Bedeutung und Aufgabenstellung der Grundlagenvermessung*

Die Grundaufgabe des amtlichen Vermessungs- und Katasterwesens ist die Definition und die örtliche Realisierung eines geodätischen Bezugssystems, das den Raum erfassen muß [Schulte 1982], um die zu vermessenden Gegenstände festlegen zu können (→ hoheitliche Aufgabe). Die Anordnung und Ausgestaltung dieses Systems sowie seine örtliche Realisierung bestimmt sich nach Zweckmäßigkeitsgesichtspunkten [Schulte 1982] und muß die gestellten Anforderungen erfüllen.

#### *2.1.1 Definition »Bezugssystem«*

Ein geodätisches Bezugssystem entsteht durch die Bestimmung oder Festlegung eines mathematischen oder physikalischen Bezugs-Körpers, einer Bezugs-Fläche, einer -Linie, eines Ausgangspunktes oder eines / mehrerer Ausgangswert(es) / (e); es ist mathematisch oder physikalisch zu beschreiben und wird durch Vermessungspunkte in der Örtlichkeit realisiert / festgelegt (→ Festpunkte, Festpunktfeld). Bei der Vermessung eines Gegenstandes wird er mathematisch oder physikalisch auf das betreffende System bezogen, zugeordnet und somit nach Lage, Höhe oder Schwere festgelegt.

#### *2.1.2 Trennung in Lage-, Höhen- und Schwerebezugssysteme*

Durch die räumliche Problemstellung der Geodäsie besteht grundsätzlich die Forderung nach einem dreidimensionalen, einheitlichen Bezugssystem.

Während für die Höhenbestimmung der physikalische Bezug im Vordergrund steht (Normal-Null-Fläche; Wasser soll zwischen Punkten gleicher Höhe nicht fließen), ist für die Lagebestimmung der Bezug auf eine mathematisch beherrschbare Regelfläche bedeutsam. Bei der Einrich-

tung der geodätischen Bezugssysteme vor mehr als 100 Jahren war dieser Umstand besonders zu berücksichtigen, zumal die aus heutiger Sicht eingeschränkten Möglichkeiten der damals zur Verfügung stehenden Vermessungsverfahren und Auswertemethoden weitere Zwangspunkte setzten.

Um das Genauigkeitsniveau der einzelnen Vermessungsinformationen zu erhalten, wurde statt eines dreidimensionalen Bezugssystems ein zweidimensionales Lage- und ein eindimensionales Höhenbezugssystem eingerichtet. Diese Trennung in ein Lage- und in ein Höhenbezugssystem ist den Anforderungen der Praxis bei den mengenmäßig ins Gewicht fallenden lokalen Vermessungen besonders entgegengekommen, weil für beide Bezugssysteme sonst notwendige, rechen-technisch oftmals aufwendige Reduktionen vernachlässigt werden können oder sich vereinfachen lassen (z. B. wenn ein Bezugssystem vor Ort als Ebene angesprochen werden kann).

Da die Vertikalachsen der Vermessungsinstrumente mit Hilfe von Pendeln oder Libellen in die Richtung der Schwerkraft gebracht werden [Großmann, Kahmen 1985], ist der überwiegende Teil der geodätischen Messungsgrößen automatisch auf das Schwerfeld der Erde bezogen [Torge 1975]. Um diesen physikalischen Bezug entsprechend zu berücksichtigen, sind bei heutigen Genauigkeitsanforderungen präzise Informationen über die Variation des Schwerfeldes notwendig. Weil die Festlegung eines lokal zu vermessenden Gegenstandes auf das Lage- oder Höhenbezugssystem nach Möglichkeit allein geometrisch zu bestimmen ist und keine weiteren (z. B. physikalischen) Elemente enthalten sollte, ist somit das Schwerfeld der Erde zu bestimmen und im Bezugssystem zu berücksichtigen oder das Bezugssystem optimal an das Schwerfeld anzupassen. Diese Forderung hat neben geophysikalischen und geodynamischen Anforderungen zu der Schaffung eines dritten Festpunktfeldes geführt, des Schwerfeldfestpunktfeldes [Kummer 1983].

Durch den Einsatz von satellitengestützten Verfahren in Verbindung mit den heutigen Möglichkeiten der Auswertung und der Datenverarbeitung/-verwaltung können die verstärkten Anforderungen der Benutzer an die dreidimensionale Betrachtungsweise der Festpunktfelder durch die Schaffung eines zusätzlichen dreidimensionalen Bezugssystems erfüllt werden.

### 2.1.3 Vorgaben durch Rechts- und Verwaltungsvorschriften

Rechtsvorschrift für die Schaffung der Bezugssysteme ist § 6 NVermKatG [Landtag 1985]. Dort ist festgelegt, daß durch Grundlagenvermessungen einheitliche geodätische Bezugssysteme für alle öffentlichen Vermessungen zu schaffen sind, wobei dazu Lage-, Höhen- und Schwerfeldpunkte landesweit einzurichten, nachzuweisen, zu erhalten, zu kennzeichnen (Vermarkung) und zu sichern sind.

Die Verwaltungsvorschriften über Bezugssysteme sind im Festpunktfelderlaß [MI 1988] enthalten. Danach sollen die Festpunktfelder vor allem den Ansprüchen der Verwaltung und der Landesverteidigung sowie der Wirtschaft und Wissenschaft genügen und Grundlage besonders für die Führung des Liegenschaftskatasters und für die Topographische Landesaufnahme sein.

Die Gesamtheit aller Festpunkte eines Festpunktfeldes realisiert das entsprechende geodätische Bezugssystem für die Lage, für die Höhe oder für die Schwere (→ Festpunktfelderlaß). Die Werte der Festpunkte (Koordinaten, Höhen oder Schwerewerte) werden jeweils durch spezielle »Netzgrundlagen« festgelegt. »Netzgrundlagen« sind dabei die einzelnen mathematischen oder physikalischen Elemente, die den betreffenden Bezugs-Körper, die Bezugs-Fläche, -Linie oder einen Ausgangspunkt/-wert bestimmen. Diese Elemente sind variierbar, so daß grundsätzlich für jeden Festpunkt verschiedene, voneinander zu unterscheidende Werte durch Änderung der Netz-

grundlagen bestimmt werden können. Die Gesamtheit aller Festpunkte eines Festpunktfeldes kann somit gleichzeitig mehrere Bezugssysteme für die Lage, Höhe oder Schwere realisieren – jeweils in Bezug auf andere Netzgrundlagen.

Eine besondere, herausragende Festlegung bestimmter Netzgrundlagen wird durch die Hauptnetze (Deutsches Hauptdreiecksnetz (DHDN), Deutsches Haupthöhennetz (DHHN), Hauptschwerenetz der Bundesrepublik Deutschland (DHSN)) bezeichnet. Die Hauptnetze werden durch die jeweiligen Festpunkte 1. Ordnung der Bundesländer gebildet; im »System der Hauptnetze« beziehen sich die Werte aller Festpunkte – unabhängig von der jeweiligen Verdichtungsstufe (Netz) – auf die dort vergebene Netzgrundlagen.

#### 2.1.4 Zusammenarbeit in der AdV

Um die zu vermessenden Gegenstände (z. B. Verkehrswege, Bauwerke, ...), die nicht immer nur auf ein Landesgebiet zu begrenzen sind, auf ein einheitliches Vermessungssystem beziehen zu können, ist es erforderlich, daß die jeweiligen Bezugssysteme der einzelnen Bundesländer identisch sind. Gerade für den militärischen und für den wissenschaftlichen Bereich ist diese Forderung unverzichtbar; viele Untersuchungen, Bestandsaufnahmen und Vorhaben auf dem Gebiet der Daseinsfürsorge (z. B. Umweltschutz, Küstenschutz, ...) können nur länderübergreifend durchgeführt und beurteilt werden.

Da das Vermessungswesen in den Zuständigkeitsbereich der Länder fällt, erfüllen die einzelnen Vermessungsverwaltungen diese Anforderungen in der »Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)«. Dabei werden von der AdV im Bereich der Grundlagenvermessung die Arbeitskreise »Triangulation« und »Präzisionsnivellement« eingesetzt, die – in der Regel durch Arbeitsgruppen – gemeinsame Empfehlungen zum notwendigen einheitlichen Vorgehen erarbeiten und dem AdV-Plenum zum Beschluß vorlegen.

So hat beispielsweise die Arbeitsgruppe Schwerefestpunktfeld des AdV-Arbeitskreises »Präzisionsnivellement« die fachlichen Vorgaben für die Schaffung des ab 1978 in den Bundesländern neu eingerichteten Schwerefestpunktfeldes erarbeitet – von der einheitlichen Netzgestaltung, der Punktdichte, der Vermessungsverfahren und der gemeinsamen Gesamtausgleichung des Hauptschwerenetzes der Bundesrepublik Deutschland bis hin zur gemeinsam durchgeführten und ausgewerteten Kalibrierung aller eingesetzten Vermessungsgeräte. Andere Beispiele für länderübergreifende Zusammenarbeit sind die Absprachen der benachbarten Bundesländer über die Einführung neuer Koordinaten in Niedersachsen (1984), das einheitliche Vorgehen der Länder bei den Erneuerungs- und Wiederholungsmessungen im Deutschen Haupthöhennetz (1980–1985) oder die gemeinsame Erarbeitung der Voraussetzungen und Bedingungen für den Einsatz satellitengestützter Verfahren.

Durch die Beschlüsse der AdV werden jedoch die Zuständigkeiten und Kompetenzen der Länder nicht aufgehoben. Trotz der Notwendigkeit, einheitliche Bezugssysteme in der Bundesrepublik zur Verfügung zu stellen, werden die länderspezifischen Anforderungen, Vorgaben und Bedingungen berücksichtigt und die Selbständigkeit der einzelnen Verwaltungen sowie ihr Handlungsspielraum gewahrt.

## 2.2 Einteilung der Bezugssysteme

Aus § 6 NVermKatG ergibt sich, daß in jedem Festpunktfeld mindestens ein Bezugssystem vorzuhalten ist. Durch die vielfältigen und teilweise speziellen Anforderungen an die Grundlagen-

vermessung werden jedoch oftmals darüber hinaus noch weitere Bezugssysteme in den einzelnen Festpunktfeldern benötigt, wobei der dadurch entstehende Aufwand an die erforderlichen Berechnungen und an die Datenverwaltung mit den Möglichkeiten der Automatisierten Datenverarbeitung relativ problemlos erfüllt werden kann.

### 2.2.1 Amtliche Bezugssysteme

Das »Amtliche Bezugssystem« eines Festpunktfeldes wird von der Gesamtheit aller Festpunkte realisiert und durch die Netzgrundlagen des jeweiligen Deutschen Hauptnetzes (DHDN, DHHN, DHSN) bestimmt. Mit diesem Bezugssystem des jeweiligen Festpunktfeldes wird der gesetzliche Auftrag von § 6 NVerKatG erfüllt. Damit ist das Amtliche Bezugssystem auf die allgemeinen Anforderungen der Benutzer abgestellt.

### 2.2.2 Vorstufen zu Amtlichen Bezugssystemen

Systematische Netzerneuerungen und Verdichtungen erfordern bei einem Flächenland wie Niedersachsen einen Arbeitsaufwand, der sich über mehrere Jahre oder Jahrzehnte erstrecken kann. Dabei wird kontinuierlich – z. B. maschenweise – vorgegangen. Es können deshalb übergangsweise in einem Netz neben den Netzteilen, in denen noch keine Netzerneuerungen vorgenommen worden sind, auch Netzteile entstehen, die teilweise erneuert sind und andere, deren Erneuerung bereits abgeschlossen ist (stufenweise Netzerneuerung). Da die Festpunktfelder als Grundlage aller öffentlichen Vermessungen ständig zur Verfügung stehen müssen, eröffnet der Festpunktfelderlaß die Möglichkeit, bei stufenweiser Netzerneuerung übergangsweise verschiedene Vorstufen zum jeweiligen Amtlichen Bezugssystem einzurichten.

Diese Vorstufen sind so lange für das entsprechende Gebiet Amtliches Bezugssystem, bis dort die Netzerneuerung abgeschlossen ist. In Gebieten, in denen noch keine Netzerneuerung vorgenommen wurde, bleibt das alte Festpunktfeld vorerst weiterhin Amtliches Bezugssystem.

Da grundsätzlich auch über die zwangsläufig entstehenden temporären Netzteilränder hinaus und unabhängig davon ein Festpunktfeld benutzbar sein muß, können für die einzelnen Netzteile gleichzeitig Werte in verschiedenen Entwicklungsstufen (Vorstufen) geführt werden. Zusätzlich geführte Werte in anderen Entwicklungsstufen zählen jedoch nicht zum Amtlichen Bezugssystem.

### 2.2.3 Andere Bezugssysteme und Netze

Für spezielle Anforderungen werden »andere Bezugssysteme« realisiert. Beispiele hierfür sind das UTM-Koordinatensystem (für militärische Zwecke), das System der Geopotentiellen Knoten (für wissenschaftliche Zwecke) oder das erwähnte dreidimensionale Koordinatensystem. Gemäß Festpunktfelderlaß können zu jedem Festpunkt neben den Werten des Amtlichen Bezugssystems auch Werte ermittelt und geführt werden, die sich auf andere Netzgrundlagen beziehen. Diese Werte der Festpunkte realisieren die »anderen Bezugssysteme«, die zusätzlich zum jeweiligen Amtlichen Bezugssystem vorgehalten werden.

Von den anderen Bezugssystemen zu unterscheiden sind »andere Netze«, wie Sondernetze (z. B. das Netz des Nordseeküstennivellements) oder historische Netze. Sie können nicht nur auf anderen Netzgrundlagen basieren, sondern sie unterscheiden sich in der Regel von den Festpunktfeldern zusätzlich durch ein anderes Beobachtungs- und Punktkollektiv. Dabei können die Ver-

messungspunkte und die zugrundegelegten Vermessungsergebnisse durchaus in Teilen mit denen der Festpunktfelder identisch sein. Die »anderen Netze« werden wie die »anderen Bezugssysteme« geführt und dienen Sonderzwecken.

#### 2.2.4 Historische Werte

Besonders im Höhen- und im Schwerefestpunktfeld werden für die Beurteilung von Veränderungen neben den zuletzt ermittelten Werten (»aktuellen Werten«) häufig auch historische Werte der Festpunkte benötigt. Historische Werte können deshalb in jedem Festpunktfeld für das Amtliche Bezugssystem, für Vorstufen zum Amtlichen Bezugssystem sowie für andere Bezugssysteme und Netze geführt werden.

»Historische Werte« sind somit von den zu den anderen Netzen gehörenden »historischen Netzen« begrifflich zu unterscheiden.

(In historischen Netzen können neben dem zuletzt ermittelten Wert eines Vermessungspunktes zusätzlich historische Werte aus noch früheren Netzepochen geführt werden.)

### 2.3 Führung und Verwaltung der Bezugssysteme

Bei den vielfältigen Möglichkeiten, neben (»aktuellen« und historischen) Werten im Amtlichen Bezugssystem auch verschiedene Werte bestehender Vorstufen sowie anderer Bezugssysteme und Netze vorzuhalten oder zu berechnen, ist es notwendig, die Nachweise und die weiteren – internen – Unterlagen übersichtlich und systematisch zu gliedern und zu führen.

#### 2.3.1 Nachweise der Grundlagenvermessung

Der Festpunktfelderlaß legt fest, daß die Festpunkt-Übersichten, -Beschreibungen und Sammlungen der Daten für Punkte des »amtlichen Nachweises« mit den obligatorischen Daten (des Amtlichen Bezugssystems bzw. einer Vorstufe dazu) Nachweise der Grundlagenvermessung sind.

Zu den Punkten des »amtlichen Nachweises« zählen nur die der allgemeinen Benutzung zugänglich zu machenden Festpunkte und nicht etwa intern geführte Rohrfestpunkte, Unterirdische Festlegungen oder TP-Sicherungen, die dem Erhalt und der Sicherung der Festpunktfelder dienen. Weiterhin gehören die Werte anderer Bezugssysteme und Netze sowie die Werte von zusätzlich zum Amtlichen Bezugssystem geführten Vorstufen ebenso wie die historischen Werte nicht zu den obligatorischen Daten und somit nicht zu den Nachweisen.

Ein gesetzlicher Anspruch auf Benutzung besteht nur auf den Inhalt der Nachweise; die internen Daten und die weiteren Unterlagen *können* aber *müssen* nicht abgegeben werden.

#### 2.3.2 Führung in der ALK-Punktdatei

Durch die Einrichtung der Punktdatei ist es möglich, alle Daten und Werte übersichtlich und systematisch zu führen und zu verwalten. Durch Selektionen können spezielle benutzerfreundliche Auszüge gemäß der gestellten Anforderungen erzeugt werden. Die Werte der Festpunkte können somit problemlos gleichzeitig für verschiedene Bezugssysteme geführt werden.

In jedem Festpunktfeld werden die Werte des Amtlichen Bezugssystems, der bestehenden Vorstufen zum Amtlichen Bezugssystem sowie der anderen Bezugssysteme und Netze jeweils mit einem besonderen »Status« bezeichnet, der automationsgerecht verschlüsselt wird (z. B. »Lagestatus 100«, »Höhenstatus 140« oder »Schwerestatus 100«). Jeder Wert eines Festpunktes ist dem entsprechenden Status zuzuordnen.

### 3 Bezugssysteme des Lagefestpunktfeldes

#### 3.1 Geodätische Grundlagen

Mit den geodätischen Grundlagen für Lagenetze sind Koordinatensysteme und Bezugsflächen zu definieren. Dabei war es bisher üblich, ausgehend von der Aufgabenstellung, zwischen nationalen, kontinentalen und globalen Lösungen zu unterscheiden. Diese Vorgehensweise ist erst in den letzten Jahren durch neue Meß- und Rechentechniken in Frage gestellt worden. Dabei ist auch eine Entscheidung über die Behandlung der geophysikalischen »Störgrößen« zu fällen, die sich in Lagenetzen durch Elemente wie »Lotrichtung, Lotabweichung, Geoidundulation« manifestiert. Letztlich sind Abbildungsvorschriften von den dreidimensionalen Koordinatensystemen in die zweidimensionale Ebene zu finden.

Alle Entscheidungen in diesen Bereichen sind geprägt durch die jeweiligen meß- und rechentechnischen Möglichkeiten der Hersteller und der Benutzer des Bezugssystems. Da sich hier in den letzten Jahren ein starker Wandel vollzogen hat, kann und sollte dieser bei der Einführung neuer Bezugssysteme bedacht werden.

##### 3.1.1 Dreidimensionale Systeme und Bezugsflächen

Wegen der räumlichen Aufgabenstellung bieten sich primär *globale, kartesische dreidimensionale Koordinatensysteme* an.

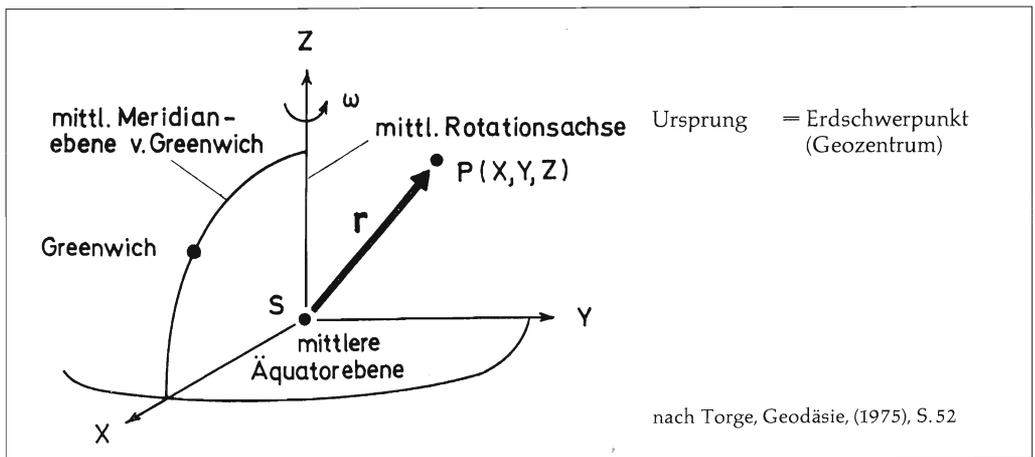


Abb. I: Definition eines globalen kartesischen dreidimensionalen Koordinatensystems

Die Benutzung eines derartigen Systems war bisher nur für Erdmessungsaufgaben üblich [Torge 1975], für die Benutzer der Landesvermessung war es zu unanschaulich und rechentechnisch zu aufwendig. Durch die heutigen hochpräzisen und global arbeitenden satellitengestützten Verfahren (vgl. 3.4) gewinnt es jedoch auch für die Landesvermessung mehr und mehr an Bedeutung. Bei der Definition ist zu beachten, daß wegen der äußeren Einflüsse (z. B. wechselnde Massenanziehung) und der inneren Instabilitäten (z. B. durch Massenverlagerungen) nur eine mittlere Lagerung als künstliches System definiert werden kann. Polbewegungen, Gezeiteneinflüsse, usw. sind durch Reduktionen zu berücksichtigen.

Die Benutzer der Grundlagenvermessung konnten bisher mit dreidimensionalen Punkthaufen nichts anfangen. Zur Erhöhung der Anschaulichkeit und als Zwischenschritt für die spätere Abbildung in die Ebene wurden deshalb Bezugsflächen eingeführt. Das Geoid (vgl. 4.1.1) als eigentliche Figur der Erde und Höhenbezugsfläche scheidet als Lagebezugsfläche aus, obwohl es eine in sich geschlossene, stetige Fläche ist. Die Krümmung besitzt jedoch wegen sprunghafter Dichteänderungen im Erdinneren Unstetigkeiten, die eine strenge analytische Beschreibung unmöglich machen.

Die Figur des Geoides läßt sich jedoch recht gut durch ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid annähern. Die dritte Komponente eines Punktes, die Höhe, wird dabei mit Hilfe der Ellipsoidnormalen (natürliche, physikalische Lotrichtung) auf das Ellipsoid projiziert (Helmert-Projektion). Bei globalen Lösungen sind die Höhenabweichungen zum Geoid kleiner als 100 m [Torge 1975] und entsprechen in ihren Auswirkungen der klassischen Meßgenauigkeit in der Landesvermessung. Wenn man das ellipsoidische System genauso lagert wie das X-Y-Z-System, ist ein eventueller Übergang zwischen beiden Systemen mit strengen Formeln möglich.

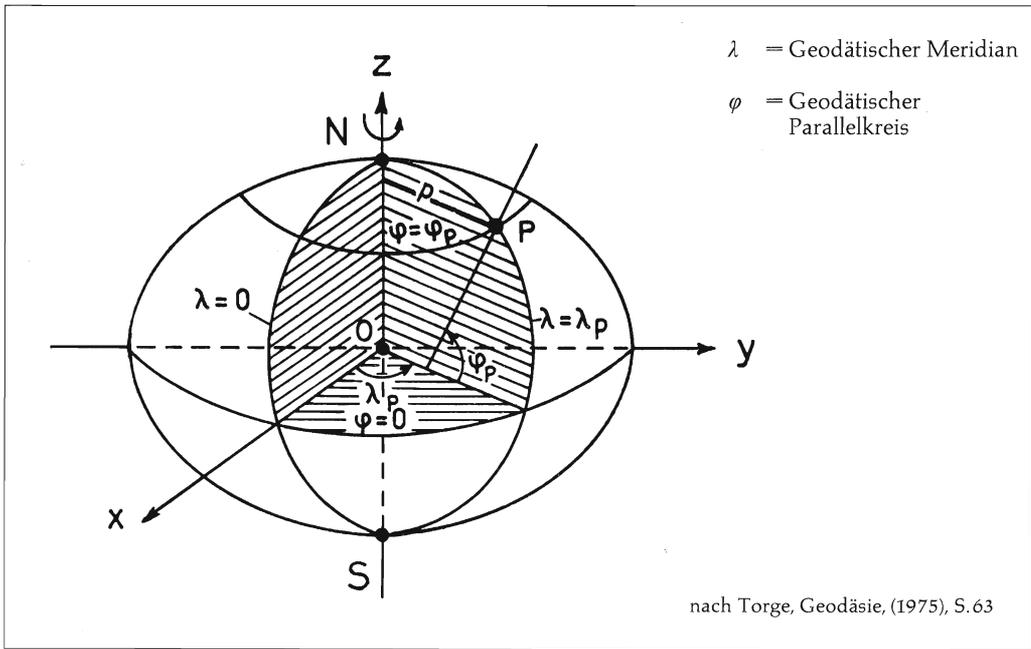


Abb. 2: Das Ellipsoid als Lagebezugsfläche

Bei nationalen Lösungen, bei denen es stark auf die »Kleinheit« von Reduktionen ankommt, wird das Rotationsellipsoid parallel zur Rotationsachse verschoben. Heitz [1972] zeigt, daß z. B. beim Deutschen Hauptdreiecksnetz (DHDN) die Höhenabweichungen Ellipsoid-Geoid im Bereich der Basen weitaus kleiner als 0,5 m sind und somit die Ergebnisse der klassischen Landesvermessung nicht verfälscht haben.

Geodätische Messungen finden nicht in abstrakten Bezugssystemen statt, sondern in der geodätisch-physikalischen Wirklichkeit unter direktem Einfluß des Erdschwerefeldes (»natürliche Bezugssysteme« [Torge 1975]). So wird in der *Astronomie* die Lotrichtung in bezug auf die Niveaufläche in Geländehöhe gemessen und nicht diejenige in Bezug auf das Geoid (Differenz: Lotkrümmung) oder gar auf das Ellipsoid (Lotkrümmung und Lotabweichung Geoid / Ellipsoid).

*Winkelmessungen* beziehen sich durch die Horizontierung des Theodoliten ebenfalls auf die »natürliche« Lotrichtung in Geländehöhe, Lotabweichung und Lotkrümmung wirken wie ein Stehachsfehler.

Lediglich die *Raumstreckenmessung* ist frei von Einflüssen des Erdschwerefeldes. Hier kommt die geodätisch-physikalische Wirklichkeit bei der Höhenreduktion auf die Bezugsfläche Ellipsoid zum Tragen, da hierzu ellipsoidische und nicht geoidbezogene Höhen benötigt werden.

Die Konsequenz aus diesem Sachverhalt ist einfach: Es sind die notwendigen Messungen durchzuführen, um die »natürlichen« Bezugssysteme in abstrakte geodätische überführen zu können (Lotabweichungen, Schwermessungen, Dichtebestimmungen). Zum Glück passen sich Geoid und Ellipsoid so gut einander an, daß der Einfluß dieser »Störgrößen« früher nur in Netzen erster Ordnung zu beachten war, insbesondere, wenn man »bestangepasste« Ellipsoide benutzte.

Heutzutage ist jedoch generell die Meßgenauigkeit stark gestiegen und es besteht durch globale Vermessungsverfahren der Zwang, auch globale Bezugssysteme zu benutzen. Als Konsequenz ergibt sich eine weitaus stärkere Bedeutung der »Störgrößen« als bei der klassischen Landesvermessung.

Tabelle I gibt diesen Sachverhalt an Hand der Anforderungen an die Genauigkeit der Kenntnis der Geoidundulation (Höhendifferenz Geoid / Ellipsoid) wieder.

