

**Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder
der Bundesrepublik Deutschland
- AdV -**

Koordinatenkataster

- Grundsätze und Aufbau -

November 1985

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	4
1 Grundsätze für die Einrichtung des Koordinatenkatasters	5
1.1 Vorbemerkung	5
1.2 Definition	6
1.3 Anwendung	6
1.4 Genauigkeit und Zuverlässigkeit	6
1.5 Prinzip der Nachbarschaft	7
1.6 Abmarkung und Sicherung der Grenzen	7
1.7 Nutzen	8
1.8 Aufwand	8
1.9 Schrittweiser Aufbau	9
1.10 Auswirkungen auf die Vermessungspraxis	9
2 Neueinrichtung von Aufnahmepunktfeldern für das Koordinatenkataster	10
2.1 Vorbemerkung	10
2.2 Zweckbestimmung	11
2.3 Einrichtung des Aufnahmepunktfeldes	11
2.4 Auswahl	13
2.5 Vermarkung	14
2.6 Sicherung und Einmessung	14
2.7 Meßverfahren	15
2.8 Messungsgenauigkeit	15
2.9 Berechnungen	16
2.10 Nachweise	16
2.11 Vorhandene Polygonpunktfelder	17

	Seite
3 Arbeiten im Koordinatenkataster und in seinen Vorstufen	18
3.1 Vorbemerkung	18
3.2 Anschlußpunkte	18
3.3 Allgemeines zum Meßverfahren	19
3.4 Polares Meßverfahren	19
3.5 Orthogonales Meßverfahren	24
3.6 Koordinatenberechnungen im Koordinatenkataster	25
3.7 Koordinatenübertragung (Absteckung) im Koordinatenkataster	26
3.8 Prinzip der Nachbarschaft im Koordinatenkataster	27
3.9 Arbeiten in Grenzpunktfeldern geringerer Genauigkeit	28
3.10 Nachweis der Vermessungsergebnisse	30
3.11 Fortführung des Liegenschaftskatasters	35
3.12 Größte zulässige lineare Abweichungen der Grenz- und Gebäudepunkte im Koordinatenkataster	35

A n l a g e

Größte zulässige Abweichungen bei der Bestimmung der Aufnahmepunkte - Genauigkeits- und Zuverlässigkeitskriterien -

V o r w o r t

In der vorliegenden fachlichen Darstellung "Koordinatenkataster - Grundsätze und Aufbau - " wurden drei von dem Plenum der AdV in den Jahren 1983 bis 1985 verabschiedete Ausarbeitungen des Arbeitskreises Liegenschaftskataster zusammengefaßt. Gleichzeitig empfahl das Plenum den Bundesländern, die Grundsätze bei der Einrichtung eines Koordinatenkatasters sowie beim Arbeiten im Koordinatenkataster und in seinen Vorstufen zu beachten.

In der fachlichen Darstellung wurden bewußt auch Aussagen über die größten zulässigen Abweichungen aufgenommen. Damit möchte die AdV entsprechend ihrem Auftrag rechtzeitig in einem noch in der Entwicklung befindlichen Teilbereich einen Beitrag zur Erhaltung der Einheitlichkeit im Vermessungswesen leisten.

Der zuständige Arbeitskreis Liegenschaftskataster hat eine Ausarbeitung vorgelegt, die zugunsten einer breiteren Leserschaft, jedoch auf Kosten einer ins Detail gehenden Vollständigkeit und formellen Exaktheit so kurz wie möglich gehalten wurde.

Für diese Darstellung gelten uneingeschränkt die Feststellungen meines Vorgängers, Dr.-Ing. Harald Lucht, die er in seinem Vorwort zu dem im Jahr 1983 vorweg herausgegebenen ersten Teil dieser Veröffentlichung getroffen hat. Sie lauten:

"Wann immer in einem fachlich schwierigen Bereich die unterschiedlichen historischen Entwicklungen, regionale und lokale Besonderheiten, unterschiedliche Anforderungen aus verschiedenen Aufgabenstellungen sowie die jeweiligen technischen Möglichkeiten in einem einheitlichen Werk zu vereinigen sind, verlangt dies zunächst Offenheit gegenüber der Vielfalt der fachlichen Rahmenbedingungen und zugleich die Bereitschaft, individuelle Ansprüche und Sonderwünsche im Interesse der Gesamtheit zurückzustellen. Dem federführenden Arbeitskreis Liegenschaftskataster ist zu danken, in diesem Sinne eine Rahmenempfehlung erarbeitet zu haben, die den Mitgliedsverwaltungen ein einheitliches weiteres Vorgehen auf diesem Gebiet ermöglicht."

Wiesbaden, im November 1985

Dipl.-Ing. Wulf Schröder
Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft der
Vermessungsverwaltungen der Länder der
Bundesrepublik Deutschland (AdV)

1 Grundsätze für die Einrichtung des Koordinatenkatasters

1.1 Vorbemerkung

Das Liegenschaftskataster ist Basis für das Grundbuch und damit für die Sicherung des Grundeigentums, außerdem für die Besteuerung des Grundbesitzes, die Durchführung von bodenbezogenen Planungen und die Herleitung von Statistiken des Grund und Bodens. Mit Hilfe von Koordinaten wird es zu einem umfassenden Instrument im Rahmen der Landinformation. Die Koordinaten erleichtern vermessungstechnische Berechnungen und Zuordnungen innerhalb des Liegenschaftskatasters und verbinden es mit den Werken der Landesvermessung. Darüber hinaus sind sie auch nutzbar für vielseitige Anwendungen am Rande oder außerhalb des Vermessungswesens.

Die Vermessungs- und Katasterverwaltungen der Länder haben nachstehend ihre Vorstellungen über Definition, Ausgestaltung und Aufbau des Koordinatenkatasters sowie dessen Auswirkungen auf die Vermessungspraxis zusammengestellt. Damit soll einerseits eine einheitliche Realisierung angestrebt und andererseits dem Benutzer und Interessenten ein Überblick gegeben werden.

Die vielfältigen Diskussionen und Veröffentlichungen lassen erkennen, daß das Koordinatenkataster unterschiedlich definiert wird, und dementsprechend vielfach Verständigungsschwierigkeiten bestehen. So wird beispielsweise unter dem Koordinatenkataster gelegentlich nur eine abgewandelte Form des Zahlenwerkes im Liegenschaftskataster verstanden. Andere sehen in ihm eine eigenständige mathematisch-technische Grundlage, auf der neben dem Karten- und Buchwerk des Liegenschaftskatasters auch zahlreiche andere Disziplinen aufbauen können.