Klassische Landesvermessung:	Basisvergrößerungsseite: $\pm 1 \times 10^{-5}$	$\rightarrow \pm 60 \text{ m}$
Modernisierte Landesvermessung:	Direkte Streckenmessung: $\pm 1 \times 10^{-6}$	$\rightarrow \pm 6 \text{ m}$
GPS-Vermessungsverfahren:	Überführung ellipsoidischer Höhen in Höhen der Landesvermessung	$\rightarrow \pm 1 \text{ cm}$

Tabelle I: Anforderungen an die Genauigkeit der Geoidundulationen  
(Ansatz: Reduktionsfehler = Meßgenauigkeit)

Für Zwecke der *Erdmessung* und um anderen Wissenschaften (*Astronomie*, *Geophysik*) einheitliche Bezugssysteme zur Verfügung stellen zu können, sind durch die Internationale Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) geodätische Bezugssysteme festgelegt worden, die über rein geometrische Festsetzungen hinausgehen.

So wird einmal über die Orientierung des Bezugssystems auf dem Ellipsoid in der Weise verfügt, wie die *Astronomie* es tut (kleine Halbachse des Ellipsoids = parallel zur Richtung des »Konventionellen Internationalen Nullpunkts« (CIO) für die Polbewegung, Bezugsmeridian = mittlerer Meridian von Greenwich). Zum anderen wird für die *Geophysik* das Erdellipsoid zur Niveau-

fläche erklärt und damit das Schwerepotential des Außenraumes eindeutig bestimmt (zusätzliche Parameter: Winkelgeschwindigkeit und Masse des Erdkörpers). Dazu sind innere Massenordnungen möglich, die dem tatsächlichen Aufbau des Erdkörpers gut entsprechen. Die zu dieser Festsetzung gehörenden Schwerewerte  $\gamma$  auf dem Erdellipsoid werden als Normalschwerewerte bezeichnet und mit breitenabhängigen Schwereformeln berechnet, z. B.: die Internationale Schwereformel von 1930:

$$\gamma_0 = 9,78049 (1 + 0,0052884 \sin^2 \varphi - 0,0000059 \sin^2 2 \varphi) [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}]$$

### 3.1.2 Orientierung und Lagerung eines Netzes

Werden die geometrischen Ellipsoidparameter »Große Halbachse  $a$ « und »Abplattung  $f$ « als bekannt vorausgesetzt, so legt das *Geodätische Datum* die Orientierung und die Verschiebung des Ellipsoidischen Koordinatensystems gegenüber dem wahren Erdkörper fest [Torge 1975]. Die angesprochene Parallelität der Drehachsen der beiden Körper (Ellipsoid  $\parallel$  Geoid = Erdkörper) wird durch mindestens drei Laplace-Gleichungen im Rahmen der Meßgenauigkeit erreicht.

Für die Festlegung der drei Translations-Parameter zwischen den beiden Körpern bestehen verschiedene identische Möglichkeiten, so einmal durch direkte Angabe der drei Koordinatenunterschiede des ellipsoidischen Nullpunktes in bezug auf den Erdmittelpunkt [MilGeo 1988] oder auch durch die Lotabweichungen  $\xi_1, \eta_1$  und die Geoidundulation  $N_1$  in einem ausgewählten Punkt  $P_1$ .

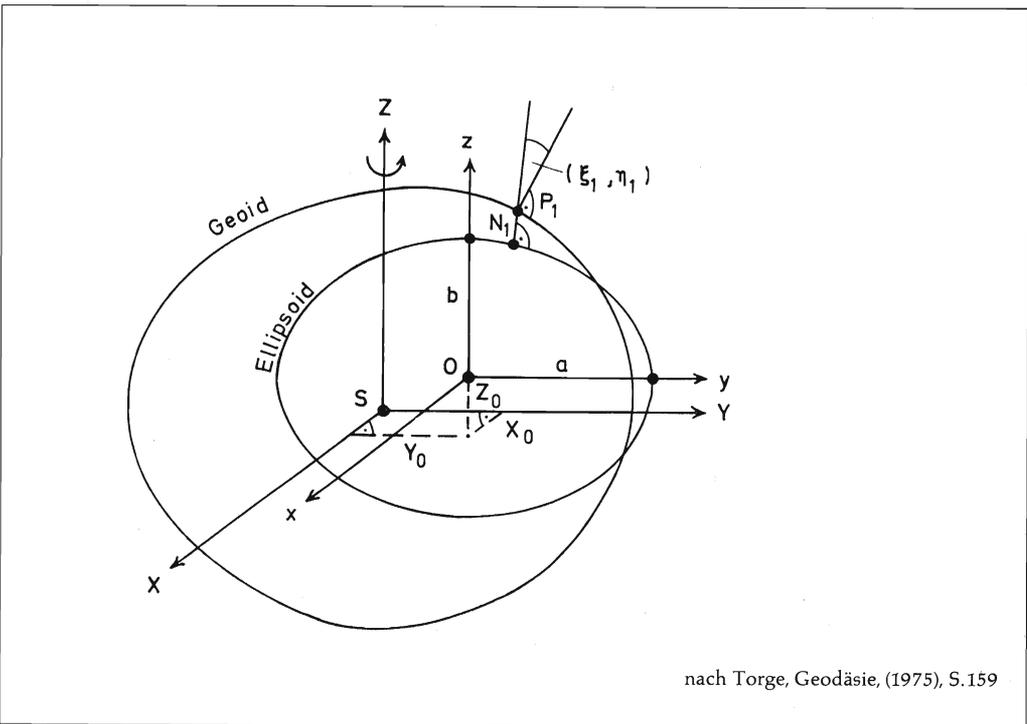


Abb. 3: Geodätisches Datum

### 3.1.3 Ebene Koordinaten eines Punktes

Räumliche ellipsoidische Koordinatensysteme sind für den praktischen Gebrauch der Benutzer der Landesvermessung zu unhandlich. Insbesondere für die Abbildung in Karten sind immer *ebene zweidimensionale Koordinatensysteme* notwendig. Die bei diesem Übergang notwendigen Abbildungsvorschriften erzeugen notwendigerweise Verzerrungen an Originalgrößen wie Winkeln, Strecken, Flächen. Die vielfältigen Möglichkeiten für Abbildungsvorschriften unterscheiden sich im wesentlichen durch die Größe und die Art der dabei erzeugten Verzerrungen.

Große Bedeutung für die Landesvermessung hat die *konforme (winkeltreue)* Abbildung, da früher die Winkelmessung das wichtigste Messungselement der Grundlagenvermessung war, das möglichst gering (oder gar nicht im Verhältnis zur Meßgenauigkeit = Wegfall von Reduktionen) verzerrt werden sollte. Zwar kann das gesamte Ellipsoid *einer* Abbildung unterzogen werden. Schreiber wählte zum Beispiel *ein* ebenes konformes System für ganz Preußen als Rechenhilfe für die Berechnung der Triangulation 2. und 3. Ordnung. Da die Verzerrungen jeweils mit dem Quadrat des Abstandes zum Bezugsmeridian zunehmen, werden Anordnungen vorgezogen, die

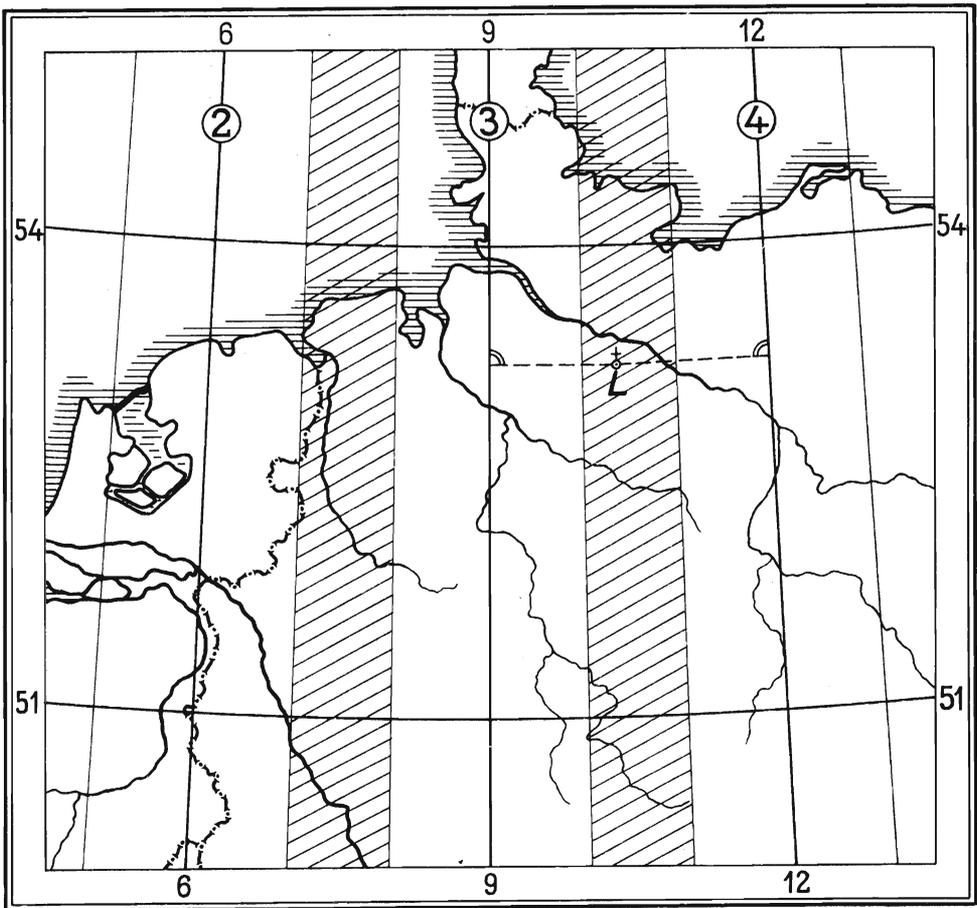


Abb. 4:

Prinzip der konformen Abbildung und des Gauß-Krügerschen-Meridianstreifensystems

nach Kahmen, Vermessungskunde II, S. 182

verschiedene Bezugsmeridiane benutzen (Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem, UTM-Koordinaten). Die Vorteile kleiner Verzerrungen werden dabei durch den Nachteil von Doppelkoordinaten auf Grenzmeridiane oder in Überlappungsgebieten teilweise wieder getilgt. Deswegen wurden für das UTM-Abbildungssystem bereits  $6^\circ (\pm 3)$  statt  $3^\circ (\pm 1,5)$  breite Streifen gewählt.

### 3.1.4 Anschluß an Lagebezugssysteme

Das Lagefestpunktfeld ist lt. § 6 NVerMKatG die Grundlage für alle öffentlichen Vermessungen und muß in einer für die Durchführung dieser Arbeiten notwendigen Punktdichte vorgehalten werden.

Die »notwendige« Punktdichte ändert sich jedoch in Abhängigkeit von den Aufnahmemethoden und rechentechnischen Möglichkeiten der Benutzer. So mußte früher bei Verwendung des Orthogonal-Verfahrens neben den TP-Netzen ein engmaschiges Netz von Polygon- und Kleinpunkten vorgehalten werden. Die weiteren Rechen- und Kartierarbeiten ließen sich dann mit unreduzierten Meßwerten in mittlerer Geländehöhe durchführen. Heutzutage benötigt die elektronische Tachymetrie weit weniger Festpunkte (Verhältnis AP-Netz / Polygon- und Kleinpunktnetz = 1 : 5).

Die Meßwerte werden korrekt in ein landesweites Bezugssystem reduziert und stehen später für die Übertragung ins Gelände als »Absteckelemente in Geländehöhe« zur Verfügung. Die dabei notwendige Abspeicherung von Koordinaten in einem Bezugssystem erfolgt im wesentlichen aus Rationalisierungsgründen (Wegfall der Messungselemente) und bietet dabei auch die problemlose Möglichkeit der automationsgerechten Nutzung für andere Aufgaben (Lageinformationen für Grundriß, Ausgangswerte für Übergang in andere Bezugssysteme).

## 3.2 Das Deutsche Hauptdreiecksnetz (DHDN)

Die Koordinaten auf der Grundlage des DHDN haben die größte Bedeutung als Amtliches Lagebezugssystem. Die Netzgrundlagen (Geodätisches Datum, Netzbeobachtungen) des DHDN wurden vor mehr als 100 Jahren geschaffen. Im Gegensatz zum Höhen- und Schwerefestpunktfeld, wo aufgrund der Geodynamik und anderer äußerer Einflüsse alle zwei bis drei Jahrzehnte grundlegende Erhaltungs- und Erneuerungsarbeiten durchzuführen sind (vgl. 4.2.2), konnten die Netzgrundlagen des DHDN bis in die heutige Zeit beibehalten werden. Lediglich die die Nachbarschaftsbeziehungen repräsentierenden *Netzbeobachtungen* mußten im letzten Jahrzehnt erneuert werden, um den gestiegenen Anforderungen der Benutzer gerecht zu werden. Rezente Krustenbewegungen als Anlaß für Netzerneuerungen beschränkten sich dagegen auf einzelne Punkte.

### 3.2.1 Die Netzgrundlagen des DHDN (Rauenberg-Datum)

Die Festsetzung des Rauenberg-Datums ging nicht so eindeutig vonstatten wie in späteren Jahren, so daß ihre Bewertung für unterschiedliche Interpretationen offen ist [Schmidt 1986]. Die wesentlichen Festsetzungen enthält Tabelle 2.

Durch die mit damaligen Möglichkeiten geprägte organisatorische Vorgehensweise im Netzaufbau (Ketten- und Füllnetze) und bei der Rechentechnik (netzweise Unterteilung mit Anschlußzwang an Bestehendes) ist die Verwirklichung des geodätischen Datums in den einzelnen Landesteilen sehr inhomogen [Pötzschner 1986].

<u>Ellipsoid:</u>	Bessel (1841),
<u>Achsenparallelität:</u>	Eine Lotrichtung eingeführt
<u>Datumsvektor:</u>	Zentralpunktsternmethode mit Rauenberg (Lotabweichungen = 0, Geoidhöhe indirekt über Höhenreduktion der Grundlinien)
<u>Orientierung:</u>	Ein Azimut
<u>Maßstab:</u>	5 Grundlinien

Tabelle 2: Geodätische Datumsparameter des Rauenberg-Datums

Das Rauenberg-Datum wurde in der deutschen Landesvermessung bis heute nicht geändert [Wolf 1987]. Es galt ursprünglich nur für die gesamte Preußische Triangulation, später für das »Deutsche Einheitssystem (1923)«, das »Reichsdreiecksnetz (RDN)« mit seinen Erneuerungen im süddeutschen und ostdeutschen Raum, sowie das DHDN als Anteil des Reichsdreiecksnetzes für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland.

Auch die niedersächsischen Arbeiten für den Lagestatus 100 behalten durch den Koordinatenansatz (Auffelderung des neuen Netzes auf die bestehenden Koordinaten von ausgewählten Randpunkten) das Rauenberg-Datum bei. Es wird lediglich landesweit homogenisiert (→ »Neukoordinierung Niedersachsen 1984«).

### 3.2.2 Entstehung der Erneuerung

Während die Datumsfestsetzungen von 1851 bis heute gelten, sind bei den sonstigen Beobachtungen im niedersächsischen Raum zwei Epochen zu unterscheiden:

#### 1. Entstehung 1875 bis 1885 (BRD 1874 bis 1954) (LS 200)

Meßverfahren: Winkelmessung 1. Ordnung nach Schreiber

Netzaufbau: Ketten- und Füllnetze

Berechnungsverfahren: Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate mit  
*Anschlußzwang*

Die später beklagten Differenzen im niedersächsischen Anteil am DHDN sind dabei weniger durch die damalige Meßgenauigkeit als vielmehr durch die Auswirkungen des Anschlußzwanges entstanden [Augath 1984].

#### 2. Erneuerung ab 1955 (LS 100)

Die Mängel des niedersächsischen Anteils am DHDN waren zwar schon lange bekannt und wurden ab 1955 konsequent meßtechnisch behoben:

Ergänzende Winkelbeobachtungen [Höpcke 1985]

Systematische astronomische Beobachtungen [Geßler 1985]

Nachmessungen der Basen

Direkte Streckenmessungen 1. Ordnung [Pötzschner 1985]

Streckenmessungen 2. Ordnung (1972 – 1982) [Meliß, Umbach 1985]

NIEDOC 1983 [Augath, Seeber 1985]

Den wesentlichen Beitrag für die Nachbarschaftsbeziehungen der Punkte lieferte dabei die Streckenmessung 2. Ordnung, so daß heutzutage in Niedersachsen eine Benutzergenauigkeit von  $\pm 2$  cm für Entfernungen bis 200 km gilt.

Einen Überblick über den Netzaufbau des DHDN sowie der Neukoordinierung in Niedersachsen 1984 geben die Netzbilder in 3.5.1 bis 3.5.3.

### 3.3 Andere Bezugssysteme auf der Grundlage des Europäischen Datums 1950 (ED 50)

Die methodischen Mängel des DHDN waren allen Beteiligten der Verwaltung und der Wissenschaft bekannt. Alle Versuche, die Datumsparameter zu verbessern, sind wegen der hohen Folgearbeiten und des damals geringen praktischen Wertes nicht übernommen worden [vgl. Wolf 1987].

Praktische Bedeutung hat dagegen ein Bezugssystem erlangt, das nach dem 2. Weltkrieg unter dem Namen »Europäisches Datum 1950« entstanden ist. Zusammen mit der speziellen Abbildungsvorschrift der »Universalen Transversalen Merkatorprojektion« (UTM) bilden die ellipsoide oder ebenen Koordinaten dieses Bezugssystems primär die Grundlage für militärische Arbeiten. Auch der zivile Katastrophenschutz bediente sich des UTM-Systems, ebenso wie Landesgrenzen überschreitende Anwender wie die internationale Schifffahrt, die Luftfahrt oder der Funkverkehr. Später wurde dieses Bezugssystem unter primär wissenschaftlichen Zielsetzungen von der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) mit Hilfe der Kommission für die Ausgleichung des Europäischen Hauptdreiecksnetzes (RETRIG) weiterentwickelt.

#### 3.3.1 Die Netzgrundlagen des ED 50

Der Ursprung des Geodätischen Datums des ED 50 liegt in den 1945 – 47 ausgeführten Arbeiten zur Ausgleichung des Zentraleuropäischen Netzes (ZEN) des damaligen Instituts für Erdmessung, Bamberg [Wolf 1949, 1987]. Dabei wurde das auf das Hayford-Ellipsoid übertragene Reichsdreiecksnetz so gedreht und verschoben, daß sich minimale Lotabweichungen und Laplace-Widersprüche ergaben [Wolf 1987]. Für den Zentralpunkt Potsdam, Helmersturm ergaben sich dabei die Lotabweichungskomponenten  $\xi = + 3,36''$ ,  $\eta = 1,78''$ . Der Geoid-Abstand in Potsdam betrug  $+ 0,4$  m. Er folgte aus einem astronomischen Nivellement mit der Forderung, daß die Geoidabstände in den Basen im Mittel 0 betragen sollten. An das ZEN wurden weitere Blöcke durch Anfelderung angefügt, so daß die oben beschriebenen Datumsparameter erhalten blieben.

#### 3.3.2 Entstehung und Erneuerung des ED 50

##### *Entstehung*

Der Netzaufbau des ED 50 ist in 3.5.4 wiedergegeben, wo sich auch die einzelnen Rechenblöcke erkennen lassen (ZEN, Nord-, Südost-, Südwest-Block). Das ED 50 trägt zu Recht den Namen »Europäisches« Netz, alle Weiterentwicklungen beschränken sich auf den westeuropäischen Anteil.

Das ED 50 besteht in seiner Grundform aus ausgewählten Dreiecksketten, die Füllnetze wurden anschließend eingerechnet. Für den deutschen Bereich sind die gleichen Netzbeobachtungen eingeflossen wie im DHDN (bzw. dem RDN). Die Vorteile des ED 50 gegenüber dem DHDN bestehen dabei in folgenden Punkten:

- Lösung für ganz Europa,
- eindeutigere Datumsbestimmung,
- deutlich weniger Anschlußzwang durch große Rechenblöcke.

Die Koordinaten werden in der Punktdatei unter den Lagestatusangaben 400 bis 421 nachgewiesen.

#### *Weiterentwicklung des ED 50 im Rahmen der RETRIG-Kommission*

Zur Verbesserung des ED 50 wurde 1954 in Rom von der IAG die »Permanente Kommission für die Neuausgleichung des Europäischen Hauptdreiecksnetzes (RETRIG)« gegründet. Das Ziel der Arbeiten ergab sich direkt aus den Nachteilen des ED 50 und seiner Daten. Es war notwendig

- die Netzstruktur zu verbessern,
- Maßstab und Orientierung zu verstärken,
- die Verbindung zwischen einzelnen Netzteilen zu versteifen,
- eine exaktere Reduktion der Beobachtungen in die Rechenfläche (Geoidbestimmung) vorzunehmen,
- eine strenge Gesamtausgleichung eines Flächennetzes vorzunehmen (→ »RETRIG«) [Ehrnsperger, u. a. 1987].

Diese Aktivitäten erfaßten auch Niedersachsen und waren Anlaß zu den in 3.2.2 aufgeführten Ergänzungsbeobachtungen, die von den beiden Abteilungen des DGFI und der Niedersächsischen Landesvermessung ausgeführt wurden. Aufgrund der rasanten technischen Entwicklung in den letzten 40 Jahren haben die Arbeiten nie ein echtes Ende gefunden. Im Gegenteil, immer bessere Beobachtungstechniken lösten gerade fertiggestellte Arbeiten ab, so z. B.:

- die elektronische Streckenmessung (Ersetzen der Basismessungen und des Basisvergrößerungsnetzes sowie der Winkelbeobachtungen),
- die satellitengestützten Dopplerverfahren (Ersetzen der astronomischen Lagerung und Orientierung, Verbindung weit auseinanderliegender Netzteile),
- SLR/VBLI-Messungen\* (Ersetzen der astronomischen Lagerung und Orientierung, Verbindung weit auseinanderliegender Netzteile).

Wesentliche Zwischenergebnisse waren:

*Phase II (ED 79)* = Ausgleichung unter Verwendung aller vorliegenden terrestrischen Beobachtungsdaten, jedoch *ohne* Satellitenbeobachtungen.

*Phase III (ED 87)*: wie 2, jedoch *mit* Satellitenbeobachtungen.

Die Ergebnisse werden in der Kurzform ED 79 bzw. ED 87 benannt, beide greifen jedoch auf Datumsparameter des ED 50 zurück, z. B. für den Zentralpunkt D 7835 (München). Die bei den RETRIG-Ausgleichungen entstandenen Koordinaten sind bisher nicht für den Nachweis in der Punktdatei vorgesehen; ein Netzbild des RETRIG ist in 3.5.5 dargestellt.

### *3.4 Andere Bezugssysteme und Netze auf der Grundlage des WGS 84*

Mit dem ED 50 und seinen Weiterentwicklungen bis zur RETRIG-Lösung Phase III, 1987 ging die Zeit der nationalen und kontinentalen Bezugssysteme zu Ende. Satellitengestützte Vermes-

---

\* Very Long Baseline Interferometry (VLBI) / Satellite Laser Ranging (SLR)-Messungen

sungsverfahren erfordern *globale* und jeweils bestmöglich *geozentrische* Bezugssysteme. Auf der Gegenseite liefern sie eine Unmenge neuer Meßwerte, die es gestatten, immer bessere Erdmodelle aufzubauen. Tabelle 3 gibt die Entwicklung der vier wesentlichen Bezugsgrößen globaler geodätischer Referenzsysteme wieder. Dabei ist zwischen den Empfehlungen der IUGG (GRS = Geodetic Reference System) und den Festsetzungen amerikanischer militärischer Dienststellen (WGS = World Geodetic System) zu unterscheiden.

	a [m]	1/f	GM [ $10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$ ]	$\omega$ [ $10^{-11} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ]
GRS 67	6378 160	298,24717	3986030	7292115
WGS 72	6378 135	298,26	3986005	7292115
GRS 80	6378 137	298,2572221	3986005	7292115
WGS 84	6378 137	298,2572235	3986005	7292115

a = große Halbachse; 1/f = Abplattung; GM = Gravitationskonstante;  $\omega$  = Winkelgeschwindigkeit

Tab. 3: Entwicklung der Parameter geodätischer Referenzsysteme

### 3.4.1 Netzgrundlagen künftiger anderer Bezugssysteme und Netze auf der Grundlage des WGS 84

Die AdV hat 1987 empfohlen, ein neues »Grundnetz« auf der Grundlage des WGS 84 aufzubauen. Diese Entscheidung war geprägt durch den Umstand, daß das amerikanische »Global Position System (GPS)« mit seinen künftig mindestens 18 Satelliten (Abb. 5) sich dieses Bezugssy-

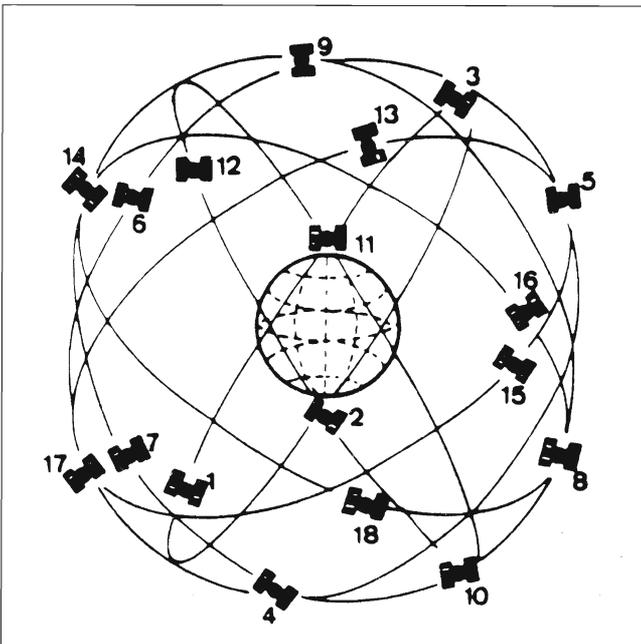


Abb. 5:  
GPS 18-Satellitenkonstellation  
aus Kahmen, Vermessungskunde II,  
S. 274

systems bedient. Da jeder Besitzer eines GPS-Empfängers auf jedem Punkt der Erde absolute Positionsbestimmungen durchführen kann, stellt das GPS-System mit seinen Komponenten

Bezugssystem: WGS 84  
Weltraumsegment: mindestens 18 Satelliten  
Kontrollsegment: Trackingstationen zur Bahndatenbestimmung  
(z. Z. Guam, Hawaii, Alaska, Vandenberg/Cal., Wettzell/D.)

eine permanente, jedoch festpunktlose Realisierung des Bezugssystems WGS 84 dar. Für weltweite Nutzer mit geringen Genauigkeitsansprüchen reicht diese Realisierung aus (Genauigkeit max. 1 bis 2 m bei längeren Messungen, kurzfristig  $\pm 20$  bis 100 m).

Für geodätische Zwecke genügt diese Realisierung nicht. Ähnliche Verhältnisse herrschen im Schwerefestpunktfeld, wo das Hauptschwerenetz der Bundesrepublik Deutschland (DHSN), basierend auf seinen Schwere-Absolutstationen, das bestehende internationale Bezugssystem IGSN 71 (vergl. 5.1) konkretisiert und homogenisiert. Im Lagebereich sollte ein Bezugssystem auf der Grundlage des WGS 84 die auf  $\pm 1$  bis 2 m unsichere Koordinierung durch fixierte Werte von ausgewählten Satellitenstationen festlegen. Die die Ellipsoid-Parameter ergänzenden Datumsfestlegungen ergeben sich dann direkt aus den XYZ-Koordinaten dieser Stationen.

### 3.4.2 Entstehung und Weiterentwicklung künftiger Bezugssysteme auf der Grundlage des WGS 84

#### *Erste Realisierung*

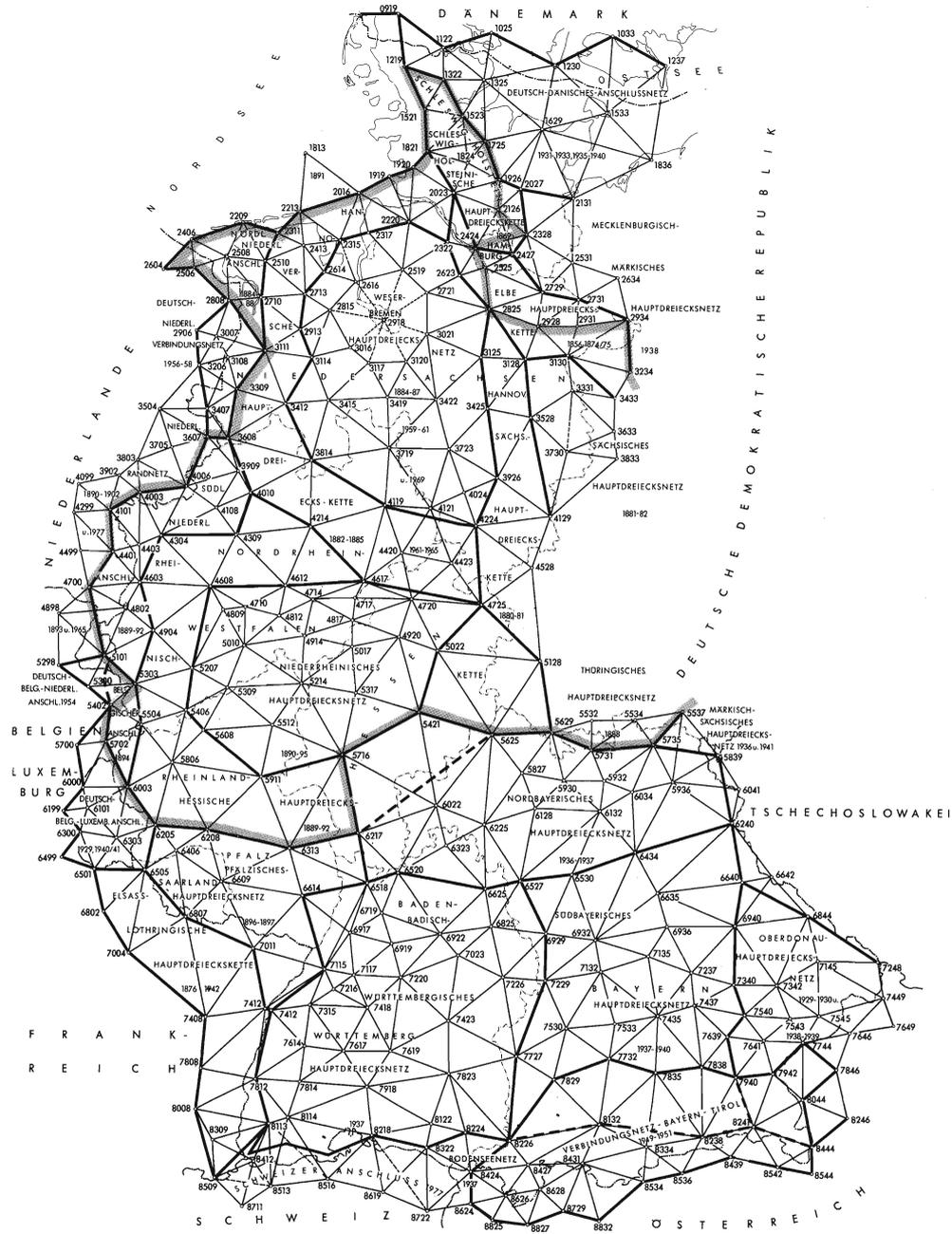
Eine erste Realisierung eines Bezugssystems auf der Grundlage des WGS 84 wird 1989 in einer gemeinsamen europäischen Kampagne vorgenommen werden. Ziel der Arbeiten ist es, Paßpunkte für eine Transformationsparameterbestimmung von den nationalen geodätischen Grundlagen in das Bezugssystem WGS 84 zu erzeugen. Die Ergebnisse werden dringend für die Transformation digitalisierter Straßendaten in ein einheitliches Bezugssystem benötigt. Da in der europäischen Kampagne nur 1 bis 2 Punkte in Niedersachsen vorgesehen sind, müssen zur sinnvollen Transformation der LS 100-Koordinaten an den Rechengrenzen noch einige weitere Punkte bestimmt werden.

#### *Weiterentwicklung*

Das Grundnetz der AdV als Bestandteil eines europäischen Netzes kann erst in den nächsten Jahren aufgebaut werden. Dazu ist die Verteilung der SLR-Stationen in Europa zu verbessern und das geodätische Datum überall in Europa homogener zur Verfügung zu stellen. So fehlen z. B. noch ein Punkt in Niedersachsen sowie einige Stationen im Norden Europas.

### 3.5 Netzbilder

Einen Überblick über den Netzaufbau des DHDN (1957 und 1984) geben die beiden nachfolgenden Netzbilder in 3.5.1 und 3.5.2. Die Neukoordinierung Niedersachsen 1984 wird in 3.5.3 dargestellt. Weiterhin sind Darstellungen der Netzbilder des ED 50 (in 3.5.4) und des RETRIG (in 3.5.5) beigefügt.



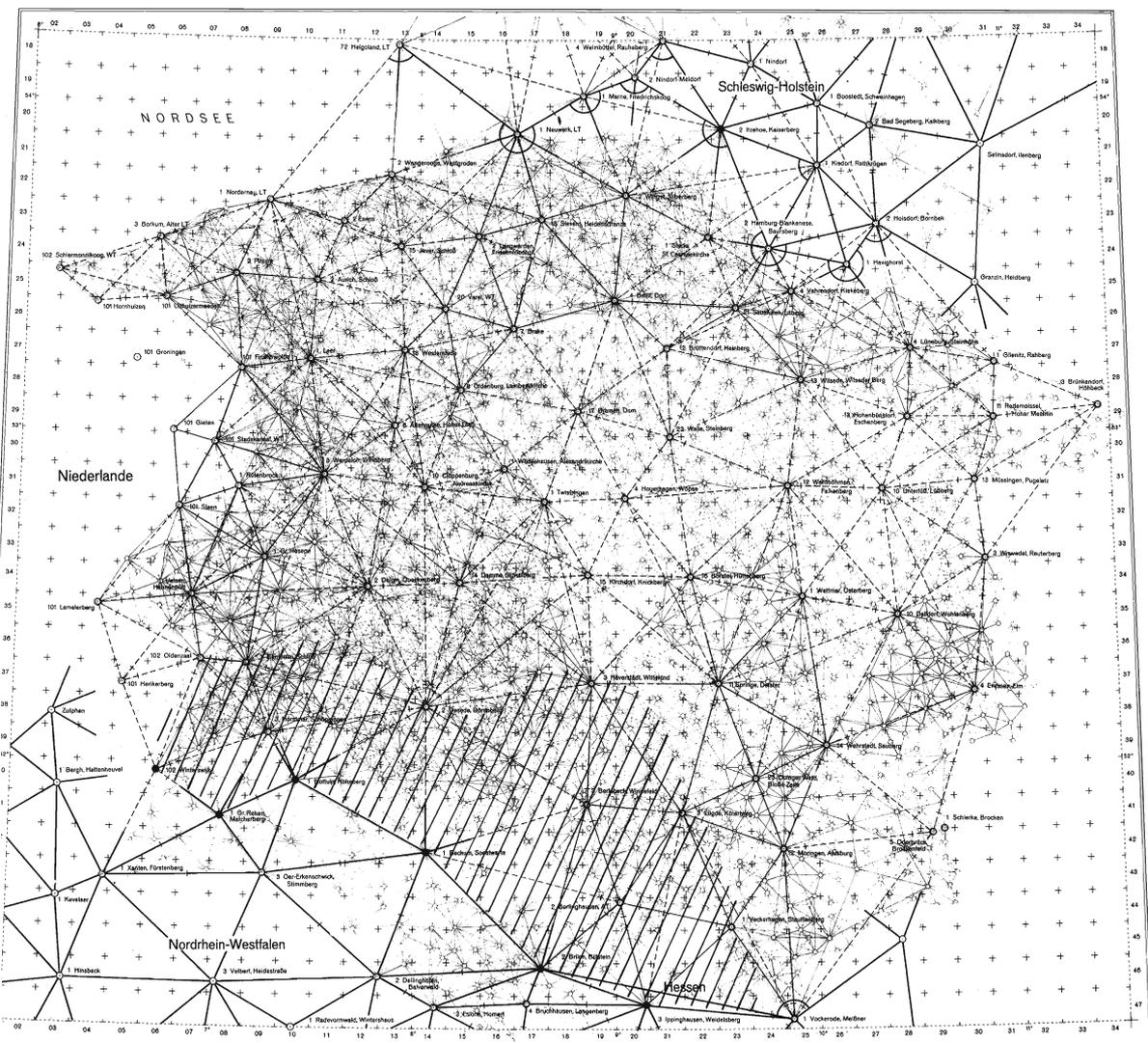
**SCHREIBERSCHER BLOCK**  
und spätere Änderungen

Die den Hauptdreieckspunkten beige-setzten Zahlen  
geben die zugehörigen Blattnummern der TK 25 an.

Maßstab 1:4 000 000  
10 0 20 40 60 80 100km  
Stand des DHDN: 1977

3.5.1: Deutsches Hauptdreiecksnetz (DHDN); Stand 1957



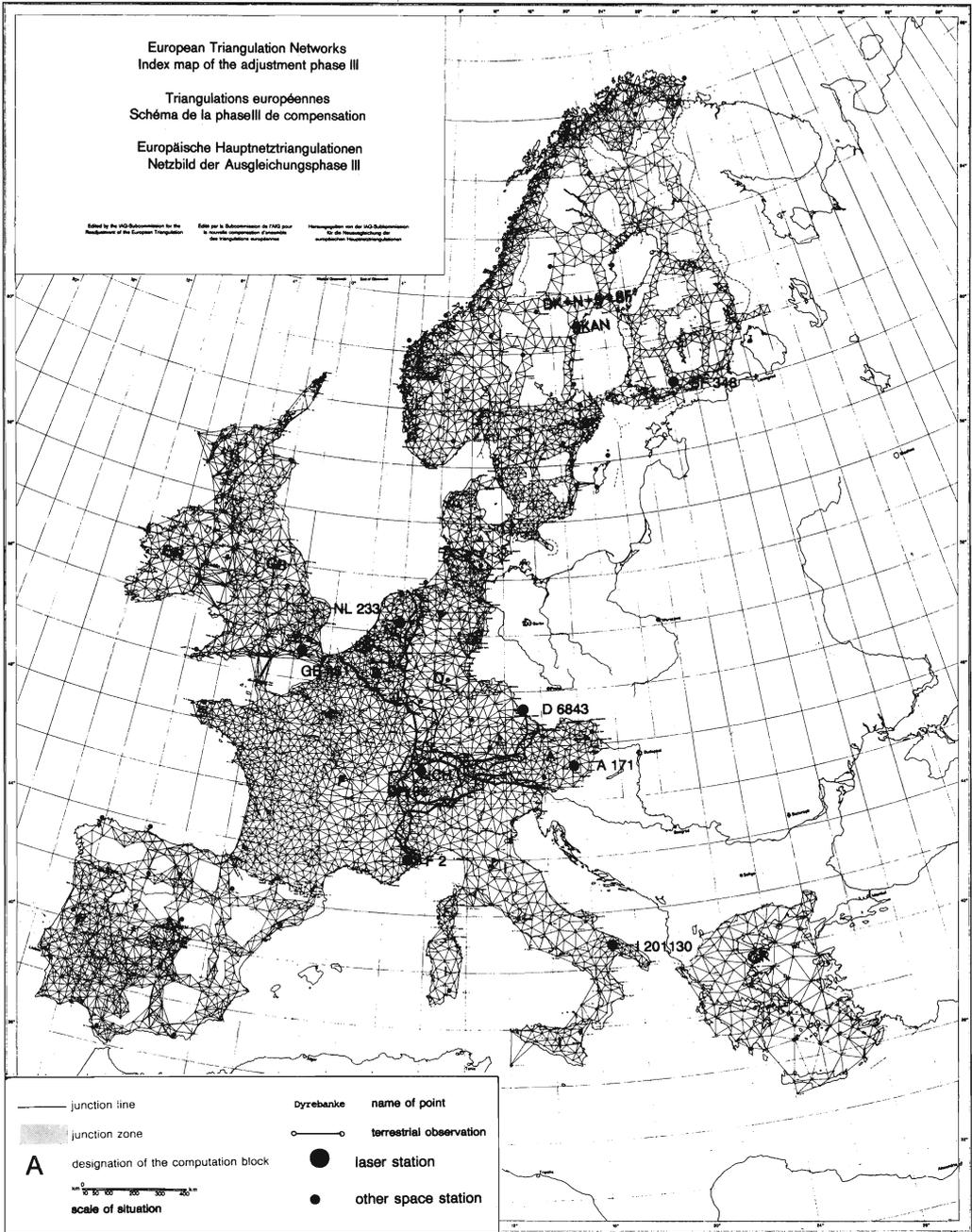


-  Paßpunkt des Transformationsansatzes 23.02
-  Übergangszone im DHDN (LS 200 → LS 100)
-  Übergang mit Doppelkoordinaten (LS 200 + LS 100)

### 3.5.3: Neukoordinierung Niedersachsen 1984



3.5.4: Netzbild des ED 50



3.5.5: Netzbild des RETRIG

## 4 Bezugssysteme des Höhenfestpunktfeldes

### 4.1 Geodätische Grundlagen

Die Anforderungen an die Definition und Realisierung eines Höhenbezugssystems bestehen maßgeblich durch die in der Praxis benötigten Vereinbarungen / Festlegungen. Danach sollte ein Höhenbezugssystem möglichst den tatsächlichen (physikalischen) Bedingungen in der Natur angepaßt sein sowie weitgehend die Erfahrungen und Vorstellungen der Benutzer über diese Bedingungen (z. B. das Verhältnis »oben / unten« oder »stehen / fließen«) berücksichtigen.

#### 4.1.1 Bezugsflächen

Die Höhe eines Punktes auf der Erde sollte aus genannten Gründen auf eine Fläche bezogen sein, auf der bei gleichbleibender Bewegung einer Masse möglichst keine Arbeit geleistet werden muß (z. B. Wasser nicht fließt). Eine solche Fläche wird in der Natur von jeder sich in Ruhe befindlichen Wasseroberfläche realisiert, die sich bekanntlich nach Maßgabe der Schwerkraft einstellt. Sie wird als »Niveaufläche« oder »Äquipotentialfläche« bezeichnet, da sie auf jedem ihrer Punkte das gleiche Potential der Schwerebeschleunigung ( $\rightarrow$  Schwere) realisiert.

Bei der Bestimmung einer solchen Fläche als Bezugsfläche bietet es sich an, sie mit der Oberfläche der Weltmeere zusammenfallen zu lassen, die man sich dazu unabhängig von Gezeiten und Strömungen in einer mittleren Lage in Ruhe und mittels kommunizierender Röhren unter den Kontinenten fortgesetzt vorstellen kann [Großmann, Kahmen 1985; Torge 1975]. Diese »Nullfläche« kann über Pegelmessungen mit einem »Nullpunkt« realisiert werden. Sie ist jedoch nicht eine regelmäßige mathematische Fläche, wie sie im Lagefestpunktfeld aus rechentechnischen Gründen benötigt wird, sondern infolge der ungleichen Massenverteilung im Erdinnern ( $\rightarrow$  Schwereabhängigkeit) unregelmäßig »gewellt«. In Anlehnung an das griechische Wort für Erde wird sie auch als »Geoid« bezeichnet [Großmann, Kahmen 1985]. Auf die Niveaufläche »Geoid« oder auf eine Näherung an diese Niveaufläche beziehen sich die in der Praxis gebräuchlichen Höhensysteme.

#### 4.1.2. Einfluß der Schwere

Maßgeblich wegen der die Schwere beeinflussenden Erdabplattung und ungleichen Massenverteilung im Erdinnern verlaufen die einzelnen Niveauflächen durch Punkte auf der Erdoberfläche nicht parallel. Ihr Abstand ist von der Schwere abhängig und damit eine Funktion des Ortes. Die Punkte einer Niveaufläche  $W$  haben also jeweils nicht den gleichen metrischen Abstand von der Nullfläche  $W_0$ , sondern sie haben zur Nullfläche immer nur die gleiche Potentialdifferenz  $C = W_0 - W$ . In der Potentialdifferenz  $C$  sind zwei Komponenten enthalten:

- a) der »geometrische« Anteil  $h$  ( $\rightarrow$  Erfassung durch Nivellement)  
und
- b) der »physikalische« Anteil  $g$  ( $\rightarrow$  Erfassung durch Berücksichtigung der Schwere).

Der Potentialunterschied  $\Delta C$  zwischen zwei Punkten  $P$  und  $Q$  an der Erdoberfläche ist das Produkt aus der Summe aller nivellierten Höhenunterschiede  $dh$  mit dem Einfluß aller Schwerewerte  $g$ , die an den jeweiligen Orten der Höhenunterschiede  $dh$  vorliegen. Er wird durch die Formel

$$\Delta C = \int_P^Q g dh$$

ausgedrückt und hat die Einheit  $m^2 \cdot s^{-2}$  ( $m$  aus dem Nivellement und  $m \cdot s^{-2}$  aus dem Einfluß der Schwere).

In der Praxis sind Potentialunterschiede zur Beschreibung der Höhenverhältnisse wenig anschaulich und für viele Anwendungen oftmals ungeeignet. Dagegen wird von den meisten Benutzern als Differenz zur Bezugsfläche ein metrischer Abstand gewünscht.

#### 4.1.3 Höhe eines Punktes

Der für einen Punkt ermittelte Höhenwert stellt den im internationalen Meter ausgedrückten Abstand des Punktes längs seiner (gekrümmten) Lotlinie von der Bezugsfläche (Nullfläche) dar. Dies wird in der nachfolgenden Abbildung verdeutlicht.

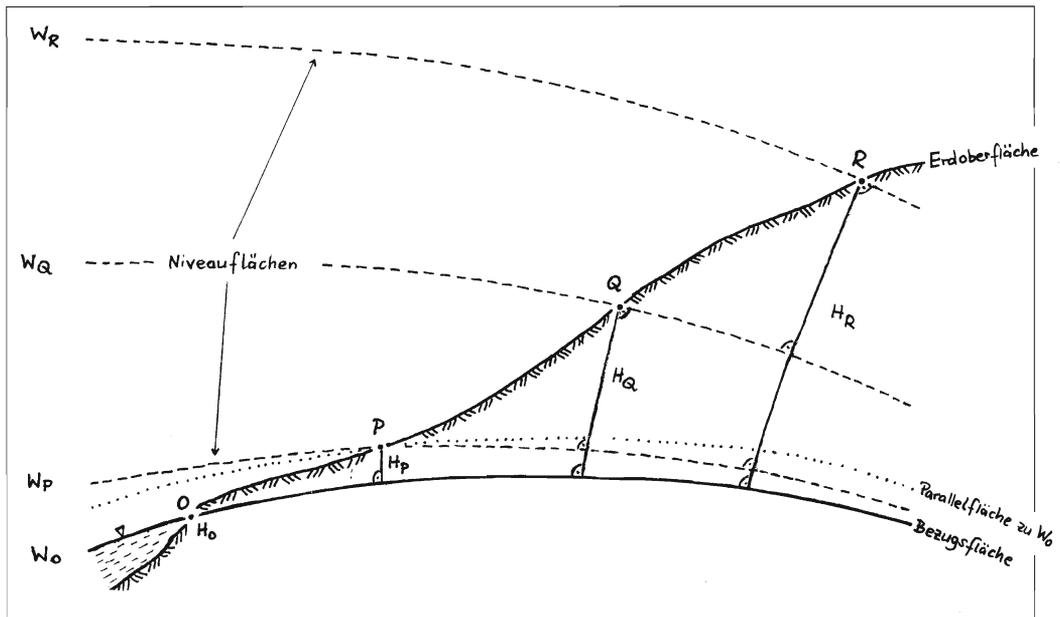


Abb. 6: Höhe H eines Punktes über der Bezugsfläche

Um die (metrisch festgelegte) Höhe eines Punktes P an der Erdoberfläche zu bestimmen, ist der Potentialunterschied somit wegen des Einflusses der Schwere zu reduzieren. Es gilt

$$H_p = \frac{C_p}{g} = \frac{1}{g} \cdot \int_0^P g dh \quad \text{mit } \bar{g} = \text{mittlere Schwere längs der Lotlinie durch P.}$$

Rechentechisch ist es einfacher, diesen Einfluß in Form einer Reduktion r (Schwerereduktion) formelmäßig wie folgt zu berücksichtigen:

$$H_p = \frac{C_p}{g} = \int_0^P dh + r \quad \text{mit } \int_0^P dh = \text{Summe der nivellierten Höhenunterschiede.}$$

Um aus nivellierten Höhenunterschieden dh Werte in einem metrischen Höhensystem zu erhalten, ist somit immer die Schwerereduktion anzubringen. Die einzelnen (metrischen) Höhensysteme unterscheiden sich durch die verschiedenen Möglichkeiten, diese Reduktion praxisgerecht zu berücksichtigen. Letztlich wird durch die Schwerereduktion auch die Nullfläche festgelegt. Ohne Berücksichtigung des Einflusses des Schwerfeldes ist somit ein benutzerorientiertes Höhensystem, das die tatsächlichen (physikalischen) Bedingungen in der Natur berücksichtigt, nicht aufzubauen.

Mit der Herbeiführung der einfacheren Verhältnisse bei einem metrischen Höhensystem wird der Umstand in Kauf genommen, daß wegen der Ortsabhängigkeit der Schwerewerte Punkte gleicher Höhe auf einer Parallelfläche zur Bezugsfläche und nicht mehr auf einer Niveaufläche liegen (siehe vorstehende Abbildung). Umgekehrt haben Punkte auf einer Niveaufläche unterschiedliche metrische Höhen. Im lokalen Bereich behindern diese »Abweichungen« jedoch nicht die praktischen Arbeiten in einem solchen Höhensystem.

#### 4.1.4 Anschluß der Nivellements an Höhenbezugssysteme

Jedes Nivellement ist durch die örtlich auf das Nivellierinstrument unterschiedlich wirkende Schwerkraft vom gewählten Meßweg beeinflusst. Im Höhenbezugssystem wird dieser Einfluß wie erwähnt durch die Schwerereduktion berücksichtigt. Bei einem örtlich durchgeführten Nivellement sind am »Schleifenwiderspruch« neben Meßfehleranteilen auch die Anteile der bei der Höhenmessung nicht angebrachten – in den Anschlußpunkten des Höhenbezugssystems aber enthaltenen – Schwerereduktion beteiligt. Beim Verteilen des Schleifenwiderspruchs auf die nivellierten Höhenunterschiede dh eines örtlich begrenzten Nivellements wird somit indirekt automatisch auch eine – allerdings vom Nivellementweg abhängige – »Schwerereduktion« angebracht und die Neupunkte werden quasi im Höhenbezugssystem bestimmt. Mit diesem Verfahren bleibt dem örtlichen Anwender unter Wahrung der erforderlichen Genauigkeit erspart, gleichzeitig mit dem Nivellement auch Schwerebestimmungen durchzuführen und zu berücksichtigen.

## 4.2 Das Deutsche Haupthöhennetz (DHHN)

Die definierten und realisierten Netzgrundlagen des DHHN werden unter 4.2.1 dargestellt. Da das DHHN auf Höhenmessungen basiert, die mehr als 100 Jahre zurückliegen, wurde es im Laufe der Jahrzehnte den Erfordernissen angepaßt, aktualisiert, erweitert und spezifiziert. Unter 4.2.2 ist damit auf die Entstehung und Erneuerung besonders einzugehen, wobei in einzelne Epochen zu unterscheiden ist.

### 4.2.1 Netzgrundlagen

Weil bei der Anlage des DHHN keine gemessenen Schwerewerte für die Nivellementlinien vorlagen, eine Schwerereduktion gemäß 4.1 jedoch vorzunehmen war, wurde die tatsächliche Schwere durch eine berechnete, fiktive »Normalschwere in sphäroidischer Näherung« [Torge 1975] ersetzt. Sie berücksichtigt zwar die »normale« Änderung der Schwere wegen der Erdabplattung (Breitenabhängigkeit), jedoch nicht die durch Massenunregelmäßigkeiten verursachten Schwereanomalien. Diese Schwerereduktion wird als »normalorthometrische Reduktion« bezeichnet. Die Höhenbezugsfläche ist also nicht exakt das Geoid, sondern eine Annäherung an das Geoid, die letztlich nur über das vorhandene Höhenfestpunktfeld festgelegt wird, indem die normalorthometrischen Höhen der Festpunkte nach unten abgetragen werden. Diese »Niveaufläche« als Höhenbezugsfläche des DHHN verläuft durch den Normal-Nullpunkt (Normal-Null [NN]) und wird als »NN« bezeichnet.

Der Normal-Nullpunkt bezieht sich auf den durch Pegelmessungen festgelegten Nullpunkt des Amsterdamer Pegels und schließt damit an den mittleren Meeresspiegel der Nordsee an. Dazu wurde der Nullpunkt des Amsterdamer Pegels durch Nivellements auf den »Normalhöhenpunkt von 1879« an der ehemaligen Berliner Sternwarte übertragen und als Höhenunterschied

37,000 m festgelegt. Der Normalhöhenpunkt von 1879 wurde 1912 wegen Abbruchs der Sternwarte zerstört, zuvor jedoch durch eine Gruppe Unterirdischer Festlegungen bei Hoppegarten ersetzt («Normalhöhenpunkt von 1912»).

Im System des DHHN wird die Höhe eines Punktes als »Höhe über NN« bezeichnet und drückt im internationalen Meter den Abstand dieses Punktes längs seiner Lotlinie von der Bezugsfläche NN aus.

Das DHHN ist seit 1912 aus einzelnen Netzteilen zusammengefügt worden. Neuere Netzteile sind jeweils mit Zwang an die bereits bestehenden angeschlossen worden. Das Gebiet des Landes Niedersachsen umfaßt Anteile der unter 4.5.4 dargestellten Netzteile II und IV.