Vor den eigentlichen Ausführungen über das Koordinatenkataster ist es aufgrund dieser Erkenntnisse unerlässlich, seinen Umfang unter weitgehender Berücksichtigung des bisherigen Entwicklungsstandes, der unterschiedlichen Zweckbestimmung für die Nachweise des Aufnahmepunktfeldes und des Katasterzahlenwerkes sowie der andersartigen Bedingungen für die Auswertung dieser Nachweise festzulegen.

Dementsprechend wird hier das Koordinatenkataster als eine besondere Form der Festlegung der Grenz- und Gebäudepunkte im Liegenschaftskataster angesehen. Nicht mit einbezogen in diesen Begriff wird das Aufnahmepunktfeld als weitere Verdichtungsstufe des Festpunktfeldes mit seiner besonderen Eignung, vor allem als Bezugssystem für Katastervermessungen aber auch für Arbeiten anderer Fachbereiche zu dienen.

1.2 Definition

Unter dem Koordinatenkataster soll eine besondere Form der Festlegung von Grenzen und Gebäuden im Liegenschaftskataster verstanden werden, bei der für alle Grenzpunkte und ausgewählte Gebäudepunkte Lagekoordinaten im Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit ermittelt und datenverarbeitungsgerecht gespeichert werden.

1.3 Anwendung

Die Berechnung von entsprechenden Koordinaten in einem System nach Abschnitt 1 ist Voraussetzung für vielfache Anwendungen im Vermessungswesen und auf anderen Gebieten (z.B. Bauwesen, Statistik, Planung, Informationssysteme). Im Vermessungswesen ist die Koordinate notwendig für einen sinnvollen Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung, der elektrooptischen Distanzmessung bzw. der elektronischen Tachymetrie und der Präzisionsphotogrammetrie im Rahmen der Vorbereitung, Durchführung und anschließenden Bearbeitung zahlreicher Vermessungen. Sie ermöglicht eine Beschleunigung der örtlichen Arbeiten durch entsprechenden technologischen Einsatz bzw. eine weitgehende Verlagerung teurer Außendienstarbeiten in den Innendienst und bringt erhebliche Vorteile bei der Benutzung des Liegenschaftskatasters.

1.4 Genauigkeit und Zuverlässigkeit

Bei der Ermittlung von Koordinaten müssen die notwendigen Genauigkeiten eingehalten werden. Diese richten sich nach den Anforderungen der Benutzer, d.h. die Bedürfnisse von z.B. Recht, Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Planung sind zu erfüllen. Dabei müssen diese Anforderungen jedoch realistisch sein und in einem tragbaren Verhältnis zu dem resultierenden technischen und finanziellen Aufwand stehen.

Es kann davon ausgegangen werden, daß die höchsten Anforderungen an die Genauigkeit, abgesehen von speziellen Fällen, aus dem Bauwesen stammen. Ähnlich hohe Anforderungen sind auch für die Sicherung des Eigentumsrechts bei bebauten oder zur Bebauung vorgesehenen Flurstücken, insbesondere bei hohen Bodenwerten, zu erfüllen.

Entsprechend diesen Bedingungen ist anzustreben, daß die Lagegenauigkeit der Grenz- und Gebäudepunkte gleich oder nur unwesentlich geringer als die Lagegenauigkeit des Aufnahmepunktfeldes ist.

Neben der Genauigkeit ist eine hohe Zuverlässigkeit der Vermessungs- und Berechnungsergebnisse ein wesentliches Kriterium für das Koordinatenkataster. Meßwerte und berechnete Koordinaten müssen daher wirksam verprobt sein.

1.5 Prinzip der Nachbarschaft

Mit der Beachtung des Prinzips der Nachbarschaft wurde bei konventionellen Vermessungen (mit mechanischen und optischen Instrumenten) die sachgerechte Verteilung der unvermeidlichen und zulässigen Abweichungen sichergestellt. Bei wachsenden Entfernungen wurden auch größere Toleranzen erlaubt.

Beim Einsatz von elektrooptischen Distanzmessern wird die höchste wirtschaftliche Effizienz jedoch dann erreicht, wenn flächenhaft unter Ausnutzung der relativ großen Reichweite gearbeitet werden kann. Voraussetzung hierfür ist eine genügend hohe Genauigkeit des Aufnahmepunktfeldes, die dann ein Arbeiten unter Vernachlässigung des Prinzips der Nachbarschaft ermöglicht.

1.6 Abmarkung und Sicherung der Grenzen

Unter rein vermessungstechnischen Gesichtspunkten könnte auf eine Abmarkung der Grenzpunkte verzichtet werden, wenn Wiederauffinden und Sicherung der Aufnahmepunkte gewährleistet sind. Doch soll - sofern die Grundstücksgrenzen nicht bereits durch dauerhafte Grenzeinrichtungen ausreichend gekennzeichnet sind - aus folgenden Gründen eine Abmarkungspflicht unter Berücksichtigung von Ausnahmesachverhalten vorgesehen werden:

- a) Die Grenzpunktabmarkung trägt allgemein zur Erhaltung des Grenzfriedens bei, verhindert weitgehend Überbauten und unter Umständen sogar rechtlich unzulässige oder doch wenigstens bedenkliche private Grenzkennzeichnungen und ist für den Eigentümer billiger.
- b) Durch eine Grenzpunktabmarkung können oft Grenzfeststellungen vermieden oder erleichtert werden.

1.7 Nutzen

Die Koordinaten der Grenz- und Gebäudepunkte bilden - zusammen mit der Grundrißkonfiguration - die Voraussetzung für die digitale Speicherung des zeichnerischen Inhalts der Katasterkarten. Durch die gespeicherten Koordinaten werden die genannten Anwendungen (Nr. 1.3) möglich. Eine Beschleunigung der Außendienstarbeiten ergibt sich beispielsweise durch eine freie Stationierung nach optimalen Sichtverhältnissen unter Verwendung von leistungsfähigen programmierbaren Rechnern mit gespeicherten Koordinaten im Felde oder eine Verlagerung von Außendienstarbeiten in den Innendienst, etwa durch häusliche Vor- ausberechnungen von Absteckelementen zu den aufzusuchenden Punkten.