#### 4.2.2 Entstehung und Erneuerung

Bei der Entstehung und Erneuerung des DHHN ist in fünf Epochen zu unterscheiden. Der Festpunktfelderlaß beschreibt diese Epochen wie folgt:

- ① In den Jahren 1868 bis 1894 wurde erstmalig ein zusammenhängendes landesweites Höhennetz geschaffen, das die Grundlage für den späteren Aufbau des DHHN bildet. Die Höhen dieses Netzes enthalten nicht die normalorthometrische Reduktion und werden deshalb als historische Höhen im »Alten System« («Höhenstatus 900-909») bezeichnet.
- ② In den Jahren 1912 bis 1938 wurde der größte Teil des heute bestehenden DHHN angelegt. Dabei wurden alle Höhenmessungen auf die Niveaufläche NN bezogen und in Ermangelung von gemessenen Schwerewerten mit der normalorthometrischen Reduktion verbessert. Die daraus abgeleiteten Höhen werden als historische Höhen im »Neuen System« («Höhenstatus 910-919») bezeichnet.
- ③ Der niedersächsische Anteil am DHHN wurde von 1949 bis 1955 neu vermessen und unter Anschluß an ausgewählte höhenstabile Punkte neu berechnet. Daraus abgeleitete Höhen werden als historische Höhen im »Horizont 55« («Höhenstatus 920-929») bezeichnet.  
Alle neuen Höhenmessungen der Länder aus den Jahren 1945 bis 1960 wurden später zusätzlich einer bundesdeutschen Gesamtausgleichung in bezug auf die Landesnivellmenthauptgruppe Wallenhorst zugeführt (Niv-Netz 60).
- ④ In den Jahren 1968 bis 1974 wurde in Nordwest- und Mittelniedersachsen das Niv-Netz (I) neu vermessen. In diesen Gebieten wurden daraufhin die mit diesen Höhenmessungen neu berechneten Höhen des Niv-Netzes 60 eingeführt. Da für Südniedersachsen keine neuen Messungen vorlagen, wurden in diesem Netzteil die bestehenden Höhenwerte des Niv-Netzes 60 eingeführt und mit einer etwa 50 km breiten Übergangzone an den erneuerten Teil angepaßt. Die daraus für alle niedersächsischen Niv-Netze abgeleiteten Höhen werden als Höhen im »Horizont 74« («Höhenstatus 130») bezeichnet (Amtliches Bezugssystem).
- ⑤ In den Jahren 1980 bis 1985 wurden Erneuerungs- und Wiederholungsmessungen im DHHN geschlossen und gleichzeitig für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland ausgeführt.  
Für diese Höhenmessungen stehen gemessene Schwerewerte zur Verfügung, so daß für das DHHN neben den normalorthometrischen Höhenangaben dieses künftigen Amtlichen Bezugssystems («Höhenstatus 140») bei Bedarf Werte in anderen Bezugssystemen (Geopotentielle Koten, Normalhöhen oder Orthometrische Höhen) berechnet werden können.

Die Netzbilder zu den einzelnen Epochen werden in 4.5 dargestellt; zu Epoche ① unter 4.5.1, zu ② unter 4.5.2, zu ③ Abs. 2 unter 4.5.3, zu ④ unter 4.5.4 und 4.5.5 sowie zu ⑤ unter 4.5.6.

Einen Überblick über die einzelnen Epochen gibt die nachfolgende Tabelle:

Epoche Zeitraum	Bezeichnung	Ausführende Stelle	Anlaß	Höhen- status- angabe
① 1868 bis 1894	Urnivellement »Altes System«	Preußische Landesaufnahme	Einrichtung	900 bis 909
② 1912 bis 1938	Reichshöhennetz »Neues System«	Preußische Landesaufnahme; Reichsamt für Landesaufnahme	Neueinrichtung	910 bis 919
③ 1949 bis 1955	DHHN – »Horizont 55«	NLVwA-LVm	neue Vermessung; teilweise Neueinrichtung	920 bis 929
④ 1968 bis 1974	Netzerneuerung Nds. im DHHN – »Horizont 74«	NLVwA-LVm	Erneuerung in Nordwest- und Mittel-Nds.	130
⑤ 1980 bis 1985	Erneuerungs- und Wieder- holungsmessung im DHHN	NLVwA-LVm; zuständige LVA	neue Vermessung in der BR Deutschland	140

Tabelle 4: Entstehung und Erneuerung des DHHN in Niedersachsen

### 4.3 Andere Bezugssysteme

Die Netzgrundlagen von sechs anderen Bezugssystemen werden im folgenden dargestellt. Dabei wird auf grundsätzliche Unterschiede zwischen den einzelnen Systemen und zum Amtlichen Bezugssystem hingewiesen. Die anderen Bezugssysteme bieten für spezielle Anforderungen der Benutzer jeweils gewisse Vorteile.

#### 4.3.1 Das System der geopotentiellen Koten

Die Potentialdifferenz zwischen Geoid und einem Punkt P auf der Erdoberfläche

$$C_P = \int_O^P g dh$$

(siehe 4.1.2) wird auch als geopotentielle Kote bezeichnet. Die Bezugsfläche ist das Geoid. Die Schwereinformation wird aus gemessenen Schwerewerten auf benachbarten Nivellementpunkten abgeleitet. Als Punktabstände zwischen zwei Schweremessungen reichen ca. 2 km (im Hochgebirge) und ca. 10 km (im Flachland) aus. Zwischen diesen Abständen kann der Schwereverlauf zur Berechnung der geopotentiellen Koten von dazwischenliegenden NivP mit ausreichender Genauigkeit interpoliert werden.

Als Einheit der geopotentiellen Kote wird  $10 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  benutzt, um eine möglichst gute Übereinstimmung mit metrischen Höhenwerten zu erzielen [Torge 1975]. Mit der durchschnittlichen Schwere von  $g = 9,81 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} = 0,981 \cdot 10 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$  sind die geopotentiellen Koten um rund 2% kleiner als metrische Höhenwerte. Während sich dieses hypothesenfreie System deshalb nicht so sehr für die praktischen Arbeiten der Landes- und Ingenieurvermessung eignet, wird es dagegen im wissenschaftlichen Bereich gebraucht. Als Ausgangsgröße für die anderen metrischen Höhensysteme werden geopotentielle Koten auch für das DHHN zusätzlich berechnet. Daneben wird dieses System im Europäischen Hauptnivellementnetz (REUN, siehe 4.4.3) verwendet.

### 4.3.2 Dynamische Höhen

Wird die Potentialdifferenz  $C$  (geopotentielle Kote) nicht durch den jeweils örtlich unterschiedlichen Schwerewert geteilt, sondern durch einen konstanten Schwerewert  $g_K$  (z. B. in guter Annäherung an die durchschnittliche Schwere eines Landes), so erhält man die »dynamische Höhe« mit

$$H_{\text{dyn}} = \frac{C}{g_K}$$

[Torge 1975]. Dieses metrische Höhensystem bezieht sich auf das Geoid und zeichnet sich als einziges metrisches Höhensystem dadurch aus, daß Punkte mit denselben Höhenwerten auf einer Niveaufäche liegen. Allerdings erreichen die Schwerereduktionen für die nivellierten Höhenunterschiede so hohe Beträge [Torge 1975], daß dieses Höhensystem sich in der Praxis nicht durchsetzen konnte. Dynamische Höhen werden von der Grundlagenvermessung nicht nachgewiesen; sie können jedoch ohne großen Aufwand aus geopotentiellen Koten für spezielle Anwendungen berechnet werden.

### 4.3.3 Orthometrische Höhen

Wird die Potentialdifferenz  $C$  (geopotentielle Kote) durch den jeweiligen mittleren Schwerewert  $\bar{g}_G$  längs der Lotlinie eines Punktes zwischen dem Geoid und der Erdoberfläche geteilt, so erhält man die »orthometrische Höhe« eines Punktes mit

$$H_{\text{orth}} = \frac{C}{\bar{g}_G}$$

$H$  stellt die Länge der Lotlinie zwischen Geoid und Erdoberfläche dar. Für dieses auf das Geoid bezogene Höhensystem werden gemessene Oberflächenschwerewerte benötigt. Der daraus abzuleitende mittlere Schwerewert  $\bar{g}_G$  längs der Lotlinie ist wegen des nicht meßbaren Schwereverlaufes im Erdinnern allerdings nur unter Hypothesen über die Massenverteilung zu berechnen.

Die Schwerereduktion (»orthometrische Reduktion«) ist relativ gering (mm ... cm) und die physikalisch eindeutig definierten orthometrischen Höhen eignen sich – mit Einschränkung wegen der Dichtehypothesen – damit grundsätzlich für die Praxis. Sie sollen z. B. in Österreich als Höhensystem eingeführt werden.

Bei einem möglichen Ersatz der auf berechneten Schwerewerten basierenden normalorthometrischen Höhen des Amtlichen Bezugssystems durch dieses Höhensystem ist als Nachteil anzusehen, daß sich die jeweiligen Reduktionen dieser beiden Höhenbezugssysteme bis zum dm-Bereich unterscheiden können; damit würden relativ große Höhenänderungen notwendig werden.

#### 4.3.4 Normalhöhen

Werden geopotentielle Koten durch die mittlere »Normalschwere«  $\bar{\gamma}$  längs der »normalen« Lotlinie eines »normalen« (berechneten) Schwerefeldes geteilt, entstehen die Normalhöhen. Das »Normalschwerefeld« wird so berechnet und festgelegt, daß ein Ellipsoid (siehe Abschnitt 3) durch Berücksichtigung der tatsächlich physikalisch wirkenden Parameter als Bezugsfläche an die Geometrie des Geoids optimal angepaßt wird. Die Normalhöhen berechnen sich mit

$$H_n = \frac{C}{\bar{\gamma}}.$$

Werden sie von der Erdoberfläche aus nach unten abgetragen, so ergibt sich als Bezugsfläche das »Quasigeoid« [Torge 1975], das keine Niveauläche darstellt und im Meeresbereich mit dem Geoid zusammenfällt.

Für die Berechnung der mittleren Normalschwere  $\bar{\gamma}$  längs der »normalen« Lotlinie werden gemessene Schwerewerte benötigt.  $\bar{\gamma}$  ist jedoch im Gegensatz zu  $\bar{g}_G$  (beim orthometrischen Höhensystem) hypothesenfrei ohne Dichteannahmen zu berechnen. Die Größenordnung der normalen Reduktion erreicht wie die orthometrische Reduktion nur mm-... cm-Werte und ist damit für die Praxis gut geeignet. Der Unterschied zwischen Normalhöhen und den normalorthometrischen Höhen des Amtlichen Bezugssystems ist nur gering. Damit ist das System der Normalhöhen gut geeignet, das auf nicht gemessenen Schwerewerten basierende normalorthometrische Höhensystem zu ersetzen und damit das Amtliche Höhensystem zu verbessern.

Bei Beibehaltung des derzeitigen Amtlichen Bezugssystems aufgrund von praxisorientierten Überlegungen (→ keine »künstlich« erzeugten Höhenänderungen) bietet es sich an, zusätzlich zum normalorthometrischen Höhensystem Normalhöhen zu berechnen, um zusätzlich ein hypothesenfreies metrisches Höhensystem zur Verfügung stellen zu können. Die dazu benötigten gemessenen Schwerewerte stehen in der Bundesrepublik Deutschland seit kurzer Zeit mit dem Schwerefeld zur Verfügung.

Normalhöhen sind in Frankreich, der DDR und den osteuropäischen Ländern als Höhensystem eingeführt worden.

Die Normalhöhen bieten schließlich den Vorteil, daß die Höhen-(Z)-Koordinaten eines aus satellitengestützten Verfahren erzeugten dreidimensionalen Bezugssystems über das Ellipsoid (Amtliches Lagebezugssystem) und dem relativ leicht berechenbaren Unterschied zwischen Ellipsoid und Quasigeoid (»Höhenanomalie«) in das System der Normalhöhen mit hinreichender Genauigkeit und vertretbarem Aufwand überführt werden können [Frevel 1982]. Eine Überführung von dreidimensionalen Z-Koordinaten in das Amtliche Bezugssystem der NN-Höhen ist nur über identische Punkte möglich. Dabei wird bei größerem Aufwand eine geringere Genauigkeit erwartet [Frevel 1982; Weber, Schellein 1986].

#### 4.3.5 Ellipsoidische Höhen

Das Ellipsoid ist die Bezugsfläche des Lagefestpunktfeldes (siehe Abschnitt 3). Der metrische Abstand eines Erdoberflächenpunktes zum Ellipsoid als Bezugsfläche wird als ellipsoidische

Höhe bezeichnet. Dieses Höhensystem ist nicht direkt auf das Schwerfeld bezogen und geometrisch definiert.

Für die Mehrzahl der Benutzer (z. B. technische Anwendungen) ist das System der ellipsoidischen Höhen ungeeignet, weil die Flächen gleicher ellipsoidischer Höhe von Niveaulächen global durchschnittlich bis zu 30 m und auf nur 10 km Entfernung bereits bis zu 1 m abweichen [Bretterbauer 1986; Torge 1985]. Ellipsoidische Höhen haben ihre Bedeutung für Berechnungen im Lagefestpunktfeld.

#### 4.3.6 Geozentrische Höhen

Auf das räumliche dreidimensionale (X, Y, Z) Koordinatensystem, das sich auf den Erdschwerpunkt (Geozentrum) bezieht, wird unter Abschnitt 3 näher eingegangen. Die Höhen- oder Z-Koordinate dieses Systems wird im Lagefestpunktfeld benötigt. Als Höhenangabe für die Anwendung im Höhenfestpunktfeld ist sie jedoch ungeeignet, da sie wenig anschaulich ist und große Beträge aufweist. Um die Höheninformation aus den bei satellitengestützten Verfahren entstehenden dreidimensionalen Koordinaten für das Höhenfestpunktfeld nutzen zu können, sind die Z-Koordinaten in die in der Landesvermessung verwendeten Höhensysteme umzurechnen.

### 4.4 Sondernetze und Europäische Netze

In diesem Abschnitt werden die beiden Sondernetze »Nordseeküstennivellement« und »NWELL« sowie das Europäische Netz »REUN« dargestellt. Diese Netze zählen nach der unter 2.2 vorgenommenen Einteilung zu den »anderen Netzen«.

#### 4.4.1 Das Nordseeküstennivellement (NKN)

Das Nordseeküstennivellement (NKN) wurde zwischen der holländischen und der dänischen Grenze angelegt, um mögliche Krustenbewegungen nachweisen zu können. Es ist erstmalig von 1928 bis 1931 (NKN I) und als Wiederholung von 1949 bis 1955 (NKN II) gemessen worden. Das NKN besteht aus ausgewählten Nivellementlinien der Höhenfestpunktfelder der beteiligten Bundesländer. Als Ausgangspunkt ist die Landesnivellementhauptgruppe Wallenhorst gehalten worden. Das Netzbild des NKN II ist unter 4.5.7 dargestellt.

#### 4.2.2 Nordwesteuropäisches Flachlandnivellement (NWELL)

Um die Untersuchungen über Küsten- und Krustenbewegungen auf eine breitere Basis zu stellen, wurde das NKN auch auf Belgien, die Niederlande und Dänemark ausgedehnt. Aus den beteiligten Ländern wurde im Rahmen der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) eine Arbeitsgruppe gebildet, die die Arbeiten für das »North West European Lowlands Levelling (NWELL)« durchführte. Die Höhenmessungen dieses internationalen Küstennetzes stammen aus den Jahren 1949 bis 1956. Das Netzbild des NWELL ist unter 4.5.8 dargestellt.

#### 4.4.3 Einheitliches Europäisches Hauptnivellementnetz (REUN)

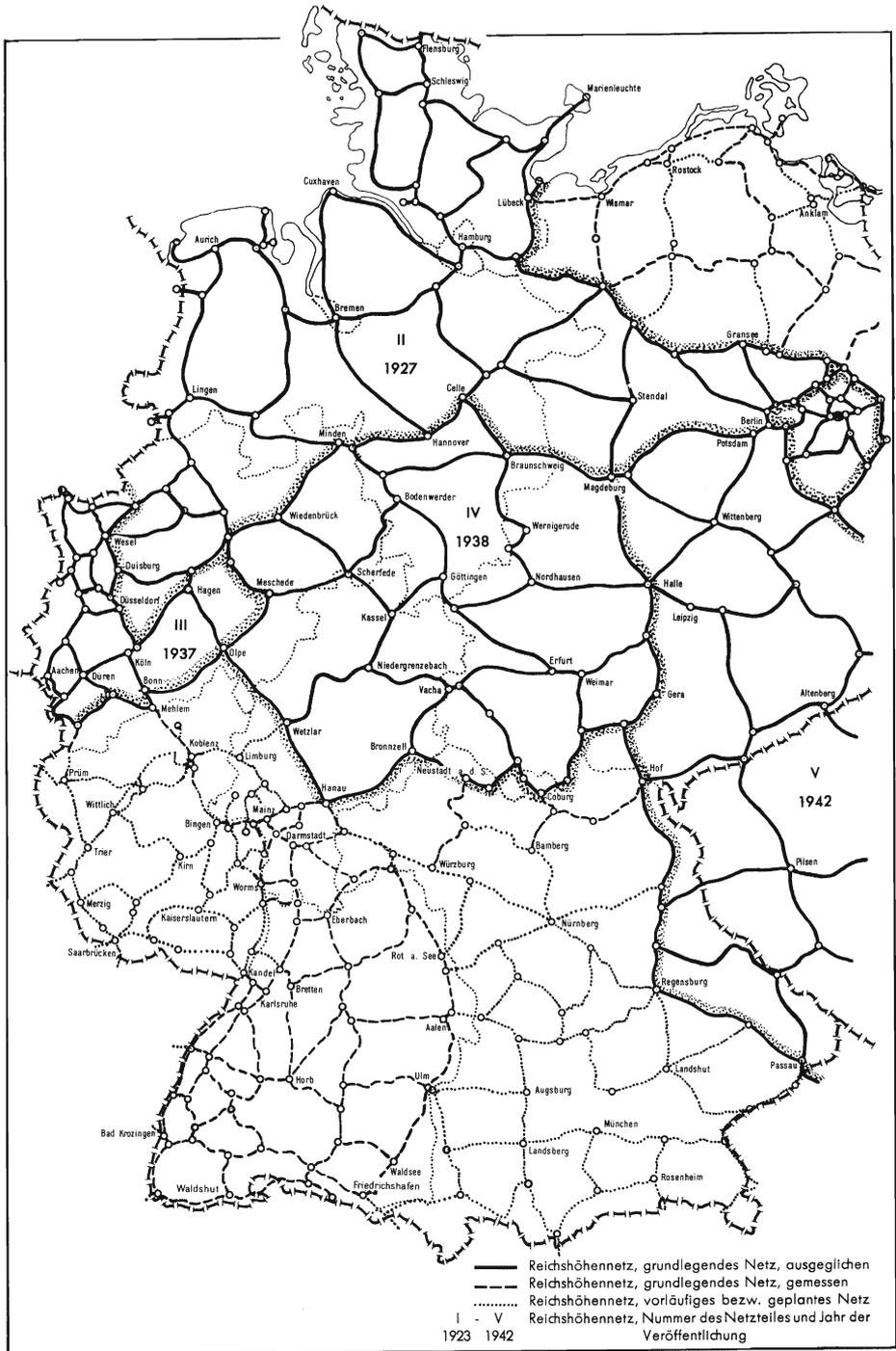
Das als REUN (Réseau Européen Unifié de Nivellement) oder UELN (United European Levelling Network) bezeichnete Netz »wurde von 1954 an aus ausgewählten Nivellementlinien I. Ordnung

der beteiligten Länder gebildet und in geopotentiellen Knoten ausgeglichen. Das REUN ist auf den neuen Amsterdamer Pegel 1950 bezogen« [MI 1988]. Das Netzbild des REUN ist unter 4.5.9 dargestellt.

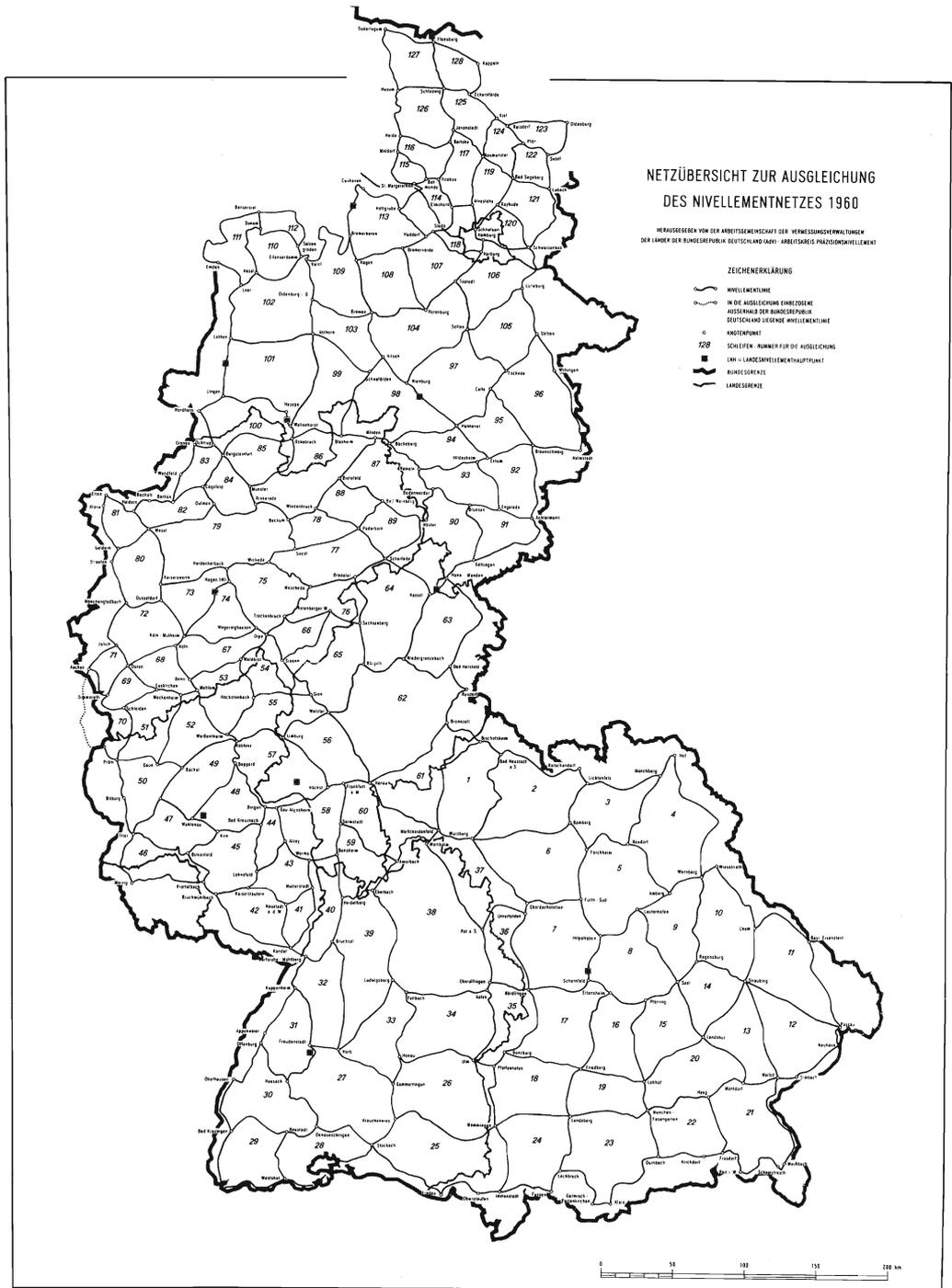
#### *4.5 Netzbilder*

Einen Überblick über den Netzaufbau und die Entwicklungen im DHHN sollen die nachfolgenden Netzbilder (4.5.1 bis 4.5.6) geben. Weiterhin sind Darstellungen über das NKN, das NWELL und das REUN beigefügt (4.5.7 bis 4.5.9).



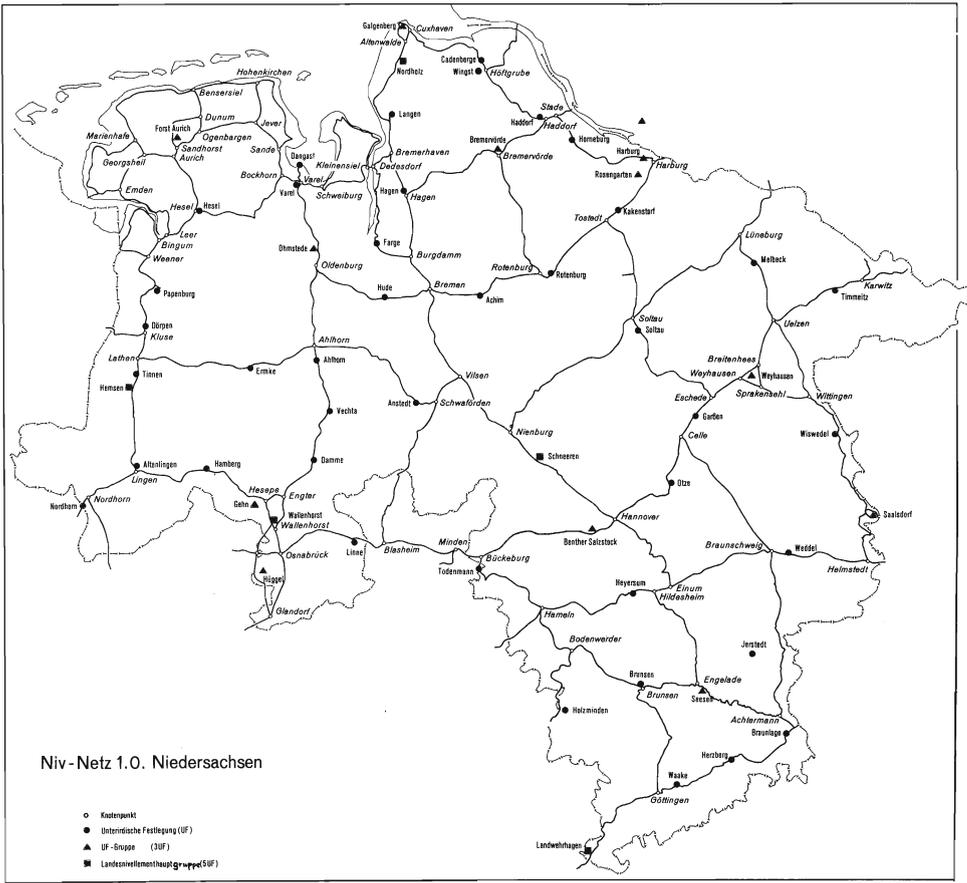


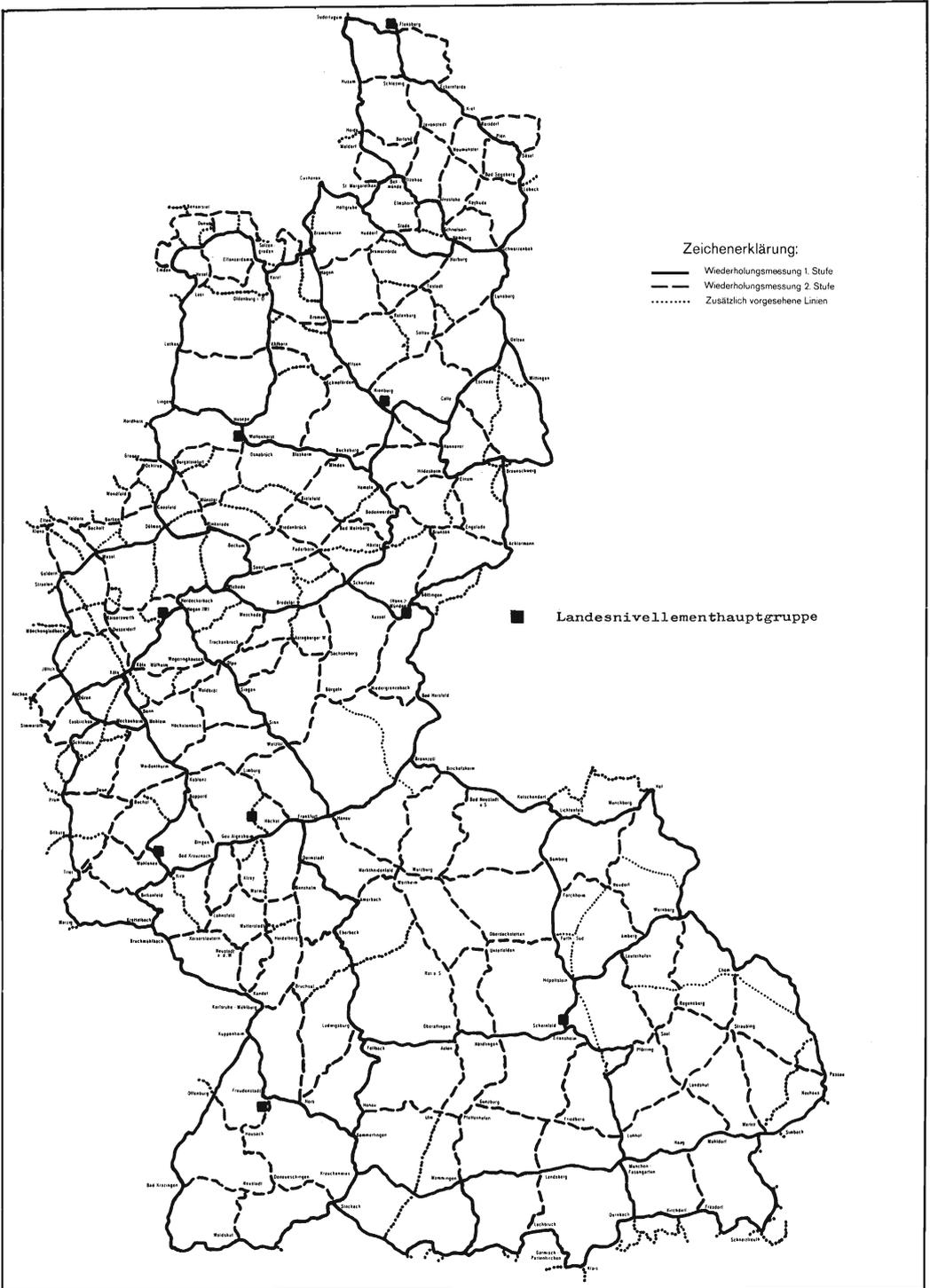
4.5.2 Reichshöhennetz Stand 1945 (»Neues System«) aus [13], hier: Hessen 1974



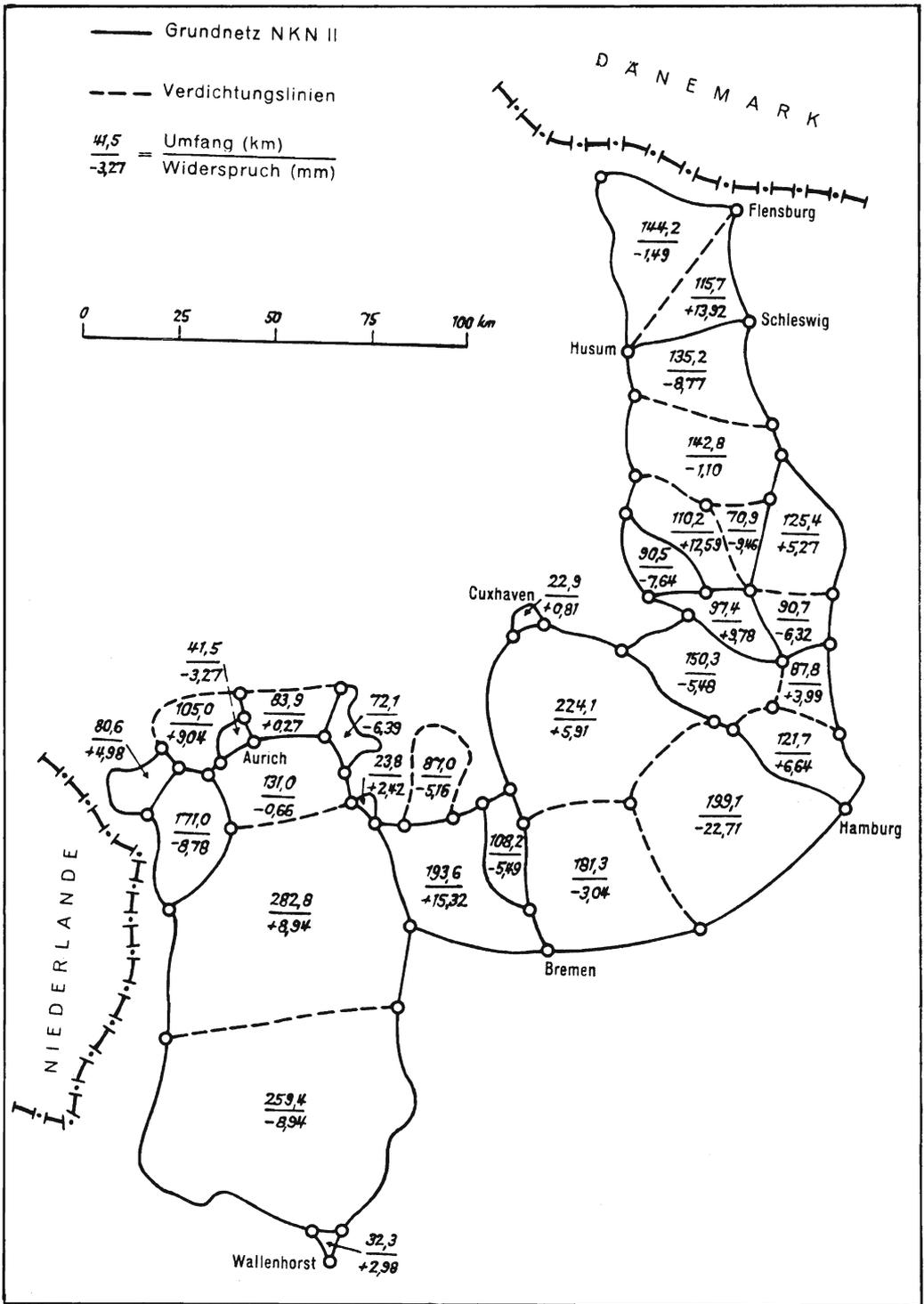
4.5.3 Niv-Netz 60 aus [35]







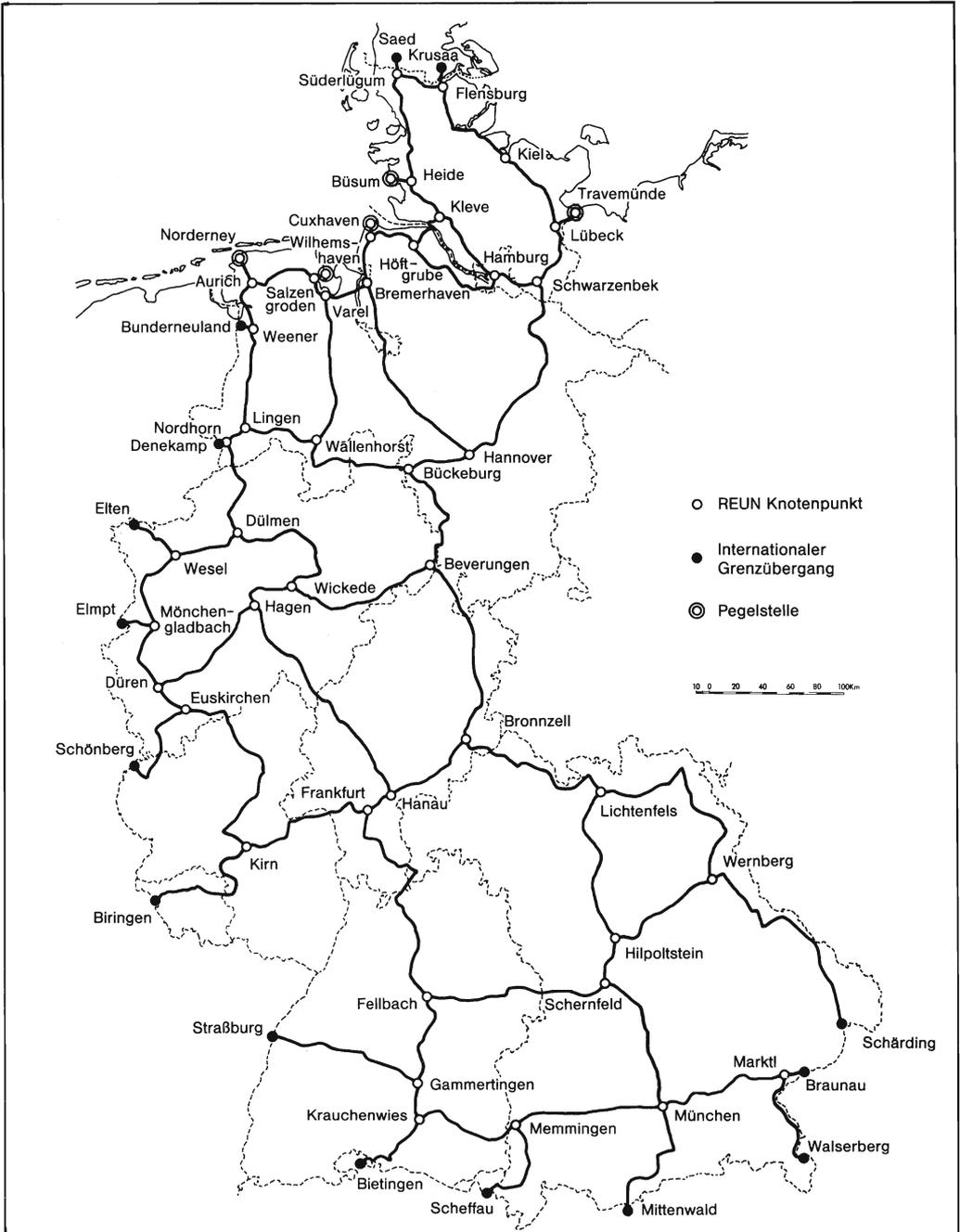
4.5.6 Erneuerungs- und Wiederholungsmessungen im DHHN (1980 bis 1985)  
aus [13], hier: Hessen



4.5.7 Nordseeküstennivellement (NKN II) aus [34]



4.5.8 NWELL



4.5.9 Vereinigtes Europäisches Nivellementnetz (REUN)  
 Anteil der Bundesrepublik Deutschland  
 aus [13], hier: Rheinland-Pfalz

## 5 Bezugssysteme des Schwerefestpunktfeldes

### 5.1 Geodätische Grundlagen

Das Wort »Schwere« ist eine Abkürzung und beinhaltet den Betrag der Schwerebeschleunigung. Auf Punkten an der Erdoberfläche mit derselben »Schwere« wirkt also dieselbe Schwerebeschleunigung. Die Vorstellungen und Erfahrungen der Nutzer mit der unterschiedlichen Wirkung der Schwerebeschleunigung an verschiedenen Orten sind im Gegensatz zu den ausgeprägten Empfindungen für Lage- oder Höhenänderungen kaum vorhanden. Schwereunterschiede auf der Erde werden vom Menschen nur in extremen Situationen empfunden (z. B. durch Hochleistungssportler). Ohne die Sensibilität von Meßinstrumenten sind Auswirkungen von Schwereunterschieden grundsätzlich nicht direkt auszumachen.

#### 5.1.1. Bezugswerte

Während im Lage- und im Höhenfestpunktfeld in der Regel ein Bezugssystem durch die Bestimmung eines *metrischen* mathematisch und / oder physikalisch definierten *Bezugskörpers* (oder einer Bezugsfläche) festgelegt wird, besteht für das Schwerefestpunktfeld die Aufgabe, durch geodätische Grundlagen Ausgangswerte (*Bezugswerte*) zu schaffen. Das Schwerefestpunktfeld benötigt keinen metrischen Bezug, sondern ist allein auf die ortsabhängige Intensität von Gravitation und Zentrifugalbeschleunigung abgestellt.

Schwerebezugssysteme werden durch ein Bezugsniveau und einen Bezugsmaßstab festgelegt. Dazu sind durch *absolute* Schweremessungen ausgewählte »Fundamentalepunkte« (»Absolutpunkte«) schweremäßig zu bestimmen. Ein Schwerebezugssystem kann allein aus diesen »Absolutpunkten« mit ihren Werten bestehen oder aber durch besonders präzise und speziell angeordnete relative Schweremessungen mit anderen Punkten und ihren Werten erweitert werden. Nationale Schwerebezugssysteme der Grundlagenvermessung beziehen sich im allgemeinen durch Netzanschluß auf ein globales Schwerebezugssystem, das Niveau und gegebenenfalls den Maßstab vorgibt / festlegt. Häufig wird der Netzmaßstab durch Kalibrierung der Meßgeräte im globalen System bestimmt.

#### 5.1.2 Schwerebestimmung eines Punktes

Ein beliebiger Punkt an der Erdoberfläche wird in der Praxis dadurch schweremäßig bestimmt, daß er durch vergleichsweise wirtschaftlichere und einfachere relative Schweremessungen auf das Schwerebezugssystem bezogen wird. Die Schwereinformation wird dabei also vom Bezugssystem aus auf andere Punkte übertragen. Die Schwerewerte haben die Beschleunigungseinheit  $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

### 5.2 Das Hauptschwerenetz der Bundesrepublik Deutschland (DHSN)

Die realisierten Netzgrundlagen des DHSN (→ »Amtliches Bezugssystem«) werden unter 5.2.1 dargestellt; auf die Entstehung des DHSN wird in 5.2.2 eingegangen.

### 5.2.1 Netzgrundlagen

Bezugsniveau und -maßstab des DHSN leiten sich aus den vier Absolutstationen des »Schweregrundnetzes der Bundesrepublik Deutschland (DSGN 76)« (siehe 5.2.2) ab. Das DHSN besteht aus den Schwerefestpunkten 1. Ordnung der Bundesländer und schließt die 21 Stationen des DSGN 76 mit ein. Neben den vier durch absolute Schweremessungen bestimmten Stationen sind alle anderen Punkte des DHSN durch relative Schweremessungen bestimmt. Über 11 Stationen des DSGN 76 ist das DHSN in das Internationale Bezugssystem »IGSN 71« (siehe 5.3.2) direkt integriert und ist (wie unter 5.1.1 ausgeführt) somit auf ein globales Bezugssystem festgelegt worden. Das Netzbild des DHSN ist unter 5.5.1 und der niedersächsische Anteil unter 5.5.2 dargestellt.

### 5.2.2 Entstehung

Von 1975 bis 1980 wurde das DSGN 76 u. a. als Grundlage für das DHSN neu geschaffen, da das vorhandene globale Bezugssystem (IGSN 71) den Anforderungen nicht genügen konnte. »Mit seinen Meßwerten hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit trägt das DSGN 76 somit zur Präzisierung und Homogenisierung des IGSN 71 bei. In den Jahren 1978 bis 1982 wurde das DHSN (→ »DHSN 82«) vermessen, ohne auf die den Anforderungen nicht genügenden Schweremessungen der bis 1962 in Deutschland entstandenen Schwerenetze« (siehe 5.4) »zurückzugreifen« [MI 1988]. Das neue Schwerefestpunktfeld in der Bundesrepublik Deutschland basiert somit nicht auf einer Weiterentwicklung vorhandener Netze, sondern auf einer völligen Neueinrichtung.

## 5.3 Internationale Bezugssysteme

Während im Lage- und im Höhenfestpunktfeld internationale Netze ausschließlich für Sonderzwecke (Militär, Wissenschaft, ...) geschaffen werden, erfüllt ein internationales Schwerebezugssystem darüber hinaus für das Schwerefestpunktfeld eines Landes die Funktion, als globaler Bezugsniveau und gegebenenfalls Maßstab vorzugeben. Diese zusätzliche Funktion hatte bis vor einigen Jahren eine größere Bedeutung als heute, wo die – früher nur mit relativ hohem Aufwand, Schwierigkeiten und Kosten durchzuführenden – Absolutschweremessungen durch die Instrumentenentwicklung (siehe 6.2.3) einfacher und wirtschaftlicher und damit auch auf nationaler Ebene durchführbar sind.

Internationale Bezugssysteme zählen zu den »anderen Bezugssystemen«.

### 5.3.1 Das Potsdamer Schweresystem

»Auf Grundlage der um die Jahrhundertwende durchgeführten Pendelmessungen durch das Potsdamer Geodätische Institut wurde 1909 das »Potsdamer Schweresystem« als Internationales Bezugssystem mit dem Absolut-Schwerewert von Potsdam eingeführt« [Kummer 1983]. Das Potsdamer Schweresystem wurde 1954 zum Weltschwerenetz I. Ordnung erweitert.

### 5.3.2 Das Internationale Schwerebezugssystem (IGSN 71)

Wegen höherer Ansprüche an Genauigkeit und Homogenität wurde das »International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN 71)« 1971 als internationales Bezugssystem eingeführt. Es ersetzte das Potsdamer Schweresystem. Das Netzbild des IGSN 71 ist unter 5.5.3 dargestellt.

Heutigen Anforderungen an ein globales Schwerebezugssystem als Bezug für nationale Festpunktfelder genügt auch das IGSN 71 nicht mehr. Dies führte – wie erwähnt – in der Bundesrepublik Deutschland zur Schaffung des DSGN 76, das Bestandteil des IGSN 71 wurde. An einer Weiterentwicklung des Weltschweresystems wird deshalb gearbeitet. Das Netzbild des DSGN 76 ist unter 5.5.4 dargestellt.

#### *5.4 Historische Schwerenetze in Deutschland*

Von einer Weiterentwicklung der bis 1962 in Deutschland geschaffenen Schwerenetze wurde nach eingehenden Untersuchungen aus fachlichen und wirtschaftlichen Gründen Abstand genommen. Damit sind die nur noch teilweise vorhandenen Punkte – und somit diese Netze insgesamt – als »historisch« zu bezeichnen. Für Anwendungen mit geringeren Genauigkeitsforderungen haben diese Punkte auch heute noch eine gewisse Bedeutung.

Die historischen Schwerenetze in Deutschland zählen zu den »anderen Netzen«.

##### *5.4.1 Die Geophysikalische Reichsaufnahme*

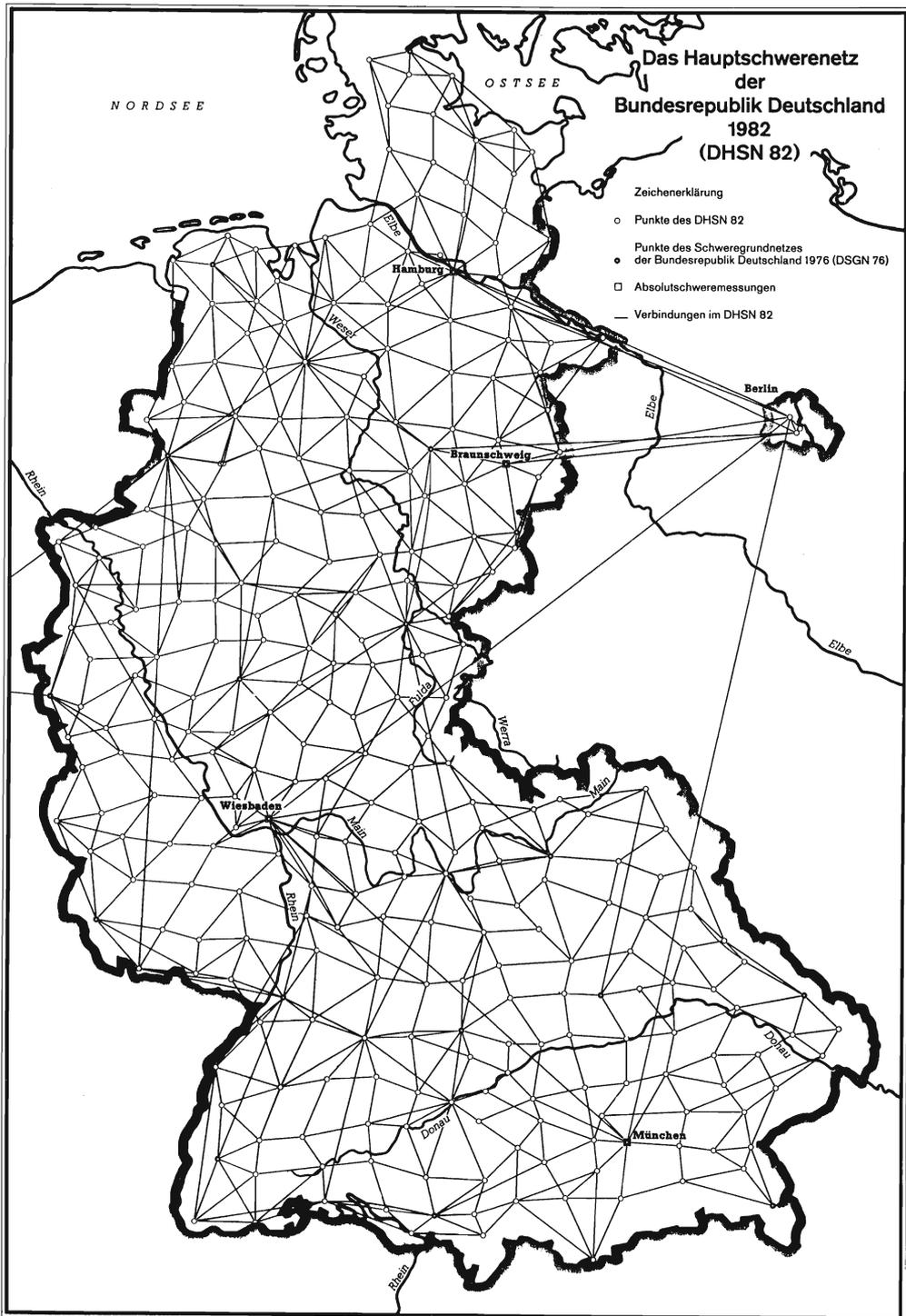
In Deutschland wurde ein nationales Schwerenetz im Rahmen der »Geophysikalischen Reichsaufnahme« in den Jahren 1934 bis 1943 aufgebaut. Dieses Netz bezieht sich auf das Potsdamer Schweresystem; ein Netzbild dazu ist unter 5.5.5 dargestellt.

##### *5.4.2 Das Deutsche Schwerenetz (DSN 62)*

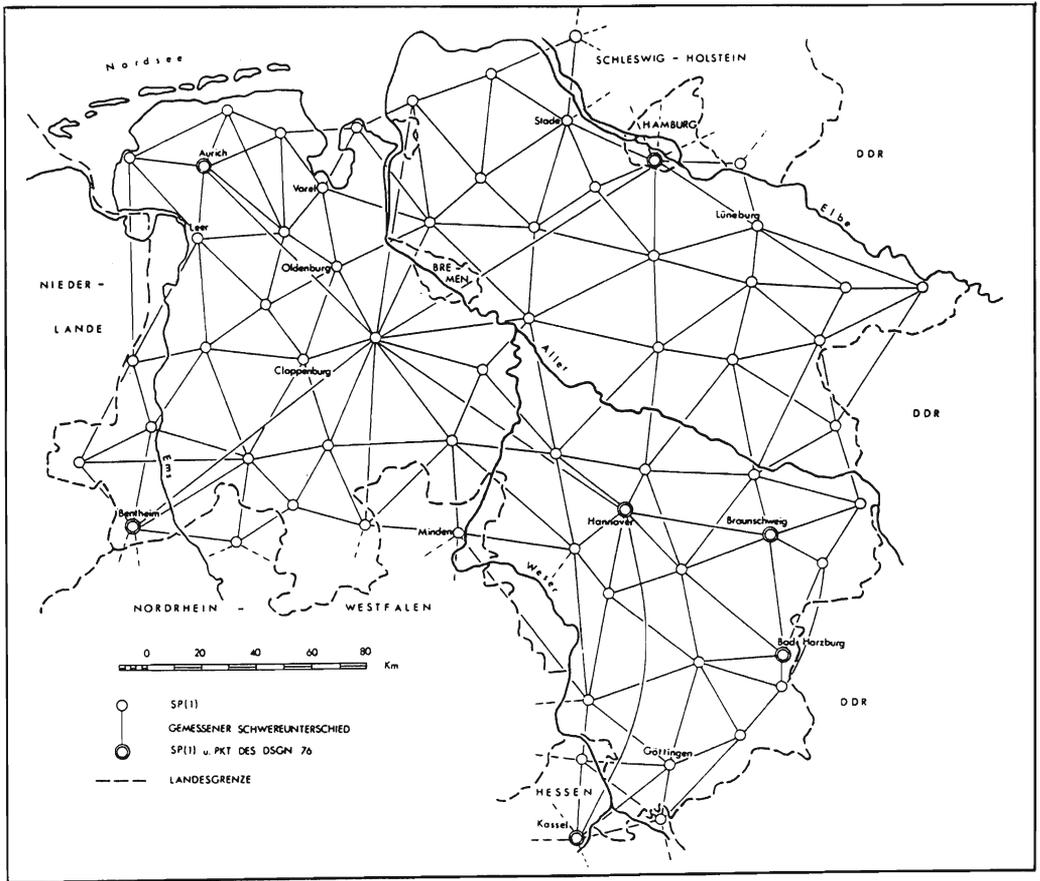
Das »Deutsche Schwerenetz (DSN 62)« ist in den Jahren 1952 bis 1962 bearbeitet worden. Es besteht aus dem »Deutschen Schweregrundnetz 1957« und seinen Verdichtungsnetzen und ist über den Schwerewert von Bad Harzburg an das Potsdamer Schweresystem angeschlossen. Ein Netzbild zum DSN 62 ist unter 5.5.6 dargestellt.

#### *5.5 Netzbilder*

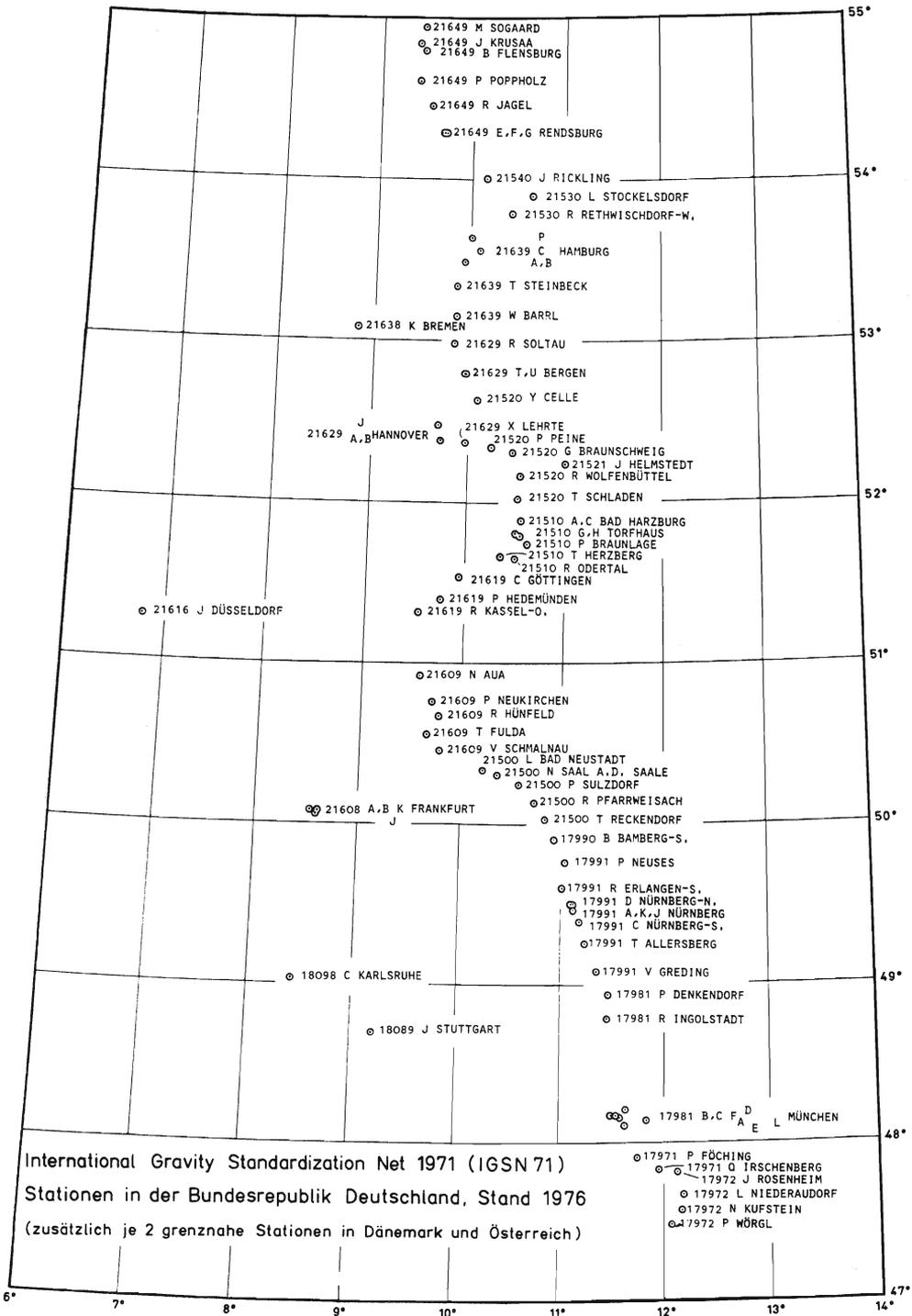
Einen Überblick über den Netzaufbau im DHSN und im DSGN 76 sowie in den internationalen Bezugssystemen und historischen Netzen sollen die nachfolgenden Netzbilder geben.