Die Wiederverwendung alter Bestimmungselemente kann meistens entfallen. Örtliche Schwierigkeiten können in der Regel umgangen werden. Mehrere Einzelaufgaben können vorteilhaft miteinander verbunden werden (z.B. Grenzfeststellung, Absteckung und örtliche Aufnahme). Ein Arbeiten im Koordinatenkataster bringt weiterhin Vorteile für die Kartenherstellung, -erneuerung und -fortführung. Es unterstützt den Aufbau einer Automatisierten Liegenschaftskarte. Weitere Benutzervorteile ergeben sich beispielsweise beim Grundstücksverkehr mit erst noch zu vermessenden Grundstücksteilen. Hier können z.B. neben den der Sonderung vorbehaltenen Fällen Flächengrößen schon vor der Vermessung angegeben, im Extremfall auch Grundstücke ohne örtliche Tätigkeit gebildet werden. Dies kann bei entsprechenden Rechts- und Verwaltungsvorschriften sogar zur Regel werden.

Ein besonderer Nutzen außerhalb des Vermessungswesens wird sich dadurch ergeben, daß die jeweiligen Daten anderer Benutzerbereiche im Falle des Bezuges auf das Koordinatenkataster untereinander eindeutig lokalisierbar und gegenseitig in Verbindung zu bringen sind.

1.8 Aufwand

Die auf das Aufnahmepunktfeld zu beziehenden Koordinaten der Grenz- und Gebäudepunkte können entweder in einem Zuge durch Erneuerung oder schrittweise anlässlich von Fortführungsvermessungen ermittelt werden. Je nach dem Zustand der alten Stückvermessung kommen bei der Erneuerung die Berechnung aus alten Meßwerten, die Neuvermessung mit anschließender Koordinatenberechnung oder eine Mischform beider Verfahren in Frage. Sieht man von wenigen Sonderfällen ab, so wird der große Aufwand im wesentlichen nur den schrittweisen Aufbau eines Koordinatenkatasters rechtfertigen lassen.

1.9 Schrittweiser Aufbau

Zwar ermöglicht heute die elektronische Datenverarbeitung die rasche Einpassung bestehender großer Koordinatenmengen in einen neuen übergeordneten Rahmen, doch ist es sinnvoll, bei einem schrittweisen Aufbau eines Koordinatenkatasters vom Grundsatz her zuerst das TP-Feld und dann das Aufnahmepunktfeld zu überprüfen und erforderlichenfalls zu erneuern. Im Zuge der entsprechenden örtlichen Vermessungen sollten jedoch bereits zu Beginn des schrittweisen Aufbaus zweckmäßige, den Mehraufwand rechtfertigende Homogenisierungsmaßnahmen im Aufnahmepunktfeld und auch im Grenz- und Gebäudepunktfeld ergriffen und dann berücksichtigt werden. Die Koordinaten der Grenz- und Gebäudepunkte können anschließend bei jeder sich bietenden Gelegenheit berechnet werden. Grundlage sind entweder genügend genaue alte bzw. bereits homogenisierte Meßwerte im Rahmen der üblichen Aktivitäten. Im häufigeren zweiten Fall werden der Aufbau eines Koordinatenkatasters und die meist ohnehin notwendige Steigerung der bestehenden Genauigkeiten im Liegenschaftskataster in wirtschaftlicher Weise mit der Tagesarbeit verbunden. Koordinaten nur aus alten, nicht genügend genauen Meßwerten zu berechnen, würde weder die vorgegebenen Anforderungen erfüllen, noch die weitergehenden Vorteile eines Koordinatenkatasters nach sich ziehen. So entsteht ein Koordinatenkataster zwar nur langsam, aber primär in Gebieten mit zahlreichen Vermessungen, für die sein Aufbau mit den größten Vorteilen verbunden ist. Dabei ist auch zu prüfen, inwieweit weitere Umstellungen notwendig oder sinnvoll sind (z.B. Einführung von - u.U. im Original geführten - Dauerrissen oder ähnlichen Nachweisen, Schaffung einer Datei der Messungselemente). Wenn jedoch der schrittweise Aufbau des Koordinatenkatasters in den einzelnen Gemarkungen im Hinblick auf den gewünschten Erfolg zu lange dauert (mehr als 10 Jahre), sollte nach einer angemessenen Zeit das Ausfüllen der verbliebenen Lücken durch systematische Anschlußarbeiten erwogen werden.

1.10 Auswirkungen auf die Vermessungspraxis

Das Koordinatenkataster bietet den Vorteil, daß in der täglichen Praxis die Verwendung der ursprünglichen Meßwerte zugunsten der daraus berechneten Koordinaten zurückgehen wird. Zur Gewährleistung und Erhaltung der Genauigkeit des Koordinatenkatasters sind Vermessungsarbeiten grundsätzlich nur vom Aufnahmepunktfeld aus durchzuführen.

Dadurch erfolgt sinnvollerweise eine Anpassung konventioneller Methoden an sich bietende und als wirtschaftlich erkannte vermessungstechnische und rechentechnische Möglichkeiten. Aus der Einführung eines Koordinatenkatasters resultiert auch eine Erhöhung der Bedeutung des Katasterzahlenwerkes, hier in Form von Koordinaten hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit gegenüber Grenzeinrichtungen. Aufgabe der sachverständigen Beurteilung wird es sein, dabei Konflikte zu vermeiden.

2 Neueinrichtung von Aufnahmepunktfeldern für das Koordinatenkataster

2.1 Vorbemerkung

Die Einrichtung des Koordinatenkatasters erfordert ein Aufnahmepunktfeld entsprechender Genauigkeit. Aus der Praxis ist bekannt, daß die vorhandenen Polygon- und Liniennetzpunktfelder zum Aufbau eines Koordinatenkatasters teilweise nicht geeignet oder nur bedingt verwendbar sind. Die Ursachen hierfür liegen insbesondere in ihrer Inhomogenität, die hervorgerufen wurde durch die mangelhafte Punktidentität sowie durch Meß- und Berechnungsverfahren, die nicht den heutigen Anforderungen entsprechen.

Durch die Entwicklung der Automation beziehen sich auch andere Fachbereiche (z.B. Bauwesen, Statistik, Planung, Informationssysteme) immer häufiger auf ein Koordinatensystem. Es ist daher sinnvoll, in die Überlegungen zum Aufbau des Aufnahmepunktfeldes auch die Erfordernisse dieser Fachkreise einzubeziehen, damit zukünftig lokale Sonderaufnahmenetze weitgehend vermieden werden.