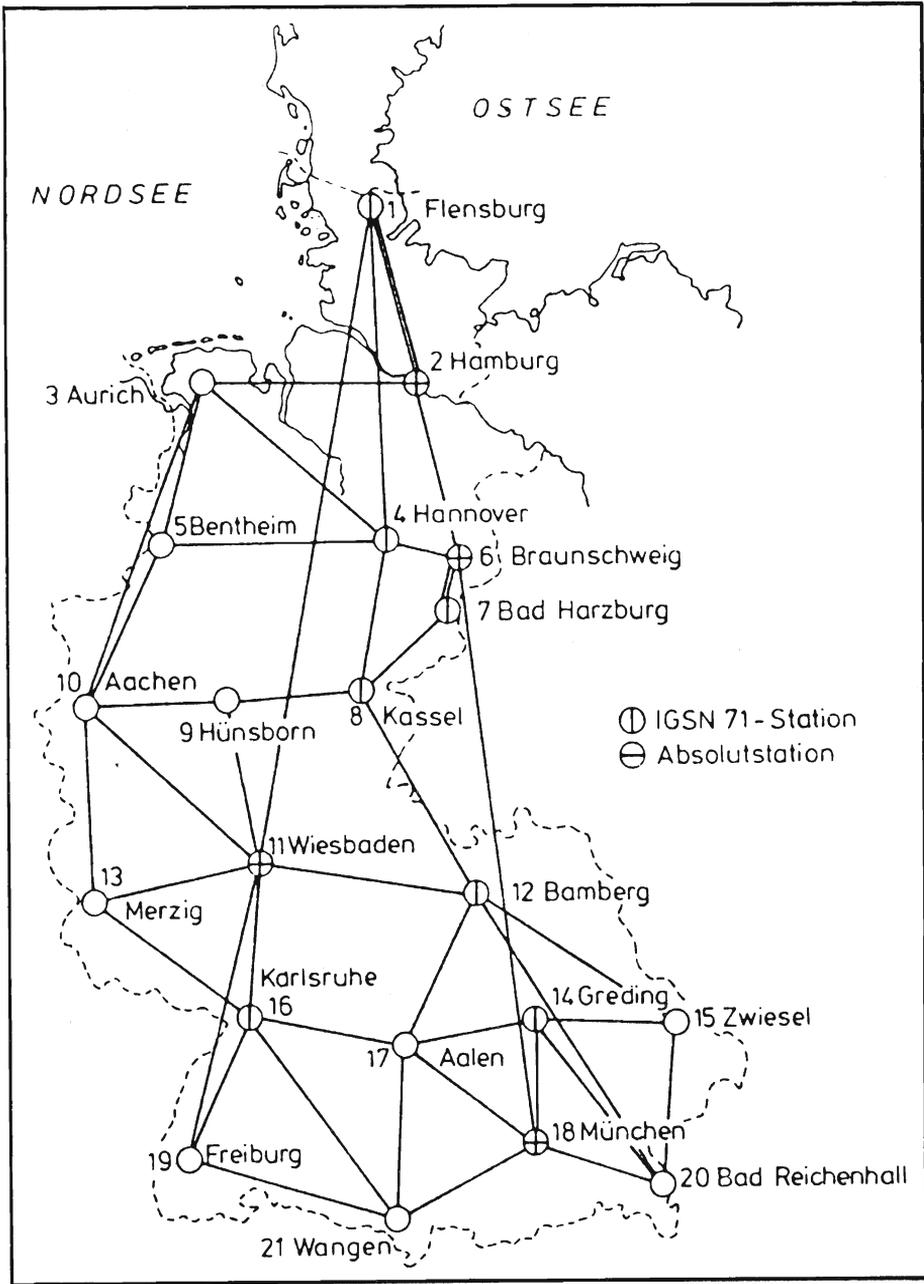
5.5.1 Hauptschwerenetz der Bundesrepublik Deutschland (DHSN)



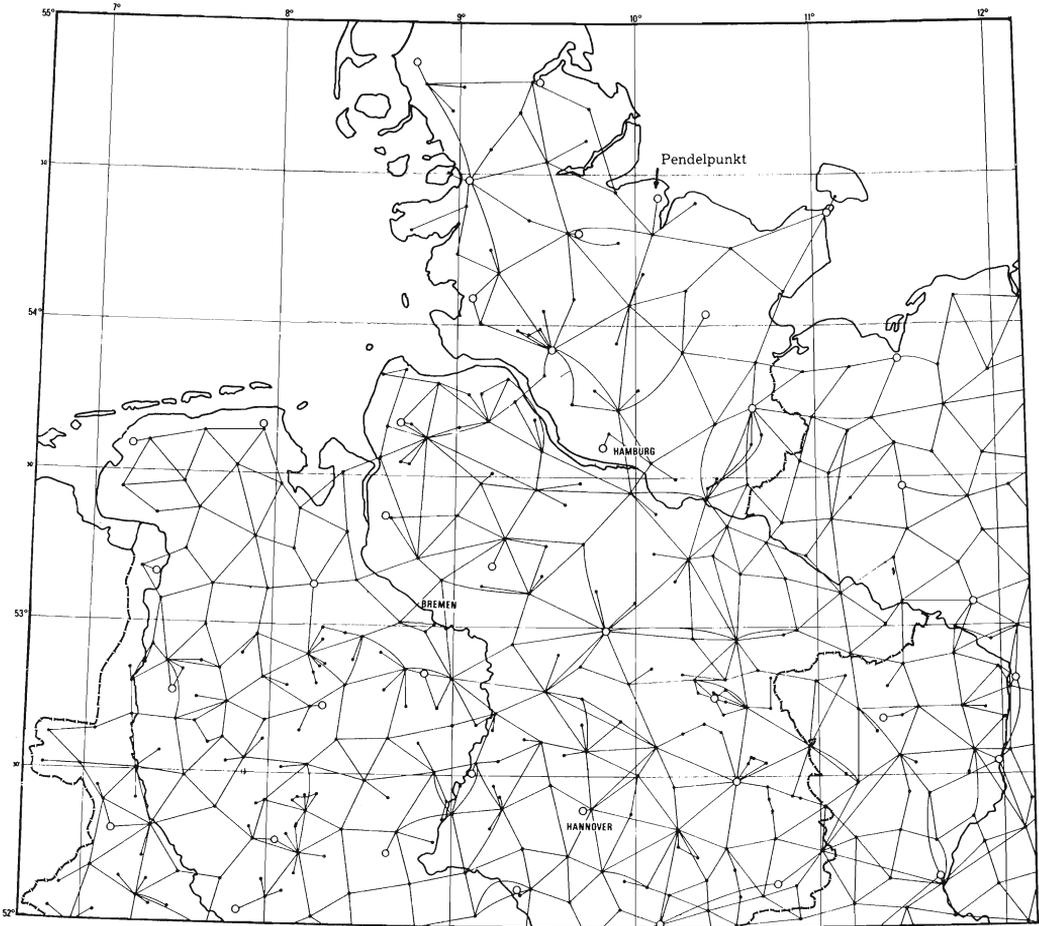
5.5.2 SP-Netz 1. Ordnung in Niedersachsen



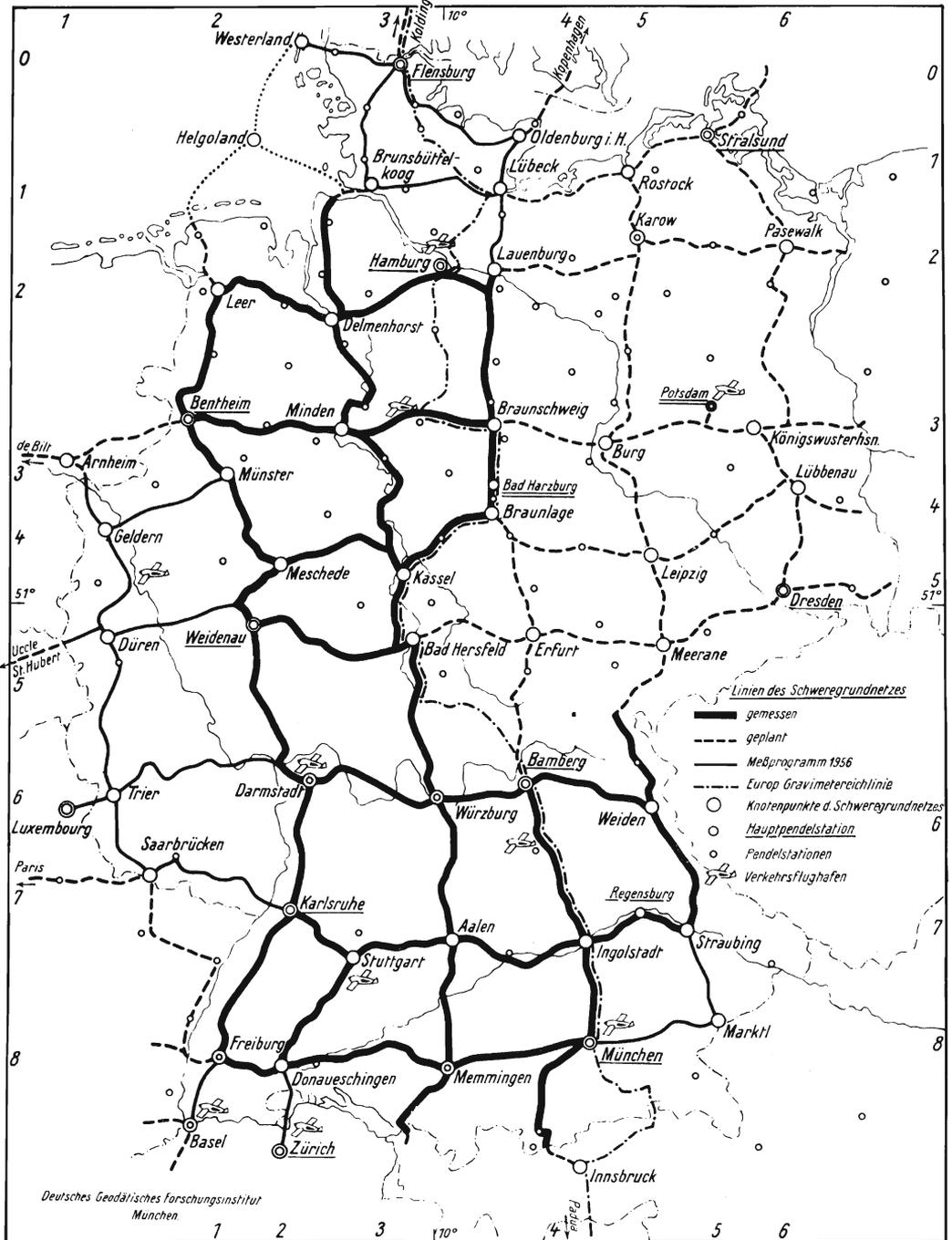
5.5.3 IGSN 71 aus [50]



5.5.4 Schweregrundnetz 1976 der Bundesrepublik Deutschland (DSGN 76)



5.5.5 Geophysikalische Reichsaufnahme (Gravimeter-Basisnetz)  
Ausschnitt, aus [52]



5.5.6 Deutsches Schwerenetz (DSN 62)  
 Auszug: Deutsches Schweregrundnetz 1957  
 aus [13], hier: Hessen

## 6 Integriertes Basissystem der Grundlagenvermessung

Das Angebot der Grundlagenvermessung ist bisher klar in Bezug auf Lage, Höhe und Schwere gegliedert. Die Punktlagen, die Marken und die Genauigkeit der Daten sind in den einzelnen Festpunktfeldern so ausgewählt, daß sie den Hauptzweck optimal gewährleisten. Die anderen Komponenten werden zwar teilweise mitbestimmt, jedoch meistens nur soweit sie als Reduktionsgrößen erforderlich sind. Eine konsequente Ausnahme besteht lt. Ziffer 1.3.4 Festpunktfelderlaß für Punkte der Netze 1. Ordnung, für die die Bestimmung aller Komponenten (Koordinaten, Höhenangabe, Schwerewert) vorgesehen sind. Eine weitere Ausnahme stellt das Schwerefestpunktfeld dar, bei dem grundsätzlich vorhandene Marken des Lage- oder Höhenfestpunktfeldes als Punktvermarkung ausgewählt wurden [Kummer 1983].

	TP	NivP	SP
Lagegenauigkeit	± 1 cm	± 5 m	± 5 m
Höhengenauigkeit	± 3 cm	± 1 mm	± 1 cm
Schweregenauigkeit	?	± 100–1000 µ Gal	± 5–15 µ Gal

Tabelle 5: Lage-, Höhen- und Schweregenauigkeit der Festpunkte lt. Festpunktfelderlaß

Es stellt sich jedoch die Frage, ob neue Anforderungen einerseits und technische Möglichkeiten andererseits es nicht erforderlich machen, diese »historische« Trennung der Bezugssysteme aufzuheben und, – wie vielfach gefordert –, durch ein einheitliches Bezugssystem zu ersetzen [Torge 1980]. Dazu sind die neuen technischen Möglichkeiten und die sich daraus entwickelnden Anforderungen der Benutzer der Grundlagenvermessung zu beachten.

### 6.1 Geänderte Anforderungen

Neue Anforderungen der Benutzer an Bezugssysteme fallen nicht vom Himmel, sondern sind immer eng mit deren neuen technischen Möglichkeiten verknüpft. So kann es sich um *alte Forderungen* handeln, zu deren Verwirklichung bisher nur die Werkzeuge fehlten (z. B. direkte absolute Punktbestimmung mit einer »Black Box (GPS)«). Zum anderen kann die *wirtschaftliche Aufgabenerledigung* der Benutzer neue Anforderungen ergeben (z. B. Lagefestpunktfelderneuerung wegen Einführung koordinatenbezogener Vermessungssysteme im Liegenschaftskataster). Dabei entstehen dann manchmal als *Nebeneffekt* neue Anforderungen in Bereichen, die bisher als befriedigend gelöst galten (Einsatz von GPS-Vermessungsverfahren → 1 cm-Geoid). Nachstehend sollen beispielhaft drei solcher neuen Anforderungen beschrieben werden.

#### 6.1.1 Anwendung des »Global Positioning System (GPS)« für Positionierungsarbeiten

Auch wenn die GPS-Satelliten noch nicht vollzählig im Weltraum zur Verfügung stehen, lassen sich schon jetzt die daraus resultierenden neuen Anforderungen erkennen. Da die ersten umfassenden Benutzer dem militärischen Bereich angehören, besteht von dort der Wunsch, auf TP-Koordinaten im Bezugssystem der GPS-Satelliten (WGS 84 (vergleiche 3.4)) zurückgreifen zu können.

Auch die Betreiber von »Car-navigation«-Systemen erwägen die Verwendung von WGS 84-Koordinaten. Dies ist für sie einmal sinnvoll, um nur *ein* europäisches oder gar weltweites Bezugssystem für die Abspeicherung lagebezogener Informationen verwenden zu können, zum anderen, um sich die Möglichkeit offen zu halten, GPS-Daten zur aktuellen Positionierung der Fahrzeuge zu nutzen.

Die Auswirkungen auf die amtlichen Kartenwerke werden sicherlich darin bestehen, daß WGS 84-Koordinatenlinien in den Kartenwerken mit darzustellen sind.

### 6.1.2 1-cm-Geoid

Die Anwendung des GPS-Satellitenvermessungsverfahrens zur *relativen* Bestimmung hat sich in der Grundlagenvermessung allein aus wirtschaftlichen Gründen bereits durchgesetzt [Augath 1988]. Um die dabei automatisch anfallende ellipsoidische Höheninformation für TP nutzen zu können, muß die Differenz der Bezugsflächen WGS 84-Ellipsoid/NN-Höhenbezugsfläche mit der für TP üblichen Genauigkeit bekannt sein.

### 6.1.3 Geodynamische Anforderungen zur Daseinsvorsorge

Aus dem Bereich der Geodynamik bestanden schon immer die weitestgehenden Anforderungen an die Grundlagenvermessung, da diese allein aus ihren Wiederholungsmessungen rezente Veränderungen in der Lage, Höhe oder Schwere feststellen kann. In 1.9.1.3 Festpunktfelderlaß ist der Auftrag zu Wiederholungsmessungen aus der Sicht der Erhaltung der Werte der Festpunkte formuliert worden. Er umfaßt dabei auch Anforderungen der *Daseinsvorsorge*, über die Stabilität der Festpunkte (abgeleitet aus Wiederholungsmessungen) informiert zu werden. Dies mag wichtig sein für aktuelle Standortentscheidungen von Großbauprojekten oder aber um rechtzeitig weltweite Trends erkennen zu können wie z. B. beim säkularen Wasseranstieg an der Küste.

## 6.2 Technische Entwicklungen und Möglichkeiten

Die letzten Jahrzehnte haben der Grundlagenvermessung, wie dem gesamten Vermessungswesen, viele neue technische Entwicklungen im Bereich der Vermessungsverfahren, der Auswertungsverfahren und Nachweisführung beschert [Augath 1988 a].

### 6.2.1 Satellitengestützte Vermessungsverfahren

Die umfassendsten neuen Möglichkeiten, deren Ende noch nicht abzusehen ist, haben sich in den letzten Jahren durch die satellitengestützten Vermessungsverfahren ergeben. Die Entwicklungstendenzen sind in Tabelle 6 zusammengefaßt worden.

Am erstaunlichsten sind dabei die Fortschritte in der Genauigkeit der Verwirklichung eines globalen geozentrischen Bezugssystems. So mußten frühere nationale (bestanpassende) Lösungen wegen der begrenzten Genauigkeit der astronomischen Lagerung und Orientierung und des Einflusses nicht berücksichtigter Lotabweichungen noch mit Positionierungsfehlern von 100 m und mehr rechnen. Allein die Doppler-Verfahren ermöglichen globale Positionierungen mit 1 bis 2 m Genauigkeit, VBLI/SLR-Techniken sogar besser als 0,1 m. Auch zur Erzielung der gewünschten Nachbarschaftsgenauigkeit von  $\pm 1$  cm haben sich neue direkte Möglichkeiten (d. h. ohne Ausnutzung der Genauigkeitssteigerung durch Netzausgleichung) ergeben. Leistete die elektro-

Doppler-Verfahren:	Erstellen eines weltweiten geozentrischen Lagebezugssystems mit $\pm 1$ bis 2 m (Nachbarschaft $\pm 0,3$ m) Genauigkeit → Ersatz der astronomischen Lagerungs- und Orientierungsbeobachtungen
VBLI/SLR-Techniken:	Erstellung eines weltweiten geozentrischen Lagebezugssystems mit $\pm 0,1$ m (Nachbarschaft $\pm 2$ bis 3 cm) Genauigkeit → Ersatz der astronomischen Lagerungs- und Orientierungsbeobachtungen, jedoch deutlich höherer Beobachtungsaufwand (begrenzte Punktzahl) → Lösen globaler und kontinentaler geodynamischer Aufgaben
GPS-Techniken:	Erstellen eines weltweiten geozentrischen Lagebezugssystems mit 1 bis 2 m Genauigkeit (Nachbarschaft $\pm 1$ bis 2 cm bis 100 km und mehr) → Ersatz aller terrestrischen Nachbarschaftsbeobachtungen

Tabelle 6: Entwicklungstendenzen durch satellitengestützte Vermessungsverfahren

nische Entfernungsmessung bisher  $\pm 1$ -cm-Genauigkeit im Bereich 1 km, so erweitert sich dieser Bereich mit der GPS-Meßtechnik bei Einfrequenzgeräten auf 5 bis 10 km [Augath 1988], bei Zweifrequenzgeräten unter speziellen Voraussetzungen eventuell sogar auf über 100 km [Augath, Gubler, Gurtner 1986].

## 6.2.2 Neue Verfahren der Höhenbestimmung

### Lokale Verfahren

Das Vermessungsverfahren »Präzisionsnivellement« ist in seinen Grundzügen bezüglich der Beobachtungsanordnung und des Personalbedarfs seit Beginn des Jahrhunderts unverändert. Durch die Einführung der Kompensatornivelliere seit 1952 und der mobilen Datenerfassung [Geßler 1979] wurde im wesentlichen die Leistung und damit die Wirtschaftlichkeit erhöht.

Eine deutlichere Leistungssteigerung ist noch mit der Einführung des *motorisierten automatisierten Nivellements* möglich, bei dem die Latten und das Nivellier auf Autos installiert sind und damit schneller als zu Fuß transportiert werden können. Nach den längjährigen Erfahrungen anderer ausländischer Vermessungsstellen ist eine Leistungssteigerung über 100% möglich [Remmer 1988]. Diese Leistungssteigerung kann insbesondere dort erzielt werden, wo maximale Zielweiten möglich sind (z. B. im Flachland). Eine höhere Meßgeschwindigkeit ermöglicht auch eher eine »Momentaufnahme« ausgewählter Linien zum Nachweis rezenter Krustenbewegungen.

## Kontinentale und globale Verfahren

Bis heute werden Höhennetze mangels anderer Möglichkeiten ausschließlich mit Hilfe des obigen Präzisionsnivellements aufgebaut, eine Vorgehensweise, bei der die Gefahr unentdeckter systematischer Fehler recht groß ist. Mit den heutigen globalen Vermessungsverfahren der Satellitengeodäsie besteht die Möglichkeit, globale und kontinentale allerdings *ellipsoidbezogene* Höhennetze mit der Meßgenauigkeit weniger Zentimeter aufzubauen. Wenn es gelingt, zwischen den Stationen auch noch präzise Geoidhöhenunterschiede zu bestimmen, lägen großräumige Stützpunkte für ein klassisches Höhensystem der Landesvermessung vor [vgl. Torge, Doliff 1987].

Selbst wenn sich hier sobald nicht im Vergleich mit dem Nivellement ausreichende Genauigkeiten erzeugen lassen, können schon jetzt dreidimensionale Wiederholungsmessungen für die Bestimmung von *Höhenveränderungen* durchgeführt werden, da hierbei allein die dreidimensionale Meßgenauigkeit von Bedeutung ist (vgl. IAG-Resolution III/6, Vancouver 1987 und [Augath, Pelzer 1987]).

### 6.2.3 Absolute Schweremessungen und flächenhafte Verdichtungen

Auch im Bereich der Schweremessung liegen neue technische Möglichkeiten vor. So können die früher nur stationär möglichen *absoluten* Schweremessungen durch *transportable Geräte* höchster Genauigkeit ergänzt werden. Damit läßt sich nicht nur der Netzaufbau von Schwerenetzen verbessern, es können auch gezielt an ausgewählten Punkten (z. B. zur kontinentalen Höhenüberwachung) Schwereänderungen bestimmt werden, ohne ganze Netze nachmessen zu müssen.

Im Bereich der *flächenhaften Verdichtungsmessungen* bestanden früher große Lücken auf den Weltmeeren, die sich mit der Seegravimetrie nur langsam auffüllen ließen. Heutzutage liegen sehr viele flächenhafte Radaraltimetervermessungen der Meeresflächentopographie von Satelliten aus vor, die eine immer bessere globale Bestimmung des Erdmodells ermöglichen. Wünscht ein lokaler Benutzer in seinem Gebiet eine detailliertere Struktur dieses Erdmodells (z. B. 1-cm-Geoid), so kann er sie mit lokalen Meßgrößen selbst ermitteln (lokale Schweremessungen, topographische Informationen, Dichte).

## 6.3 Integriertes Basissystem

Abschließend soll noch einmal die Frage nach den Auswirkungen dieser neuen Anforderungen und technischen Möglichkeiten auf eine mögliche Zusammenführung der Bezugssysteme aufgegriffen werden.

### 6.3.1 Künftige Entwicklungen in den Deutschen Hauptnetzen

Für die bestehenden Hauptnetze und ihre Verdichtungsstufen wirkt sich eine Zusammenführung in drei Bereichen aus:

#### Integration der Bezugsflächen

Eine Integration der Bezugsflächen durch *Gleichsetzung* wird es vorerst nicht geben, wohl aber eine genauere Bestimmung ihrer gegenseitigen Lage (vgl. 6.2.2: 1-cm-Geoid). Damit ist für viele Zwecke ein exakter Übergang mit ausreichender Genauigkeit möglich und es wäre nicht mehr von Bedeutung, auf welche Bezugsfläche sich die originären Meßwerte eines Vermessungsverfahrens einmal bezogen haben.

## Integration der Punktlagen und Punktmarken

Eine Zusammenführung in diesem Bereich wäre aus wirtschaftlichen Gründen besonders interessant (Reduktion des Vermarktungs- und Sicherungsaufwandes, Konzentration des gesetzlichen Schutzes auf weniger Punkte). Die stark unterschiedlichen Anforderungen an die festpunktarttypische Stabilität und spezielle weitere Restriktionen (z. B. Sicht nach oben, spezielle Marken) sind hier jedoch sehr hinderlich, so daß sich diese Integration auf ausgewählte Punkte beschränken wird.

## Integration der Daten

Mit der Einführung der ALK-Punktdatei steht ein Hilfsmittel zur Verfügung, mit dem die einzelnen Festpunkte für sich (wie auch Punkte eines integrierten Basissystems) mit allen Komponenten optimal verwaltet werden können. Ausgehend von den Hauptnetzen (vgl. 1.3.4 Festpunktfelderlaß) ist in diesem Bereich am ehesten eine Integration zu verwirklichen.

### 6.3.2 Geometrische und physikalische Datenbanken

Eine weitere Integration ist nur durch eine immer stärkere Erfassung der Physik der Erde möglich. So werden mit Hilfe von Satelliten immer umfassendere weltweite Daten bestimmt. Aber auch Informationen über die Topographie, Dichte, den Aufbau der Erdkruste, usw. werden immer detaillierter benötigt. Um diese Informationen sammeln und weltweiten Berechnungen vorhalten zu können, ist der flächendeckende Aufbau von Datenbanken unumgänglich.

### 6.3.3 Nationale und internationale Zusammenarbeit

Wie unter 2.1.4 bereits dargestellt, sind es die deutschen Vermessungsverwaltungen im Rahmen der AdV gewohnt, unter Wahrung ihrer Eigeninteressen am Aufbau und der Erhaltung gemeinsamer Bezugssysteme zusammenzuarbeiten. Diese bisher nationale Zusammenarbeit muß künftig im europäischen Sinne erweitert werden. Ein dazu geeignetes Gremium ist die CERCO (vgl. 3.4.2), die allerdings ihre Aktivitäten im Bereich der Grundlagenvermessung verstärken müßte. Die Entwicklung gemeinsamer europäischer Netzgrundlagen wurde bisher ausschließlich von wissenschaftlichen Sub-Kommissionen der IAG vorangetrieben (RETRIG, EUREF, UELN, CRCM-WE, usw.).

Viele neue Vermessungs- und Auswerteverfahren sowie Datensammlungen sind sogar nur weltweit denkbar. So schrumpft die Bundesrepublik oder gar Niedersachsen aus der Sicht der Satellitengeodäsie aus der Rolle eines unabhängigen Erzeugers von nationalen Bezugssystemen in die abhängige und damit stark kooperationsbedürftige Rolle eines regionalen Anwenders eines globalen Bezugssystems.

Aus der Rolle des reinen Anwenders wird in anderen Bereichen die des Partners, der Bausteine für ein Gesamtnetz liefert und der von den gemeinsamen Ergebnissen profitiert (z. B. regionale Schweredaten für globale Erdmodelle, regionale GPS-Tracking-Stationen als Bestandteil eines europäischen oder weltweiten Verbundes, usw.).

Hinzukommt, daß zur Kostenminimierung bei der Einführung neuer Verfahren unabhängig von nationalen Grenzen der Kontakt zu den Vermessungsstellen geknüpft werden muß, die mit den gleichen Verfahren arbeiten.

## 7 Zusammenfassung

Der Aufbau und die Erhaltung der geodätischen Grundlagen eines Landes ist eine Arbeit, die wegen ihrer langen Lebensdauer und ihrer enormen Auswirkungen auf die Benutzer wohlbedacht unter Beachtung der historischen Erfahrungen, aber auch der jeweiligen neuesten technischen Entwicklungen durchzuführen ist. Im Vergleich zu früheren Generationen ist dabei heute der Zwang zu europäischer und weltweiter Zusammenarbeit stark gestiegen. Die hohen heutigen Meßgenauigkeiten erfordern eine detailliertere Kenntnis der Physik der Erde. Dafür können neben der rationellen allgemeinen Aufgabenerledigung auch zusätzlich geodynamische Fragestellungen der Daseinsvorsorge beantwortet werden.

Im neuen Festpunktfelderlaß sind diese Grundsätze in moderne Verwaltungsvorschriften umgesetzt worden.

## 8 Literatur

### *Festpunktfelder – Allgemeines*

- [1] Augath, W.: Die moderne Grundlagenvermessung in Oldenburg und ihre Erneuerung, 200 Jahre Oldenburger Landesvermessung, Festschrift des Deutschen Vereins für Vermessungswesen (DVV), Bezirksgruppe Oldenburg-Bremen, Seite 126, Oldenburg 1981.
- [2] Augath, W.: Moderne Grundlagenvermessung im norddeutschen Raum, Zeitschrift für Vermessungswesen 109, Seite 12, Stuttgart 1984.
- [3] Augath, W.: 50 Jahre dezentrale Grundlagenvermessung in Hannover – Arbeitsmethoden und Entwicklungstendenzen –, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1988, Seite 86, Hannover 1988.
- [4] Großmann, W.; Kahmen, H.: Vermessungskunde I, Sammlung Göschen Nr. 2160, Verlag Walter de Gruyter, Berlin–New York 1985.
- [5] Kahmen, H.: Vermessungskunde II, Sammlung Göschen Nr. 2161, Verlag Walter de Gruyter, Berlin–New York 1986.
- [6] Kummer, K.: Neufassung der Verwaltungsvorschriften über die Festpunktfelder, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1988, Seite 31, Hannover 1988.
- [7] Landtag: Niedersächsisches Gesetz über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster (Niedersächsisches Vermessungs- und Katastergesetz – NVermKatG –) vom 2. 7. 1985, Nieders. GVBl. Seite 187, 1985.
- [8] MI: Einrichtung, Nachweis und Erhaltung der Festpunktfelder (Festpunktfelderlaß), RdErl. d. MI vom 25. 2. 1988, Nds. MBl. Nr. 8, Seite 219 – GültL 146/34 –, 1988.
- [9] Schröder, W.; v. Daack, W.-E.: Tagungen der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) im Jahre 1987, Zeitschrift für Vermessungswesen 113, Seite 148, Stuttgart 1988.
- [10] Schulte, H.: Gedanken zu Landesvermessung und Liegenschaftskataster, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1982, Seite 9, Hannover 1982.
- [11] Torge, W.: Geodäsie, Sammlung Göschen Nr. 2163, Verlag Walter de Gruyter, Berlin–New York 1975.
- [12] Torge, W.: Dreidimensionale Netze, in: H. Pelzer (Herausg.), Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung II, Verlag Konrad Wittwer, Seite 313, Stuttgart 1985.
- [13] Vermessungsverwaltungen der Bundesländer: Verwaltungsvorschriften der einzelnen Bundesländer über Festpunktfelder, div. Erlasse.

### *Lagefestpunktfeld*

- [14] Augath, W.: Untersuchungen zum Aufbau geodätischer Lagenetze, Wissenschaftliche Arbeiten der Universität Hannover, Nr. 72, Hannover 1976.
- [15] Augath, W.: Die Neukoordinierung des niedersächsischen Anteils am DHDN und des TP-Netzes 2. Ordnung, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1984, Seite 173, Hannover 1984a.
- [16] Augath, W.: Lagenetze, in: H. Pelzer (Herausg.), Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung II, Verlag Konrad Wittwer, Seite 373, Stuttgart 1985.
- [17] Augath, W.: Die Erneuerung der TP-Netze als Grundlage für die Einrichtung der Punktdaten im Lagestatus 100, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1987, Seite 7, Hannover 1987.
- [18] Augath, W.: Experiences with TRIMBLE receivers in the control network of the F.R.G., GPS-Workshop, Darmstadt 1988a.
- [19] Augath, W.; Seeber, G.: Die Überprüfung der Neukoordinierung der niedersächsischen TP-Netze 1. und 2. Ordnung mit Meßverfahren der Satellitengeodäsie, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1985, Seite 191, Hannover 1985.
- [20] Augath, W.; Gubler, E.; Gurtner, G.: What happens after RETRIG?, RETRIG-Symposium, Paris 1987.
- [21] Ehrnsperger, W. u. a.: Das Europäische Datum 1987 (ED 87) als Gebrauchsnetz für die Landesvermessung, Zeitschrift für Vermessungswesen 112, Seite 93, Stuttgart 1987.
- [22] Geßler, J.: Astronomisch-geodätische Arbeiten in Niedersachsen, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1985, Seite 97, Hannover 1985.

- [23] Höpcke, W.: Letzte Winkelmessungen im Hauptdreiecksnetz, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1985, Seite 83, Hannover 1985.
- [24] Heitz, W.: Eine astrogeodätische Geoidbestimmung für Westdeutschland, Veröffentlichung der DGK, Reihe B, Heft 111, München 1976.
- [25] Meliß, E.; Umbach, J.: Die Messungsarbeiten bei der Erneuerung des TP-Netzes 2. Ordnung, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1985, Seite 108, Hannover 1985.
- [26] MilGeo: World Geodetic System 1984 (WGS 87), Amt für Militärisches Geowesen, Euskirchen 1988.
- [27] Pötzschner, W.: Die Streckenmessungen 1. Ordnung in Niedersachsen, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1985, Seite 92, Hannover 1985.
- [28] Remmer, O.: Persönliche Mitteilung, 1988.
- [29] Schmidt, R.: Die Bezugsflächen des Lage- und des Höhenfestpunktfeldes, Veröffentlichungen der DGK, Reihe B, Heft 212, München 1976.
- [30] Strauß, R.: Anwendung des Global Positioning Systems (GPS) in der Landesvermessung, Zeitschrift für Vermessungswesen 113, Seite 111, Stuttgart 1988.
- [31] Torge, W., Doliff, J.: Long Range Geoid Control Through GPS – Techniques – Status of the European GPS – Traverse –, Vancouver 1987.
- [32] Wolf, H.: Die angenäherte Bestimmung des Geoids mittels astronomischen Nivellements im Bereich des Zentraleuropäischen Netzes, Veröffentlichungen des Instituts für Erdmessung, Heft 6, Teil 1, Seite 57, Bamberg 1949.
- [33] Wolf, H.: Datums-Bestimmungen im Bereich der deutschen Landesvermessung, Zeitschrift für Vermessungswesen 112, Seite 406, Stuttgart 1987.

### *Höhenfestpunktfeld*

- [34] AdV: Die Wiederholung des deutschen Nordseeküstennivellements in den Jahren 1949 bis 1955 (1959) und der Vergleich mit der ersten Messung in den Jahren 1928 bis 1931 (1937). Herausgegeben von der AdV 1960, Hannover und Kiel 1960.
- [35] AdV: Nivellementsnetz 1960, Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland 1975, München 1975.
- [36] Augath, W.: Höhenetze in: H. Pelzer (Herausg.), Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung II, Verlag Konrad Wittwer, Seite 433, Stuttgart 1985.
- [37] Augath, W.; Pelzer, H.: New possibilities of the determination of RECENT CRUSTAL MOVEMENTS in NORTHERN GERMANY as test case for WESTERN EUROPE, Vancouver 1987.
- [38] Bodemüller, H.: Höhensysteme, ihre Definition und ihre gravimetrische Bestimmung, in: Symposium über die Bedeutung der Gravimetrie für die Geodäsie, herausgegeben von W. Großmann, Veröffentlichungen der DGK, Reihe A, Heft 32, Seite 32, München 1959.
- [39] Bretterbauer, K.: Das Höhenproblem der Geodäsie, Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, Heft 4/1986, Seite 205, Wien 1986.
- [40] DGK: North West European Lowlands Levelling (NWELL), Veröffentlichungen der DGK, Reihe B, Heft 184, München 1971.
- [41] Frevel, H.: Die Bedeutung von Nivellements und Schweremessungen für die Bestimmung von Höhenkoordinaten, Nachrichtenblatt der Vermessungs- und Katasterverwaltung Rheinland-Pfalz 1982, Seite 231, Koblenz 1982.
- [42] Geßler, J.: Stand der Entwicklungstendenzen der automationsgerechten Datenerfassung und -verarbeitung bei Präzisionsnivellements, in: Vorträge zum Seminar Präzisionsnivellement, Veröffentlichungen des Geodätischen Instituts der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Nr. 26, Seite 43, Aachen 1979.
- [43] Heller, E.; Wernthaler, R.: Entwicklung und Genauigkeit des neuen deutschen Haupthöhennetzes, Veröffentlichungen der DGK, Reihe B, Heft 17, München 1985.
- [44] Hering, W.: Die Arbeiten am Nivellements festpunktfeld, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1958, Seite 124, Hannover 1958.
- [45] Nieders. Landesverwaltungsamt – Landesvermessung –: Höhen des Nordwesteuropäischen Flachlandnivellements im Anteil der Bundesrepublik Deutschland, Schriftenreihe des Nieders. Landesverwaltungsamtes – Abt. Landesvermessung –, Hannover 1975.

- [46] Pötzschner, W.: Die Erneuerung des NivP-Feldes, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1976, Seite 169, Hannover 1976.
- [47] Ramsayer, K.: Vorschlag für die Schwerereduktion des Deutschen Haupthöhennetzes, Veröffentlichungen der DGK, Reihe A, Heft 9, Seite 11, München 1955.
- [48] Weber, D.; Schellein, H.: Möglichkeiten und Grenzen der Höhenbestimmung aus GPS-Messungen, Bayerisches Mitteilungsblatt des DVW 1986, Seite 409, München 1986.
- [49] Wolf, H.: Über die Einführung von Normalhöhen, Zeitschrift für Vermessungswesen 99, Seite 1, Stuttgart 1974.

### *Schwerfestpunktfeld*

- [50] Doergé, W.; Reinhart, E.; Boedecker, G.: Das »International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN 71)« in der Bundesrepublik Deutschland, Veröffentlichungen der DGK, Reihe B, Heft 225, München 1977.
- [51] Kummer, K.: Das Schwerfestpunktfeld (SFP-Feld) in Niedersachsen – Aufbau und Stand der Arbeiten –, Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 1983, Seite 178, Hannover 1983.
- [52] Plaumann, S.: Die Schwerekarte 1 : 500 000 der Bundesrepublik Deutschland (Bouguer-Anomalien), Blatt Nord, in: Geologisches Jahrbuch, Reihe E, Heft 27, Seite 1, Hannover 1983.
- [53] Sigl, R.; Torge, W.; Beetz, H.; Stuber, K.: Das Schweregrundnetz 1976 der Bundesrepublik Deutschland (DSGN 76) Teil I: Entstehung, Ergebnisse und Punktbeschreibungen, Veröffentlichungen der DGK, Reihe B, Heft 254, München 1981.
- [54] Torge, W.: Das Schweregrundnetz der Bundesrepublik Deutschland (DSGN 76), Zeitschrift für Vermessungswesen 105, Seite 454, Stuttgart 1980.
- [55] Torge, W.: Der heutige Stand der Gravimetrie und ihre Bedeutung für die Erd- und Landesvermessung, Zeitschrift für Vermessungswesen 106, Seite 636, Stuttgart 1981.
- [56] Wenzel, H.-G.: Schwerenetze, in: H. Pelzer (Herausg.), Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung II, Verlag Konrad Wittwer, Seite 457, Stuttgart 1985.

# Bewertung von Waldgrundstücken

Von Hans-Karl HARBORT

---

## 1 Einleitung

### 2 Bewertungssystematik der WBR 86

#### 2.1 Bodenwert

#### 2.2 Bestandeswert

#### 2.3 Waldrentierungswert

### 3 Auswertung der Kaufpreise für Waldgrundstücke

#### 3.1 Untersuchung der Kaufpreise

#### 3.2 Bodenpreise

#### 3.3 Wert des Baumbestandes

#### 3.4 Vergleich verschiedener Kaufpreisgruppen

## 4 Zusammenfassung

## 1 Einleitung

Die im Jahre 1986 vom Niedersächsischen Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (ML) neu herausgegebenen Waldbewertungsrichtlinien (WBR 86) geben Anlaß, auch einmal dieses mehr am Rande der Tätigkeit der Gutachterausschüsse liegende Gebiet zu untersuchen und die Grundstücksmarktverhältnisse darzustellen. Für einen Teilbereich hat auch der Arbeitskreisbericht des DVW Ergebnisse vorgelegt, die mit den Verhältnissen im Landkreis Hildesheim verglichen werden sollen.

## 2 Bewertungssystematik der WBR 86

Derartige Richtlinien wurden zum ersten Mal im Jahre 1964 [1] für die Niedersächsische Forstverwaltung herausgegeben. Im Jahre 1977 wurden für die Bundesverwaltung wesentlich umfangreichere, mit detaillierten Berechnungsvorschriften versehene Richtlinien veröffentlicht [2].

Dementsprechend wurden auch in Niedersachsen im Jahre 1986 die Waldbewertungsrichtlinien angepaßt und erweitert [3]. In der Bewertungssystematik unterscheiden sich die beiden letztgenannten Fassungen nur geringfügig. Die Bewertungssystematik soll im folgenden kurz erläutert werden. Ausdrückliches Ziel der Ermittlungen ist die Feststellung des *Verkehrswertes* der Waldflächen. Er ergibt sich entweder als Summe des Bodenwertes und des Wertes des aufstehenden Baumbestandes (Einzelwertermittlung) oder in besonderen Fällen als Waldrentierungswert.

## 2.1 Bodenwert

Wie die Wertermittlungsverordnung für die Gutachterausschüsse und wie die Wertermittlungsrichtlinien des BMF sehen auch die WBR 86 vor, daß der Bodenwert aus dem Kaufpreismaterial des Grundstücksmarktes abgeleitet wird. Abgesehen von graduellen Unterschieden, die durch das jeweils zur Verfügung stehende Material verursacht werden, müßten sowohl Forstsachverständige als auch Gutachterausschüsse zu gleichen Ergebnissen gelangen. Nach hiesiger Erfahrung ist bis auf Ausnahmefälle der Bodenwert auch kaum strittig. Liegen Kaufpreise für direkt vergleichbare Flächen nicht in ausreichendem Umfang vor, so wird nach den Richtlinien auch ein indirekter Vergleich z. B. über landwirtschaftliche Bodenpreise zugelassen. Auf die Wertermittlung durch den Gutachterausschuß wird unter 3. noch weiter eingegangen.

## 2.2 Bestandeswert

Für die Wertermittlung in bezug auf den Baumbestand (Bestandeswert) stehen nach den WBR 86 mehrere Berechnungsverfahren zur Verfügung:

### a) Abtriebswert

Als Abtriebswert wird der Ertrag bezeichnet, der sich für den gefälltten Baumbestand nach Abzug aller Erntekosten am Markt erzielen ließe. Er ist naturgemäß um so höher je näher das Alter des Bestandes dem Ende der sogenannten Umtriebszeit kommt (Hiebreife). Die Umtriebszeit ist die Zeitspanne, nach der bei normaler Bewirtschaftung der Bestand das günstigste Erntergebnis erwarten läßt. Sie beträgt z. B. bei Fichte ca. 100 Jahre, Kiefer ca. 120 Jahre, Buche ca. 140 Jahre, Eiche ca. 160 Jahre. Der Abtriebswert ist verhältnismäßig sicher zu ermitteln, da er nach Aufnahme der Bestandesmasse anhand aktueller Holzpreise berechnet werden kann. Er wird in besonderen Fällen auch für junge noch nicht hiebreife Bestände ermittelt. Für diese wird aber in der Regel zunächst ein sogenannter Bestandesperwartungswert berechnet.

### b) Bestandesperwartungswert

Als solcher wird der bis zum Zeitpunkt der Hiebreife zu erwartende Reinertrag bezeichnet, der auf den Bewertungszeitpunkt diskontiert wird. Er wird nach dem Alterswertfaktorverfahren, einem Näherungsverfahren, berechnet.

Hierbei wird zunächst anhand aktueller Holzpreise und unter Berücksichtigung der Qualität und Dichte (Bestockungsgrad) des zu bewertenden Baumbestandes ein aktueller Marktwert eines hiebreifen Bestandes ermittelt, also ein theoretischer Abtriebswert. Entsprechend dem Zeitraum, den der zu bewertende Baumbestand voraussichtlich noch bis zum Erreichen der Hiebreife benötigt, wird dieser Abtriebswert um einen Abschlag reduziert. Für die Berechnung dieses Zeitabschlages stehen Tabellen zur Verfügung. Die Bewertungssystematik ähnelt dem Gebäudesachwertverfahren, nur daß der Abschlag hier mit dem Alter des Bestandes geringer wird. Das sicherste Ergebnis ist bei dieser Berechnungsweise für fast hiebreife Bestände zu erwarten. Je jünger der zu bewertende Baumbestand ist, um so unsicherer dürfte der zu erwartende Wertzuwachs abzuschätzen sein, besonders weil in der Waldbewirtschaftung mit sehr langen Zeiträumen zu rechnen ist, in denen auch die Entwicklung der Holzpreise erheblichen Schwankungen unterliegen kann. In der Verkehrswertermittlung für jüngere Bestände wird der Abtriebswert mit dem Bestandesperwartungswert verglichen und der höhere Betrag als Verkehrswert angesetzt.

### *2.3 Waldrentierungswert*

Für ganze Forstbetriebe oder größere Betriebsteile, die regelmäßig nachhaltigen Ertrag abwerfen, kann ein Ertragswert berechnet werden. Die auch hier gegebenen Schwierigkeiten der marktgerechten Abschätzung des regelmäßigen Ertrages und des Zinsfußes sind aus der Bewertung bebauter Grundstücke hinreichend bekannt. In der Regel wird mit 3% gerechnet [3]. Auch der Waldrentierungswert wird für die abschließende Verkehrswertermittlung mit der Summe aus Abtriebswert und Bodenwert verglichen, ähnlich wie unter 2.2 b beschrieben.

Auffallend ist, daß im Gegensatz zu den Wertermittlungsrichtlinien (WertR 76) eine Anpassung des Berechnungsergebnisses an den Grundstücksmarkt nicht erwähnt wird. Es ist nicht erkennbar, daß der erwähnte Zinssatz oder die oben genannten Alterswertfaktoren aus Marktbeobachtungen für nicht hiebreife Baumbestände abgeleitet worden sind.

Alle Bewertungen nach diesen Richtlinien erfordern detaillierte Angaben über Alter und Zustand des Baumbestandes, die nur der Fachmann beurteilen kann. Es sollte daher vom Gutachterausschuß nicht versucht werden, diese Methoden ohne Hinzuziehung eines Fachmannes anzuwenden.

## **3 Auswertung der Kaufpreise für Waldgrundstücke**

Die Aussage im vorigen Absatz erübrigt nicht die Frage, ob die Ergebnisse derartiger Bewertungen, die vielfach für Enteignungen oder Flächentausch angewendet werden, auch dem Grundstücksmarktgeschehen entsprechen, das sich in frei vereinbarten Kaufpreisen niederschlägt und bei den Geschäftsstellen der Gutachterausschüsse registriert wird.

Im Bereich des Katasteramtes Alfeld gibt es sehr umfangreiche Waldgebiete, die in Privateigentum stehen. Die Grundstücksstruktur ist sehr unterschiedlich. Es fallen aus diesen Gründen verhältnismäßig häufig Kaufpreise für Waldgrundstücke an, die ohne ausführliche Bewertungen durch Forstsachverständige vereinbart werden. Daneben wurden aber besonders in den letzten Jahren in größerer Zahl auch Kaufpreise registriert, die im Zusammenhang mit größeren staatlichen Bauvorhaben wie Bundesbahnneubaustrecke, Munitionsdepots und ähnlichem entstanden.

Auffallend war schon bei grober Durchsicht des Materials, daß die Preise, die durch die öffentliche Hand beeinflußt waren, ein anderes Niveau zeigten als die übrigen Preise. Dieser Umstand war der Anlaß, die Preise nicht ohne weitere Untersuchungen einfach zu registrieren, sondern das Marktgeschehen auf diesem Sektor näher zu untersuchen und eventuell die Ergebnisse auch in Verkehrswertgutachten zu verwenden. Es kommt doch vereinzelt vor, daß der Gutachterausschuß beauftragt wird, Waldgrundstücke zu bewerten und sei es im Zusammenhang mit anderen Grundstücken wie Hofstellen oder Ackerland.

### *3.1 Untersuchung der Kaufpreise*

Da im hiesigen Raum für den Privatwald bisher keine systematische Bestandsaufnahme durch die Landwirtschaftskammer oder andere Institutionen veranlaßt worden ist und da die Verkäufer in der Regel diese auch nicht für den Kauffall vornehmen lassen, blieb für die nähere Untersu-

chung der Kaufpreise lediglich die Möglichkeit, von den Vertragsparteien Angaben über die Art und das durchschnittliche Alter des Baumbestandes zu erfragen. Dabei bot es sich an, die Frage dahingehend zu erweitern, ob die Parteien auch Preisvorstellungen über den reinen Bodenwert haben; denn das Preismaterial hierüber ist in der Regel nicht sehr umfangreich und sollte so weit wie möglich ausgedehnt werden. Es ist erklärlich, daß sich über eine derartige Preisaufteilung nur der geringere Teil der Vertragsparteien Gedanken macht und daß diese Frage nur von wenigen beantwortet werden kann. Dennoch ist die dadurch mögliche Anreicherung des Materials nicht unwesentlich. In Zukunft soll der Fragebogen noch um die Frage nach besonders positiven oder negativen Merkmalen des Bodens oder des Baumbestandes erweitert werden.

### 3.2 Bodenpreise

Bis auf wenige Ausnahmen haben alle Waldgebiete des hiesigen Raumes ähnlichen Charakter. Es handelt sich um die höheren Lagen in typischem Mittelgebirge mit einer gewissen Erholungsfunktion. Das heißt es bietet sich für diese Flächen in der Regel nicht die Möglichkeit einer Umwandlung in eine höherwertige Bodennutzung. Unter diesen Umständen ist es erklärlich, daß die Waldbodenpreise keinerlei Korrelation mit den Preisen des umliegenden Ackerlandes zeigen. Bei diesen Gegebenheiten ist es für den Fall, daß zu wenig Preismaterial im näheren Bewertungsbereich vorliegt, sinnvoller, Preise aus entfernteren Gebieten ähnlichen Charakters heranzuziehen, als einen Bodenwert auf Grund vermuteter Abhängigkeiten aus Ackerland- oder

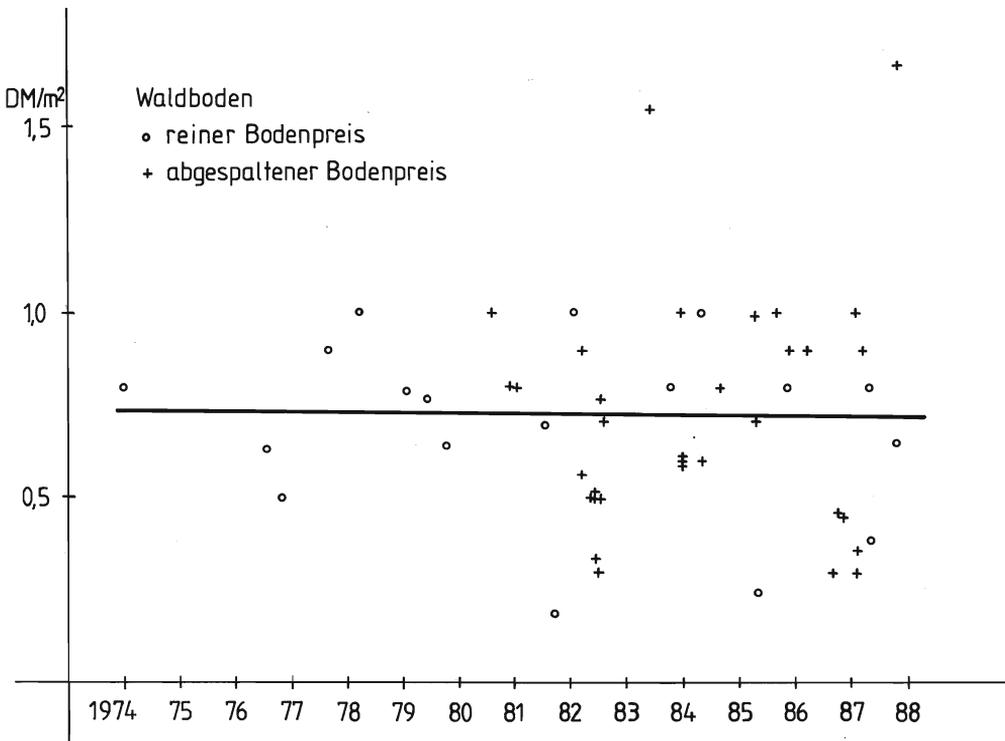


Abb. 1 Darstellung der Bodenpreise über 15 Jahre

Grünlandpreisen abzuleiten. Dies steht im Gegensatz zu den im Bericht des DVW Arbeitskreises 9[4] veröffentlichten Ergebnissen, die im wesentlichen aus dem Regierungsbezirk Weser-Ems stammen, wo also andere topographische Gegebenheiten herrschen.