Die nachstehenden Grundsätze für den Aufbau des Aufnahmepunktfeldes berücksichtigen insbesondere die Gesichtspunkte:

- Einsatz wirtschaftlicher Vermessungsmethoden (Aufnahme und Absteckung),
- Einrichtung eines Koordinatenkatasters mit den besonderen Vorteilen der Automation,
- höhere, den heutigen Benutzeranforderungen genügende Genauigkeit.

Grundsätzlich soll das Aufnahmepunktfeld landesweit aufgebaut werden. Dabei werden jedoch auch im Hinblick auf die Bedürfnisse außerhalb des Aufgabenbereiches der Vermessungs- und Katasterverwaltungen Schwerpunkte (z.B. für Ballungsräume) zu setzen sein. Letztlich wird die Entscheidung über die Einrichtung eines Aufnahmepunktfeldes aber von den jeweiligen sachlichen Bedürfnissen sowie den finanziellen und personellen Möglichkeiten in den Bundesländern abhängen.

2.2 Zweckbestimmung

Das Aufnahmepunktfeld ist die Voraussetzung für eine wirtschaftliche Vermessungstätigkeit beim Aufbau und der Laufendhaltung des Koordinatenkatasters. Es erleichtert anderen Fachbereichen den Datenbezug auf das Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem.

Das Aufnahmepunktfeld ist auf der Grundlage des Trigonometrischen Festpunktfeldes aufzubauen. Für die Aufnahmepunkte sind ebene, rechtwinklige Koordinaten hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit im Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem zu bestimmen.

2.3 Einrichtung des Aufnahmepunktfeldes

2.3.1 Grundsätze

Wesentlich für den Aufbau eines Aufnahmepunktfeldes sind:

- ein spannungsfreies Trigonometrisches Festpunktfeld,
- eine gute, dauerhafte Vermarkung und Sicherung der Trigonometrischen Festpunkte und Aufnahmepunkte zur Gewährleistung der Lageidentität,
- Meßwerte hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit zwischen den Punkten des Trigonometrischen Festpunktfeldes und den Aufnahmepunkten,
- eine wirksam verprobte Koordinatenberechnung.

Das Aufnahmepunktfeld soll grundsätzlich landesweit aufgebaut werden und das bisherige Polygon- und Liniennetz ersetzen. Wenn der entsprechende Aufwand nicht kurzfristig erbracht werden kann, soll es schrittweise entstehen, um seine Vorteile in Ballungsgebieten mit reger Vermessungstätigkeit möglichst frühzeitig nutzen zu können.

2.3.2 Vorstufen des Aufnahmepunktfeldes

2.3.2.1 Allgemeines

Vorstufen des Aufnahmepunktfeldes (Teilnetze, lokale Netze) entstehen dort, wo wegen der noch nicht abgeschlossenen Erneuerung des Trigonometrischen Festpunktfeldes keine endgültigen Gauß-Krüger-Koordinaten für die Aufnahmepunkte berechnet werden können. Diese Vorstufen werden so eingerichtet, daß sie später problemlos in das endgültige Aufnahmepunktfeld überführt werden können. Hierzu müssen insbesondere die in Nr. 2.3.1 aufgezeigten Grundsätze hinsichtlich Vermarkung, Sicherung sowie Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Meßwerte erfüllt sein.

2.3.2.2 Teilnetze

Teilnetze werden vorrangig in Gebieten mit umfangreichen Vermessungsvorhaben (z.B. Flurbereinigungsverfahren, Katasterneuvermessungen, größere Baulandumlegungen) und reger Vermessungstätigkeit nach Netzentwürfen für den Bereich einer Gemarkung oder mindestens für eine Ortslage eingerichtet. Die einzelnen Netzentwürfe sind aufeinander abzustimmen.

Die Koordinaten der Aufnahmepunkte in den Teilnetzen werden durch zwangsfreie Ausgleichung der Meßwerte berechnet. Die in die Messung und Berechnung einbezogenen Trigonometrischen Festpunkte bestimmen dabei die Lage und die Orientierung der Teilnetze. Außerdem werden hierdurch größere Koordinatenänderungen und damit auch kartenmäßige Folgearbeiten vermieden.

Durch die zwangsfreie Ausgleichung wird innerhalb der Teilnetze eine relative Genauigkeit erreicht, die den Aufbau eines Koordinatenkatasters gestattet.

Innerhalb dieser Gebiete sind alle weiteren Katastervermessungen an das Teilnetz anzuschließen. Gebietserweiterungen an den Rändern der Teilnetze sollen jedoch aus Genauigkeitsgründen auf Ausnahmen beschränkt bleiben.

Die vorläufigen Koordinaten der Teilnetze werden nach Abschluß der Erneuerung des Trigonometrischen Festpunktfeldes durch Transformation in endgültige Koordinaten überführt.

Für Aufnahmepunkte und Grenzpunkte an den Rändern der Teilnetze bzw. für identische Punkte innerhalb der Teilnetze existieren in der Regel 2 Koordinaten mit unterschiedlichem Lagestatus sowie unterschiedlicher Lagegenauigkeit und -zuverlässigkeit (alte Koordinaten, vorläufige neue Koordinaten in den Teilnetzen). Die vorläufigen neuen Koordinaten werden in der PunktdatEI durch Angabe des Lagestatus gekennzeichnet.*)

Die Doppelkoordinaten verursachen bei der Führung, Laufendhaltung und Benutzung der Punktdaten Verwaltungsmehraufwand. Daher ist es zweckmäßig, die Teilnetze möglichst großflächig anzulegen.

*) Zur Verschlüsselung von Lagestatus, Lagegenauigkeit und Lagezuverlässigkeit siehe logische Datenstruktur Systemdateien im Vorhaben Automatisierte Liegenschaftskarte

2.3.2.3 Lokale Netze

Soweit besondere Umstände (Personal- und Arbeitslage) die Einrichtung von Teilnetzen nicht gestatten, können lokale Netze eingerichtet werden, die jeweils nur das Gebiet des einzelnen Vermessungsobjekts umfassen.

In der Regel erfolgt die Bestimmung der Aufnahmepunkte flächenhaft durch geeignete Winkel- und Streckenmessungen, in die, zur späteren Überführung der lokalen Netze, auch die Punkte des Trigonometrischen Festpunktfeldes einbezogen werden.

Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß durch die geringere Gebietsausdehnung der lokalen Netze Nachteile in Kauf genommen werden müssen, wie z.B.:

- Zonen mit unterschiedlichem Koordinatenbezug (vorläufige Orientierung) innerhalb einer Gemarkung,
- zusätzliche Nachweise über den Umfang der lokalen Netze,
- Mehrfachkoordinierungen von Punkten an den Rändern der einzelnen lokalen Netze (alte Koordinaten, vorläufige neue Koordinaten anderer lokaler Netze).

Aus diesen Nachteilen entstehen neben einem zusätzlichen Aufwand für die Verwaltung der Punktdaten insbesondere Erschwernisse bei Vermessungs- und Berechnungsarbeiten, die sich über mehrere lokale Netze erstrecken. Sie verringern sich jedoch mit der Einführung einer Punktdaten als Teil der Automatisierten Liegenschaftskarte.

Die Überführung der vorläufigen Koordinaten der lokalen Netze in endgültige Koordinaten erfolgt nach Abschluß der Erneuerung des Trigonometrischen Festpunktfeldes durch Transformation.

2.4 Auswahl

Für die Lage der Aufnahmepunkte sind neben der Standsicherheit der Vermarkung insbesondere folgende Kriterien maßgebend:

- Alle Grenz- und Gebäudepunkte sowie wesentliche topographische Punkte müssen mit vertretbarem Aufwand und hinreichender Genauigkeit an das Aufnahmepunktfeld angeschlossen werden können.
- Das Aufnahmepunktfeld muß zum Anschluß sonstiger Vermessungen vor allem im Städtebau geeignet sein.

Dies wird in der Regel bei folgendem Punktabstand erreicht:

- in Ortslagen etwa 100 m bis 200 m,
- am Ortsrand etwa 200 m bis 400 m,
- in Feldlagen und Waldgebieten bis etwa 500 m.

Bei der Auswahl des Standortes sind nach Möglichkeit erkennbare Entwicklungen der Flurstücksstruktur zu berücksichtigen.

2.5 Vermarkung

Aufnahmepunkte sind als Einzelpunkte oder als Punktgruppen standsicher und dauerhaft zu vermarken. Der Bezugspunkt der Marke soll eine millimetergenaue Zentrierung der vermessungstechnischen Instrumente gewährleisten.

Welche Vermarkungsart im Einzelfall die genannten Forderungen am besten erfüllt, richtet sich nach den topographischen Gegebenheiten und der Bodenbeschaffenheit.

Die Erfahrungen zeigen, daß an Gebäuden angebrachte oder unterirdische Vermarkungen besonders standsicher sind. Metallrohre, Kunststoffrohre und Metallbolzen werden den Anforderungen gerecht. Lochsteine müssen zur exakten Definition des Bezugspunktes mit einer entsprechend feinen Bohrung versehen sein.

Hingegen können Dränrohre, Hohlziegel und vergleichbare Vermarkungen, die eine genaue Definition des Bezugspunktes nicht gestatten und deren Standsicherheit den vorstehenden Vermarkungsarten unterlegen ist, nicht zur Vermarkung von Aufnahmepunkten verwendet werden.

2.6 Sicherung und Einmessung

Für jeden Aufnahmepunkt sind Sicherungsmarken so einzubringen und einzumessen, daß mit ihrer Hilfe die Vermarkung des Aufnahmepunktes einwandfrei überprüft oder wiederhergestellt werden kann. Die Einbringung von Sicherungsmarken entfällt bei Aufnahmepunktgruppen.

Für die Sicherungsmarken sind ungefährdete Standorte so auszuwählen, daß sie möglichst nicht im gleichen Bereich (z.B. Straßen, Wegekörper) wie der Aufnahmepunkt selbst liegen und damit bei gefährdenden Arbeiten nicht zugleich zerstört werden.

Damit die Sicherungsmarken bei Bedarf als Aufnahmepunkte verwendet werden können, sind sie wie diese zu vermarken und einzumessen sowie vom Aufnahmepunkt aus polar so festzulegen, daß sie mit der gleichen Genauigkeit wie dieser koordinierbar sind. Für die Anschlußrichtungen sind benachbarte Aufnahmepunkte oder Trigonometrische Festpunkte zu benutzen. Für die Streckenmessung zur Bestimmung der Sicherungsmarken sowie für deren wirksame Kontrolle gilt folgendes:

- Die Sicherungsmaße sind auf Millimeter anzugeben.
- Die Kontrollmaße (Spannmaße, Streben) dürfen gegenüber den gerechneten Maßen nicht mehr als 10 mm abweichen.

Die Aufnahmepunkte, Aufnahmepunktgruppen und die Sicherungsmarken sind auf Gebäude, andere topographische Gegenstände oder Flurstücksgrenzen so aufzumessen, daß die Punkte in der Örtlichkeit leicht aufgefunden werden können.

2.7 Meßverfahren

Für die Bestimmung der Aufnahmepunkte ist jedes Meßverfahren zugelassen, das die geforderte Koordinatengenauigkeit gewährleistet. Bei terrestrischen Meßverfahren sollen folgende Grundsätze beachtet werden:

- Die Richtungen und Strecken sind mit Zwangszentrierung zu messen.
- Bei der polygonalen Bestimmung der Aufnahmepunkte sollen im Anfangs- und Endpunkt des Zuges mindestens eine Richtung nach einem koordinierten Zielpunkt gemessen werden (Richtungsanschluß bzw. Richtungsabschluß); die Entfernungen zu den Zielpunkten sollen mindestens gleich der Zuglänge sein.
- Bei polarem und trigonometrischem Meßverfahren sind die Aufnahmepunkte mindestens zweimal unabhängig voneinander zu bestimmen.

2.8 Messungsgenauigkeit

Auf Richtungsmessungen wirkende Instrumentenfehler sind durch entsprechende Meßanordnungen oder rechnerisch zu berücksichtigen. Die bei einer Instrumentenaufstellung gemessenen Richtungsätze sind zu mitteln. Die Standardabweichung der einzelnen gemittelten Richtung darf 0,7 mgon nicht übersteigen.

Bei der Streckenmessung sind die auf die elektrooptische Distanzmessung wirkenden maßgebenden Einflußfaktoren zu berücksichtigen. Die Strecken sind auf die Horizontale in Geländehöhe zu reduzieren. Mehrfach gemessene Strecken sind zu mitteln. Die Standardabweichung der (ggf. gemittelten) Horizontalstrecke darf 1 cm nicht übersteigen.

2.9 Berechnungen

Die Berechnung der Gauß-Krüger-Koordinaten der Aufnahmepunkte erfolgt - unter Berücksichtigung der Reduktionen - grundsätzlich durch flächenhafte Ausgleichung. In die Ausgleichung sind in der Regel auch die polar bestimmten Aufnahmepunkte einzubeziehen.

Die Ausgleichung hat insbesondere folgende Vorteile:

- Eine Willkür in der Berechnungsreihenfolge wird verhindert.
- Alle Meßwerte werden berücksichtigt.
- Neupunktkoordinaten werden mit ihren Standardabweichungen berechnet.
- Angaben über die Zuverlässigkeit ermöglichen eine objektive Begutachtung der Meßwerte und der Berechnungsergebnisse.

Neben der Netzausgleichung ist in Ausnahmefällen (z.B. bei geringfügigen Ergänzungen des Aufnahmepunktfeldes) auch eine zugweise Berechnung der Gauß-Krüger-Koordinaten zulässig.

Empfehlungen zur Festlegung der größten zulässigen Abweichungen bei der Bestimmung von Aufnahmepunkten - Genauigkeits- und Zuverlässigkeitskriterien - enthält die Anlage.

Gauß-Krüger-Koordinaten aus polaren Mehrfachbestimmungen, die nicht in eine Ausgleichung einbezogen werden, sind zu mitteln, wenn die Koordinatenwidersprüche gegenüber dem Mittel nicht mehr als 0,01 m betragen.

Die Gauß-Krüger-Koordinaten der Aufnahmepunkte werden mindestens auf Zentimeter angegeben.

2.10 Nachweise

Die Aufnahmepunkte werden in

- Aufnahmepunktübersichten,
 - Aufnahmepunktbeschreibungen,
 - Koordinatenverzeichnissen oder in der Punktdatetei
- nachgewiesen.

Die Aufnahmepunktübersichten werden als Deckfolien zu geeigneten Kartengrundlagen (DGK 5, TKV 10) gefertigt.

Die Aufnahmepunktbeschreibungen enthalten insbesondere Angaben über Vermarkung, Sicherung und Einmessung.

2.11 Vorhandene Polygonpunktfelder

2.11.1 Allgemeines

Mit der Verabschiedung der Fehlergrenzen auf der 47. AdV-Tagung im Jahre 1970 wurden die Voraussetzungen zur Genauigkeitssteigerung beim Aufbau eines Polygonpunktfeldes geschaffen. Damit verbunden waren genauere Winkel- und Streckenmessungen sowie zuverlässigere Vermarkungen und Sicherungen. Dementsprechend sind die Abschlußfehler in der Regel auch erheblich niedriger als die Fehlergrenzen, häufig nur 1/3 des größten zulässigen Betrages.

Im Hinblick auf einen wirtschaftlichen Aufbau des Aufnahmepunktfeldes sollen daher die geeigneten Polygonnetze in das Aufnahmepunktfeld überführt werden. Hierdurch wird gleichzeitig erreicht, daß daran angeschlossene, geeignete Katastervermessungen Bestandteil des Koordinatenkatasters oder seiner Vorstufen werden können.

2.11.2 Eingliederungsfähige Polygonnetze

Vorhandene Polygonnetze sind ohne neue Bestimmung von Meßwerten eingliederungsfähig, wenn entsprechend den Voraussetzungen in Nr. 2.3.1

- die Polygonpunkte vor der Bestimmung der Meßwerte, die zu ihrer Berechnung verwendet wurden, gesichert waren und die Sicherung eine jederzeitige genaue Herstellung zuläßt,
- ihre Genauigkeit den Anforderungen in den Nrn. 2.8 und 2.9 entspricht.

Ist eine unmittelbare Überführung in das Aufnahmepunktfeld wegen der noch nicht abgeschlossenen Erneuerung des Trigonometrischen Festpunktfeldes nicht möglich, können aus den einzelnen Polygonnetzen geeignete Teilnetze gebildet werden (Nr. 2.3.2.2).

2.11.3 Sonstige Polygonnetze

Bei vorhandenen Polygonnetzen, die infolge zu geringer Genauigkeit nicht nach Nr. 2.11.2 eingliederungsfähig sind, ist von den zuständigen Vermessungs- und Katasterverwaltungen darüber zu befinden, ob in absehbarer Zeit ein vorrangiges Bedürfnis zur Einrichtung eines Aufnahmepunktfeldes entsprechend den in Nrn. 2.3 bis 2.10 festgelegten Grundsätzen besteht. Soweit für bestimmte Bereiche ein Polygonpunktfeld mit geringeren Anforderungen an Vermarkung, Sicherung, Messung und Berechnung als ausreichend angesehen wird, muß gegebenenfalls in Kauf genommen werden, daß eine spätere Überführung des Polygonpunktfeldes in das Aufnahmepunktfeld nicht mehr möglich sein wird. Die größten zulässigen Abweichungen für diese Polygonpunkte sind länderspezifisch aufgrund der jeweils vorliegenden Genauigkeitsverhältnisse festzulegen.

3 Arbeiten im Koordinatenkataster und in seinen Vorstufen

3.1 Vorbemerkung

Das Koordinatenkataster als besondere Form der Festlegung von Grenzen und Gebäuden im Liegenschaftskataster ermöglicht eine Beschleunigung der örtlichen vermessungstechnischen Arbeiten durch entsprechenden Einsatz moderner Technologie. Dies bedingt aber die Weiterentwicklung konventioneller Meßmethoden, um die geforderte Genauigkeit gewährleisten und die sich bietenden Vorteile optimal nutzen zu können.

Die Anforderungen an das Koordinatenkataster, nämlich

- a) ein spannungsfreies Lagefestpunktfeld (Trigonometrische Punkte, Aufnahmepunkte),
 - b) eine gute, dauerhafte Vermarkung und Sicherung der Lagefestpunkte zur Gewährleistung der Lageidentität,
 - c) Meßwerte hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit zwischen den Lagefestpunkten und den Grenz- bzw. Gebäudepunkten,
 - d) eine wirksam verprobte Koordinatenberechnung,
- gestatten je nach Ausgangslage in den einzelnen Bundesländern unter Umständen nur einen schrittweisen Aufbau.