Für den reinen Boden liegen der Geschäftsstelle des Gutachterausschusses in Alfeld aus den letzten 15 Jahren 53 Kaufpreise vor. Davon sind 18 reine Bodenpreise und 35 in Kaufverträgen genannte oder erfragte Bodenwertanteile. Die Preise lassen keine systematische, zeitabhängige Bewegung erkennen. Beide Gruppen zeigen im jeweiligen arithmetischen Mittel gute Übereinstimmung:  $0,70 \text{ DM/m}^2$  und  $0,72 \text{ DM/m}^2$ . Das arithmetische Mittel aller Preise liegt bei  $0,72 \pm 0,04 \text{ DM/m}^2$ . Werte ähnlicher Größenordnung werden bis auf Ausnahmefälle auch in Bewertungen durch Forstsachverständige angehalten. Dies entspricht der Aussage unter 2.1.

### 3.3 Wert des Baumbestandes

Bislang sind im allgemeinen von den Gutachterausschüssen nur wenige Auswertungen von Waldkaufpreisen vorgenommen worden. Es zeigt sich, daß eine intensivere Auswertung des Kaufpreismaterials plausible Ergebnisse liefern kann und daß daraus auch Verkehrswerte abgeleitet werden können, wenn das für landwirtschaftliche Sachfragen zuständige Ausschußmitglied Kenntnisse in der Waldbewirtschaftung hat. Der hiesige Gutachterausschuß ist auf diesem

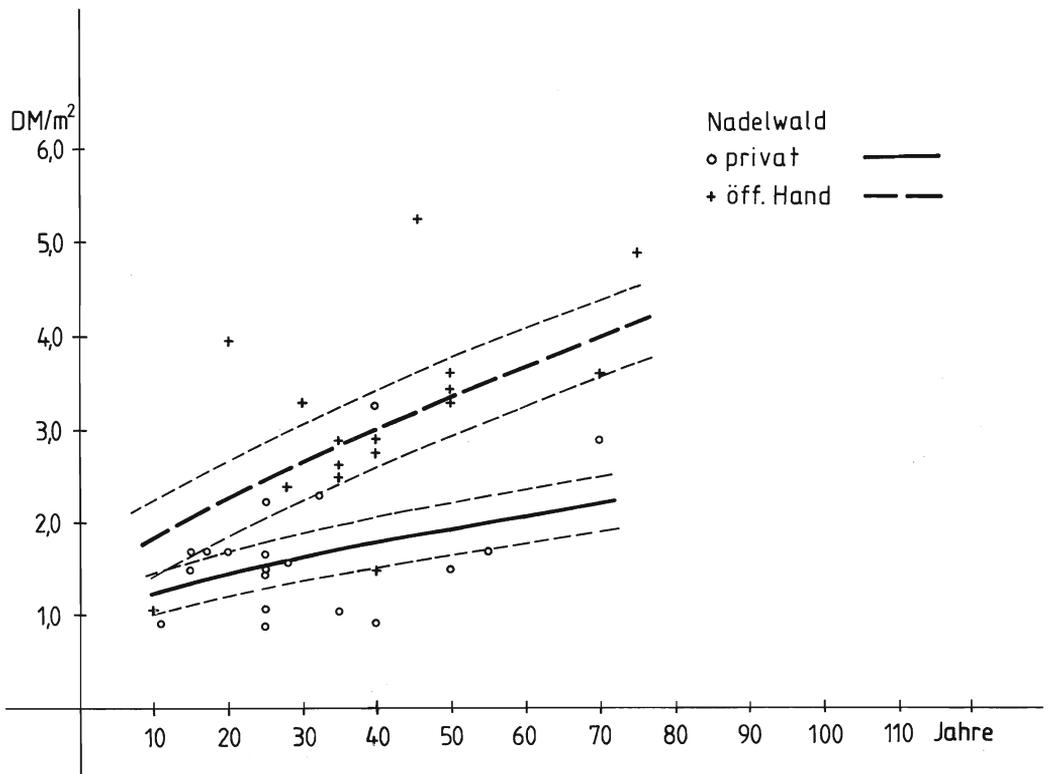
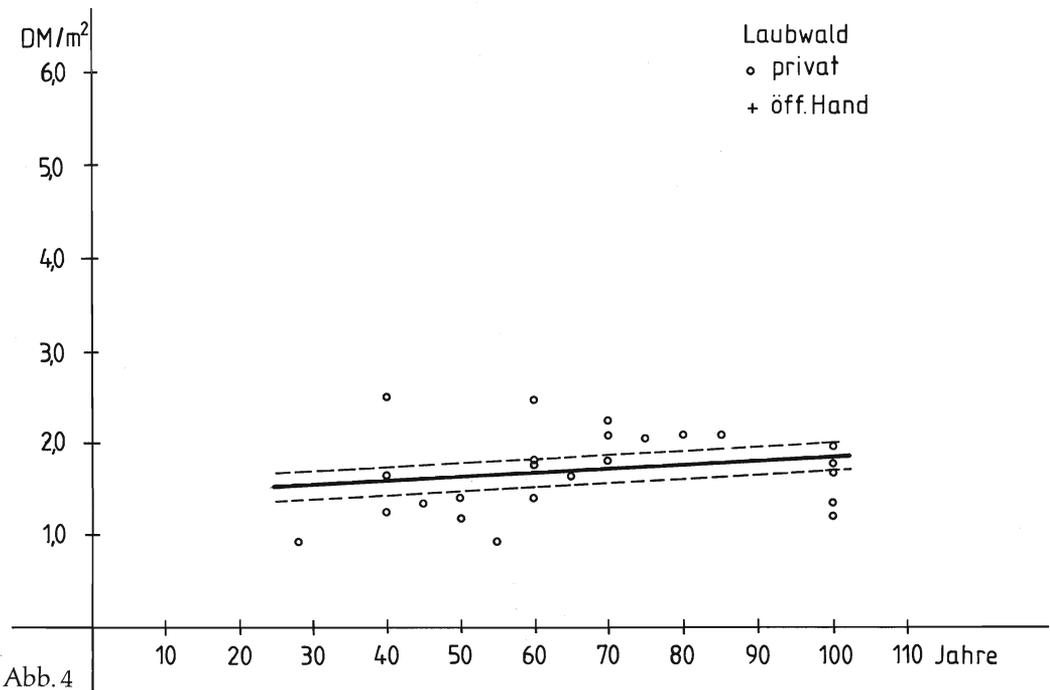
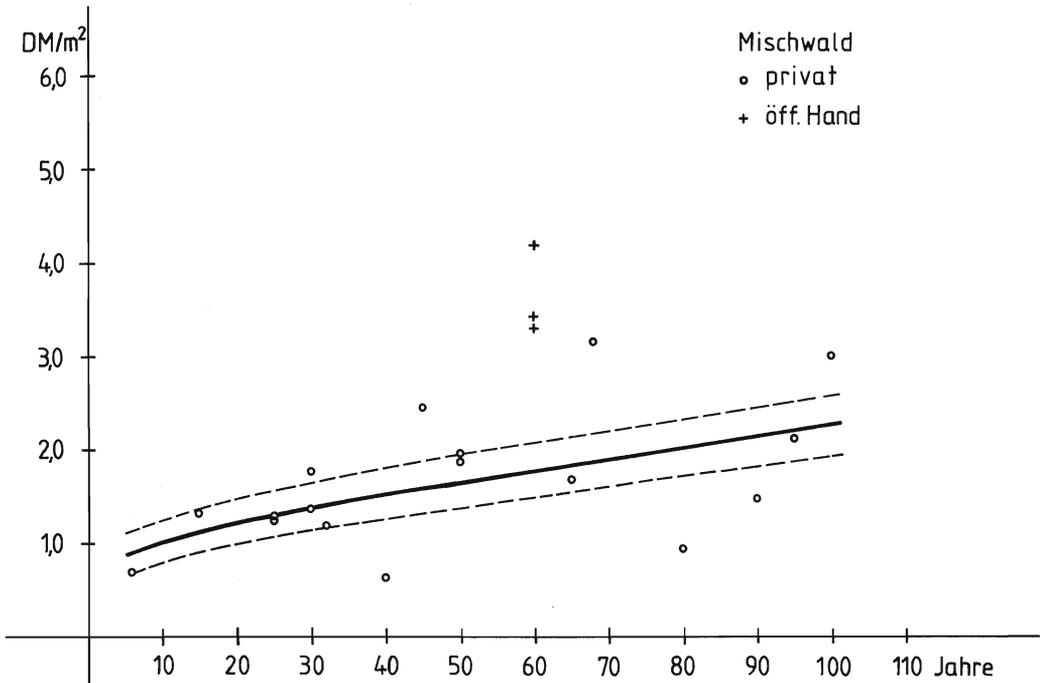


Abb. 2  
(Abbildungen 2 bis 4: Einfluß des Bestandes auf die Waldpreise)



Gebiet bereits mehrfach tätig geworden, und die Ergebnisse sind auch akzeptiert worden. Bei den Kauffällen und den Bewertungsobjekten handelt es sich allerdings in der Regel um noch nicht hiebreife Bestände. Sehr alte Bestände werden meist vor Verkauf abgeholzt. Das vorliegende Preismaterial wurde unterteilt nach Nadelwald, Laubwald und gemischten Beständen. Es handelt sich in der Regel um Altersklassenwald, das heißt der Bestand weist flächenweise nur eine geringe Altersspanne auf. Der Laubwald besteht im hiesigen Raum vorwiegend aus Buchenbeständen. Wenige Kaufpreise für Eichenwald wurden nicht mit verwendet. Diejenigen Preise, die unter Beteiligung der öffentlichen Hand vereinbart worden sind, wurden aus den weiter unten noch zu erläuternden Gründen nicht mit einbezogen.

Eine Untersuchung der Preise der Jahre 1979 bis 1987 auf ihre Korrelation mit dem Alter der Bestände zeigt Ergebnisse die in den Abbildungen 2 bis 4 dargestellt sind.

Selbst wenn zuzugestehen ist, daß die Auswertung wegen der starken Streuung der nicht sehr umfangreichen Stichproben noch einige Unsicherheiten aufweist, kann der Verlauf der Regressionsfunktionen im Verhältnis zum reinen Bodenwert als plausibel bezeichnet werden: Die Funktionen beginnen im Durchschnitt bei einem Preisniveau, das um ca.  $0,50 \text{ DM/m}^2$  über dem mittleren reinen Bodenwert  $0,72 \text{ DM/m}^2$  liegt. Dieser Betrag hat in etwa die gleiche Größenordnung, in der sich erfahrungsgemäß die Kulturkosten, also die Kosten aller Maßnahmen zur Bestands Begründung, normalerweise bewegen. Man kann somit sagen, daß die intensivere Auswertung der Kaufverträge und die Untersuchung der Preise sinnvolle Ergebnisse liefern.

### *3.4 Vergleich verschiedener Kaufpreisgruppen*

Es wurde oben bereits erwähnt, daß die von der öffentlichen Hand beeinflussten Preise nicht in die Berechnungen einbezogen wurden. Es handelt sich überwiegend um Ankäufe im Zuge besonderer Baumaßnahmen oder Flurbereinigungsverfahren; bei diesen Fällen kann unterstellt werden, daß die Bestandeswerte nach oben genannten Richtlinien von Forstfachleuten ermittelt worden sind.

Für die Gruppe Nadelwald und Mischwald wurden diese Preise ebenfalls in die Abbildungen 2 und 3 eingetragen und besonders gekennzeichnet. Für Laubwald liegen nur Privatverkäufe vor. Klar erkennbar ist, daß beide Preisgruppen systematische Unterschiede aufweisen. Die für die nachgetragenen Preise sich ergebende Funktion – nur bei Nadelwald berechenbar – ist gestrichelt dargestellt.

Nach diesem Vergleich kann vermutet werden, daß die Waldbewertungsrichtlinien in Richtung auf eine Marktanpassungskomponente ergänzungsbedürftig sind, wie sie auch in den Wertermittlungsrichtlinien (Wert R 76) besonders erwähnt wird. In den rein zinsmathematischen Modellen der Waldbewertungsrichtlinien kommen die Marktverhältnisse nicht ausreichend zum Ausdruck. So wie bei bebauten Grundstücken z. B. der Sachwert fast nie am Markt realisiert werden kann, ist wahrscheinlich auch beim Wald ein Abschlag vom theoretisch ermittelten Wert marktüblich.

Bei dem untersuchten Material handelt es sich allerdings überwiegend um Waldbestände jüngeren bis mittleren Alters. Es ist zu vermuten, daß bei hohem Bestandsalter die Differenzen erheblich geringer werden, da in diesem Fall die Unsicherheiten, die Zinsfaktoren und ähnliches mit sich bringen, geringer werden und der verhältnismäßig sicher ermittelbare Holzmarktpreis ein größeres Gewicht bekommt.

## 4 Zusammenfassung

Die Anträge auf Verkehrswertgutachten für Waldflächen im Katasteramtsbezirk Alfeld und sonstige Anfragen zeigen, daß ein Bedarf besteht, die Kaufpreise für Waldflächen intensiver als bisher vielfach üblich auszuwerten. Es ist zuzugestehen, der Idealfall wäre sicherlich erreicht, wenn dabei auf sogenannte Forstbetriebswerke oder Bestandsaufnahmen von Forstfachleuten zurückgegriffen werden könnte. Eine spezielle Aufnahme nur für die Kaufpreisauswertung wäre aber aus Kostengründen nicht zu vertreten. Zudem zeigt die Streuung der Kaufpreise, daß damit keine wesentlich sicherere Aussage über die Marktverhältnisse erwartet werden kann als mit dem hier dargestellten vereinfachten Verfahren. Der Gutachterausschuß für den Landkreis Hildesheim hat ein Bedürfnis für die Ermittlung von Bodenrichtwerten für Waldflächen festgestellt und erwägt, als Konsequenz dieser Untersuchungen in absehbarer Zeit auch für Waldflächen Bodenrichtwerte zu veröffentlichen. Es kommt letztlich auf das Bedürfnis nach § 20 Abs. 1 Satz 3 DV BBauG an.

## Literatur

- [1] Waldbewertungsanweisung RdErl. d. Nds. MfELuF v. 29. 7. 1964, Nds. MBl. S. 799.
- [2] Waldwertermittlungsrichtlinien 1977 v. 25. 3. 1977, Beilage zum Bundesanzeiger Nr. 107 v. 11. 6. 1977.
- [3] Waldbewertungsrichtlinien RdErl. d. ML v. 1. 9. 1986, Nds. MBl. S. 936.
- [4] Bericht des DVW-Arbeitskreises 9, Grundstücksbewertung in ländlichen Bereichen, 1986.

## Bodenpreisentwicklung in Niedersachsen

Für die aus den Übersichten über die Bodenrichtwerte abgeleiteten Bodenpreisindexreihen werden die Indizes zum Erhebungszeitpunkt 31. 12. 1987 nachgetragen. Bezüglich der gesamten Entwicklung wird auf Heft 3/1984, Seite 224, Heft 1/1986, Seite 44, Heft 3/1987, Seite 255, verwiesen.

31. 12. 1980 = 100

Erhebungszeitpunkt	Oberzentren Veränderung (v.H.)		Mittelzentren Veränderung (v.H.)		Grundzentren Veränderung (v.H.)	
Wohnbauflächen des individuellen Wohnungsbaus						
31. 12. 1985	121,4	-3,3	110,7	-2,3	101,5	-2,5
31. 12. 1986	117,4	-1,5	108,2	-3,5	99,0	-2,3
31. 12. 1987	115,6		104,4		96,7	
Wohnbauflächen des Geschößwohnungsbaus						
31. 12. 1985	121,1	-3,1	111,3	-1,1		
31. 12. 1986	117,3	-0,2	110,1	-1,2		
31. 12. 1987	117,1		108,8			
Gewerbliche Bauflächen						
31. 12. 1985	100,8		102,1		103,8	
31. 12. 1986	100,0	-0,8	101,1	-1,0	100,2	-3,5
31. 12. 1987	100,0		101,0	-0,1	99,9	-0,3

Die Preise für Wohnbauflächen sind auch 1987 – trotz günstiger Rahmenbedingungen – wieder leicht zurückgegangen. Dagegen liegen die Preise für gewerbliche Bauflächen weiter auf dem Niveau des Basiszeitpunkts (31. 12. 1980).

Es wird erwartet, daß sich 1988 die Preise für Wohnbauflächen stabilisieren werden. In Bereichen, in denen Bauland vermehrt nachgefragt wird, kann es zu einem leichten Anstieg der Preise kommen. Für die Nachfrage nach Grundstücken des Geschößwohnungsbaus können Impulse von den Wohnungsbauprogrammen ausgehen, die von der öffentlichen Hand vorgesehen sind.

### H. BODENSTEIN

# Presseinformationswettbewerb für Vermessungsreferendare des Regierungsbezirks Weser-Ems

---

## »Die neue Landkarte entsteht am Bildschirm«

*Die Vermessungs- und Katasterverwaltung sowie andere Institutionen, Behörden oder Verlage halten seit jeher eine Vielzahl von Landkarten für die verschiedensten Nutzer bereit. Die analogen Karten sind durch moderne Herstellungs-, Reproduktions- und Druckverfahren nahezu zur Perfektion gebracht worden.*

*In den letzten Jahren ist durch die Entwicklung in der EDV und der graphischen Datenverarbeitung die digitale Karte im Vormarsch.*

*Aufgabe: Verfassen Sie eine allgemein verständliche Presseinformation für eine Tageszeitung mit dem Thema (max. 2 1/2 DIN A4-Seiten Text, Graphiken zulässig)*

*»Die neue Landkarte entsteht am Bildschirm«*

*Eine fachkundige Jury hat den folgenden Beitrag ausgewählt.*

K. Kertscher

### Die neue Landkarte entsteht am Bildschirm

Der Begriff Karte stammt vom lateinischen »charta« (Brief, Urkunde), bürgerte sich jedoch erst im 15. Jahrhundert ein.

Solange es Karten gibt – als ältestes kartographisches Dokument gilt eine auf 3800 v. Chr. datierte babylonische Karte – waren sie einem ständigen Wechsel unterworfen. Besonders deutlich zeigt sich diese Entwicklung in der unterschiedlichen Art des Zeichenträgers.

So entstanden Kartenoriginale im Altertum noch auf Tontafeln, Papyrus oder Stein. Eine Vervielfältigung war nur durch manuelle Anfertigung weiterer Exemplare, d. h. durch erneutes Ritzen, Zeichnen usw. möglich. Das änderte sich im 15. Jahrhundert mit dem Aufkommen des Holzschnittes und des Kupferstichs.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts fand der Steindruck (Lithographie) Eingang. Kalkschieferplatten dienten hierfür als Ausgangsmaterial. In den letzten Jahren wiederum hat man auf Folie gezeichnet oder graviert bzw. photomechanische Verfahren zur Herstellung von Originalen angewendet.

Jetzt aber hat die Entwicklung in der Kartographie ein Stadium erreicht, das einen tiefgreifenden Umbruch mit sich bringen wird. Hiervon sind die Herstellung der Kartenoriginale und der Datenträger selbst betroffen, vor allem aber werden Einsatz und Gebrauch der Karte grundlegend gewandelt.

Aus der passiven Arbeits- und Entscheidungsgrundlage Papierkarte wird ein System, das dem Nutzer alle Möglichkeiten erschließt, die die EDV bietet.

Ziel der kartographischen Datenverarbeitung ist es, alle Informationen aus herkömmlichen Karten neben weiteren Angaben in einem Computer zu speichern, und diese einem möglichst großen Nutzerkreis für die unterschiedlichsten Anwendungen zugänglich zu machen.

Bislang zeichneten sich Karten durch eine analoge Darstellungsform aus, d. h. es sind Linien, Kreise, Rechtecke usw. abgebildet.

Im Gegensatz hierzu benutzt man in der rechnergestützten Kartenherstellung eine digitale Form, die eine Linie in sehr kleine Abschnitte auflöst, wobei der Computer sich die Lage jedes einzelnen Abschnitts in Form von Koordinaten »merkt«. In der Praxis geschieht dies überwiegend durch zeilenweises, automatisches Abtasten von Kartenvorlagen mit Hilfe eines Lichtstrahls. Das ist ein Weg, um vorhandene analoge Daten in digitale Datenformen zu überführen. Ein weiterer Weg ergibt sich aus der direkten Eingabe von Koordinaten über Tastatur und Bildschirm, die sich entweder aus Feldmeßdaten eines Katasteramtes, aus Luftbildern oder aus Satellitenaufnahmen ableiten.

Neben der Erfassung bereits vorhandener Daten muß auch die Aktualität gewährleistet sein, d. h. die im Computer vorhandenen Informationen müssen auf dem neuesten Stand sein. Diese Forderung ergibt sich aber automatisch aus den Aufgaben eines Katasteramtes.

Die Koordinaten werden in Dateien gespeichert und sind jederzeit reproduzierbar. Damit können digitale Daten bei Bedarf wieder in analoge (in Linien...) umgesetzt werden. Besondere Programme erlauben es, nur bestimmte Informationen aus den Gesamtdaten zu selektieren und sich am Bildschirm anzeigen zu lassen. So kann man die Größe eines Kartenausschnitts, den Maßstab oder den Inhalt (z. B. nur Straßen, nur Gebäude, etc.) selbst bestimmen.

Für die Ausgabe auf Papier oder Folie stehen Zeichengeräte (Drucker, Plotter) zur Verfügung.

Mit dieser Bearbeitung am Bildschirm werden die Kartenschränke, -regale usw., in denen bislang Hunderte von Karten lagerten und ständig ergänzt werden mußten, überflüssig.

Um einen möglichst großen Benutzerkreis anzusprechen, werden die geographischen Angaben z. B. um Angaben zur Bewertung (Bodenqualität), um öffentlich-rechtliche (Grenzen...) und um planungsrechtliche (Wohn- oder Gewerbegebiete...) Informationen erweitert.

Somit entwickeln sich die geographischen Datenbanken zu einem umfassenden Landinformationssystem, das den Bedürfnissen von Recht, Verwaltung, Wirtschaft und Planung gerecht wird. Durch Verknüpfung mit anderen Datenbanken gewinnt dieses System noch erheblich an Bedeutung.

Zu den zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten einer digitalen Karte gehören z. B. Kraftfahrzeug-Navigationssysteme, die z. T. noch Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen sind.

Diese Systeme, denen ebenfalls eine digitale Kartenabbildung zugrunde liegt, sollen dem Autofahrer auf elektronischem Wege bei der Zielfindung in Städten behilflich sein und ihm den augenblicklichen Standort und Entfernung zum Ziel mitteilen. Herkömmliche Stadtpläne werden damit überflüssig.

Die Fortschritte auf diesem Gebiet der Datenverarbeitung haben auch im Bereich der Schifffahrt zur Unterstützung einer sicheren Navigation Eingang gefunden. Forschungen, die sich mit der Einführung einer »elektronischen Seekarte« befassen, werden weltweit betrieben.

Ein Ende dieser Entwicklung von der analogen zur digitalen Karte ist noch nicht abzusehen, da sich neue Anwendungsmöglichkeiten auf vielen Gebieten der Technik einen immer größer werdenden Benutzerkreis erschließen.

HANS-PETER BAHNEMANN

Vermessungsreferendar

## Buchbesprechung

---

### »Geschichte des Liegenschaftskatasters im Bezirk Weser-Ems«

Herausgeber: Bezirksregierung Weser-Ems, Dezernat 207 –  
Vermessungs- und Katasterangelegenheiten, 1987

Autoren: **Heinrich Schumacher** (Abschnitt Ostfriesland)  
**Folkert Meyer** (Abschnitt Oldenburg)  
**Ignaz Hölscher** (Abschnitt Osnabrück)

Spricht man vom heutigen Liegenschaftskataster, so denkt man zuerst an ein landesweit einheitliches, modernes Mehrzweckkataster. Gerade die Einheitlichkeit aber war nicht immer gegeben, denn das Liegenschaftskataster hat sich, bedingt durch den historischen Verlauf, regional und inhaltlich zum Teil recht unterschiedlich entwickelt. Dies gilt auch für den heutigen Bezirk Weser-Ems, für den dieser Band zusammengestellt worden ist. Auf 221 Seiten sind, regional unterschieden, die geschichtliche und territoriale Entwicklung und parallel dazu die Entstehung und der Werdegang des Katasters in ausführlichen Beschreibungen und umfangreichen Beispielen dargestellt worden.

Der erste Abschnitt des Bandes befaßt sich mit der Geschichte in Ostfriesland, der zweite beschreibt die Besonderheiten des Oldenburger Katasters und der dritte Abschnitt skizziert die historischen Verhältnisse in der Osnabrücker Region. Neben den sehr informativen Texten fallen dem Leser sofort die vielen anschaulichen Beispiele von Auszügen aus den Buch-, Karten- und Zahlennachweisen sowie von Abdrucken alter Grenzverhandlungen auf, die bis in die Anfänge der Kataster zurückreichen. Sehr interessant ist die am Ende eines jeden Abschnitts aufgeführte Chronik der Katasterämter. Im abschließenden vierten Abschnitt wird kurz über die Entstehung und die Aufgaben der Bezirksregierung Weser-Ems berichtet.

Diese Zusammenstellung kann jedem, der sich über die Geschichte des Katasters in Weser-Ems informieren will, sehr empfohlen werden. Auch heute ist die Kenntnis der Geschichte (noch) nicht entbehrlich geworden, denn in einigen ländlichen Gebieten gilt der Katasternachweis aus dem vorigen Jahrhundert häufig noch als maßgebende Unterlage. Deshalb ist die »Geschichte des Liegenschaftskatasters« gerade auch für Ausbildungszwecke aller Laufbahnen sehr nützlich.

Der Band wird als Loseblatt-Sammlung geführt und ist bei der Bezirksregierung Weser-Ems, Dezernat 207, zum Preis von DM 9 oder als Ringbuchausführung für DM 15 zu beziehen.

MICHAELA BÖSCHE

## **Anschriften der Mitarbeiter dieses Heftes**

---

Jürgen Schlehuber, Ministerialrat im Niedersächsischen Ministerium des Innern, Lavesallee 6, 3000 Hannover 1

Dr.-Ing. Wolfgang Augath, Vermessungsdirektor im Niedersächsischen Landesverwaltungsamt – Landesvermessung –, Warmbüchenkamp 2, 3000 Hannover 1

Klaus Kummer, Vermessungsrat bei der Bezirksregierung Hannover, Am Waterlooplaz 11, 3000 Hannover 1

Hans-Karl Harbort, Vermessungsoberrat beim Katasteramt Alfeld, Ravensstraße 8, 3220 Alfeld

Hermann Bodenstein, Vermessungsoberamtsrat im Niedersächsischen Ministerium des Innern, Lavesallee 6, 3000 Hannover 1

Hans-Peter Bahnemann, Vermessungsreferendar bei der Bezirksregierung Weser-Ems, Tappenbeckstraße 3, 2900 Oldenburg

Michaela Bösche, Vermessungsreferendarin bei der Bezirksregierung Weser-Ems, Tappenbeckstraße 3, 2900 Oldenburg

## Einsendeschluß für Manuskripte

---

Heft 1 .....	10. November
Heft 2 .....	10. Februar
Heft 3 .....	10. Mai
Heft 4 .....	10. August