Um die Vorteile der weiterentwickelten Meßmethoden jedoch umfassend nutzen zu können, sollten diese auch in Gebieten mit vorhandenen, weniger genau koordinierten Grenz- und Gebäudepunkten (Grenzpunktfelder geringerer Genauigkeit) verstärkt zur Anwendung kommen.

Die nachstehenden Ausführungen enthalten daher nicht nur Grundsätze und Verfahrensweisen für das Arbeiten im Koordinatenkataster, sondern auch für die Vorstufen und die Grenzpunktfelder geringerer Genauigkeit. Da bei den Vorstufen des Koordinatenkatasters lediglich der endgültige Anschluß an das erneuerte Trigonometrische Festpunktfeld fehlt, im übrigen aber eine für das Koordinatenkataster erforderliche Genauigkeit vorliegt, gelten für die Vorstufen die Grundsätze und Verfahrensweisen des Koordinatenkatasters.

3.2 Anschlußpunkte

3.2.1 Arten

Als Anschlußpunkte (Standpunkte, Zielpunkte) für das Arbeiten im Koordinatenkataster und in Grenzpunktfeldern geringerer Genauigkeit kommen in Frage:

- Trigonometrische Punkte,
- Aufnahmepunkte bzw. Polygonpunkte,

- vorgeschobene Standpunkte, die direkt von Trigonometrischen Punkten, Aufnahmepunkten oder Polygonpunkten aus bestimmt und deren Koordinaten beim betreffenden Aufnahme-/Absteckungsverfahren berechnet wurden,
- Liniennetz- und Grenzpunkte mit besonderer Lagesicherheit und genauer Punktdefinition (z.B. Bolzen an Bauwerken).

3.2.2 Identitätsprüfung

Anschlußpunkte sind anhand ihrer Sicherungen und Nachweise zu überprüfen oder wiederherzustellen und zu vermarken. Innerhalb von Aufnahmepunktgruppen können verlorengegangene Punkte durch neue ersetzt werden.

3.3 Allgemeines zum Meßverfahren

Als zweckmäßiges terrestrisches Meßverfahren für das Arbeiten im Koordinatenkataster und in Grenzpunktfeldern geringerer Genauigkeit kommt vornehmlich das Polarverfahren (Nr. 3.4) in Betracht; die Anwendung des Orthogonalverfahrens (Nr. 3.5) ist ebenfalls möglich. Das Polarverfahren ist deshalb zu bevorzugen, weil es in wirtschaftlicher Weise ein flächendeckendes Arbeiten ermöglicht.

Das photogrammetrische Meßverfahren kann bei großräumigen Arbeiten in Frage kommen.

3.4 Polares Meßverfahren

3.4.1 Grundsätze

Richtungsmessungen sind grundsätzlich in einer Fernrohrlage auszuführen. Hierzu sind die Instrumentenfehler entweder rechnerisch zu berücksichtigen oder die Instrumente ausreichend zu justieren, wenn keine automatische Kompensation vorhanden ist. Andernfalls ist das Meßverfahren so anzulegen, daß die Fehlereinflüsse kompensiert werden. Gleiches gilt für die Berücksichtigung der Fehlereinflüsse bei der Distanzmessung.

Die Punktbestimmung ist zu kontrollieren. Wirksame Kontrollen der Erstaufnahme sind:

- a) Zweitaufnahme von einem anderen Standpunkt aus,
- b) lagekontrollierende Spannmaße.

Zur Erkennung von Instrumentenveränderungen ist die Zentrierung, die Horizontierung und die Orientierung des Teilkreises mindestens vor Abbau des Instrumentes zu überprüfen.

3.4.2 Vorgegebener Standpunkt

Für die Anschlußrichtung ist ein ausreichend weit entfernt liegender Anschlußpunkt zu verwenden. Die Anschlußrichtung ist durch einen weiteren Anschlußpunkt zu überprüfen. Die Entfernung zu den Anschlußpunkten muß größer sein als die zum entferntesten Grenz- oder Gebäudepunkt.

3.4.3 Frei gewählter Standpunkt

3.4.3.1 Allgemeines

Der frei gewählte Standpunkt bei der Polaraufnahme/-absteckung ermöglicht die Auswahl der Instrumentenstandpunkte unter Berücksichtigung der Topographie, der örtlichen Hindernisse und der Verkehrsbedingungen in der Weise, daß die Vermessung innerhalb des Verfahrensgebietes von möglichst wenigen Standpunkten aus erfolgen kann und durch das Ausweichen in verkehrsberuhigte Zonen ein besserer Schutz für Personal und Gerät erreicht wird. Dieses Meßverfahren führt ferner zu einer Genauigkeitssteigerung im Vergleich zum Polarverfahren vom vorgegebenen Standpunkt aus, da bei einer sachgerechten Stationierung sämtliche Anschlußpunkte am Rand und innerhalb des von einem frei gewählten Standpunkt aus bearbeiteten Bereichs berücksichtigt werden.

3.4.3.2 Standpunkt

Der Standpunkt ist meist nur ein Hilfspunkt, auf den Richtungen und Strecken bezogen werden. Er liegt grundsätzlich innerhalb des durch die äußeren Verbindungslinien zwischen den Anschlußpunkten abgegrenzten Bereichs (Bereich der Anschlußpunkte). Der Standpunkt soll nur dann außerhalb des Bereichs der Anschlußpunkte gewählt werden, wenn dadurch die Zahl der Standpunkte verringert oder die Sichtverhältnisse wesentlich verbessert werden können (Abbildungen 1 und 2).

Die Entfernung zwischen Standpunkt und Anschlußpunkt soll 500 m nicht überschreiten.

Frei gewählte Standpunkte werden grundsätzlich nicht vermarktet, können aber für die Dauer der Messungen örtlich markiert werden. Wenn besondere Verhältnisse es erfordern und der Standpunkt innerhalb des Bereichs der Anschlußpunkte liegt, kann er ausnahmsweise vermarktet und koordiniert werden.

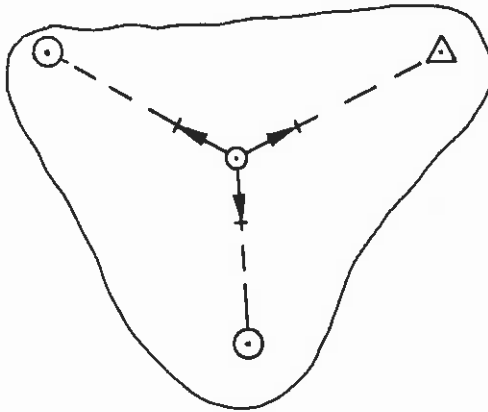


Abbildung 1

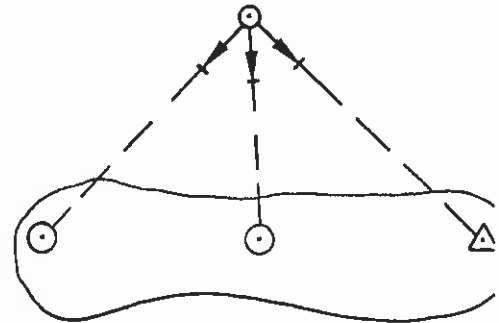
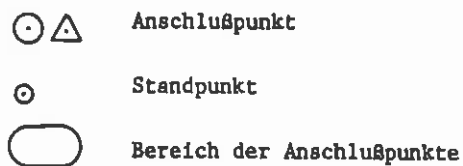


Abbildung 2



3.4.3.3 Anschlußpunkte

Grundsätzlich sind alle am Rand und innerhalb des von einem frei gewählten Standpunkt aus zu bearbeitenden Bereichs liegenden Anschlußpunkte zu verwenden. Weit entfernt liegende Anschlußpunkte (z.B. Hochpunkte), die in keiner unmittelbaren nachbarschaftlichen Beziehung zu diesem Bereich stehen, sind nicht in die Stationierung einzubeziehen. Die Anschlußpunkte sollen flächenhafte Bereiche eines frei gewählten Standpunkts möglichst gleichmäßig umfassen und über bandförmige Bereiche möglichst gleichmäßig verteilt sein. Von Aufnahmepunktgruppen darf immer nur ein Punkt als Anschlußpunkt benutzt werden, um Übergewichtungen zu vermeiden.

3.4.3.4 Berechnung der Stationierungselemente

Das durch die Wahl des freien Standpunkts bedingte örtliche Koordinatensystem wird mit Hilfe der zu mindestens 3 Anschlußpunkten gemessenen Richtungen und Strecken in das Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem übergeführt. Dies geschieht durch Koordinatentransformation oder andere, ausgleichungstechnisch anerkannte Verfahren, die eine entsprechende Genauigkeit gewährleisten. Hierbei werden die Stationierungselemente (Gauß-Krüger-Koordinaten des Nullpunkts des örtlichen Koordinatensystems, Maßstab und Orientierungswinkel des Teilkreises) sowie lineare Abweichungen in den Anschlußpunkten berechnet.

Die linearen Abweichungen in den Anschlußpunkten sind so zu bestimmen, daß eine Beeinträchtigung durch Maßstabseinflüsse unterbleibt. Dies bedeutet, daß der Maßstab auf den Wert 1 festzusetzen oder als zusätzliche Beobachtung mit dem Wert 1^{*}) einzuführen ist.

Die größte zulässige lineare Abweichung in den Anschlußpunkten entspricht der größten zulässigen linearen Abweichung der Aufnahmepunkte (Nr. 3.12). Ist bereits die lineare Abweichung in einem Anschlußpunkt größer als die Hälfte der größten zulässigen linearen Abweichung der Grenz- und Gebädepunkte, so ist für die weitere Aufmessung und Absteckung von dem frei gewählten Standpunkt aus eine Anpassung durch Beseitigung der linearen Abweichungen in den Anschlußpunkten zwingend erforderlich.

Ist die lineare Abweichung in allen Anschlußpunkten geringer als die Hälfte der größten zulässigen linearen Abweichungen der Grenz- und Gebädepunkte, kann auf eine Anpassung verzichtet werden, wenn für die weitere Aufmessung und Absteckung die Stationierungselemente erneut und mit freiem Maßstab berechnet werden.

^{*}) Maßgebende Formeln für die Koordinatentransformation mit Maßstabsbeobachtung:

$$M^* = (M \left[pR_r^2 + pH_r^2 \right] + p_M) : \left(\left[pR_r^2 + pH_r^2 \right] + p_M \right)$$

$$s_P^2 = \left(\left[pV_y^2 + pV_x^2 \right] + p_M (M^* - 1)^2 \right) : (u-1,5)$$

M^* = gebundener Maßstab

M = Maßstab der Helmert-Transformation

R_r, H_r = auf den Schwerpunkt reduzierte Gauß-Krüger-Koordinaten der Anschlußpunkte

p_M = Gewicht des beobachteten Maßstabs

s_P = Standardabweichung eines Anschlußpunktes mit Gewicht $p=1$

u = Anzahl der Anschlußpunkte mit Gewicht $p \neq 0$

Bei unzulässigen linearen Abweichungen in den Anschlußpunkten ist zu untersuchen, ob Fehler in den Messungen, Berechnungen oder in den Koordinaten der Anschlußpunkte vorliegen. Der Bereich der Anschlußpunkte ist in der Regel zu verkleinern, wenn unzulässige lineare Abweichungen nicht beseitigt werden können oder eine Neubestimmung der Koordinaten der Anschlußpunkte nicht in Betracht kommt. Überschreitungen der größten zulässigen linearen Abweichungen in den Anschlußpunkten können in Ausnahmefällen dann toleriert werden, wenn ihre Ursachen eindeutig und plausibel begründet sind und zumindest mittelfristig keine Ursachenbeseitigung unter vertretbarem Aufwand möglich ist.

3.4.3.5 Kontrolle der Stationierungselemente

Im Anschluß an die Berechnung der Stationierungselemente sind diese über mindestens drei sonstige, im Bereich der Anschlußpunkte vorhandene, koordinierte Punkte zu prüfen. Die dabei auftretenden linearen Abweichungen sind im Hinblick auf eine eventuelle Verdrehung zwischen transformiertem Koordinatensystem und Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem zu untersuchen und dürfen nicht größer sein als die größten zulässigen linearen Abweichungen der Grenz- und Gebäudepunkte (Nr. 3.12).

Sind nicht genügend koordinierte Punkte vorhanden, können auch Anschlußpunkte außerhalb des vom frei gewählten Standpunkt bearbeiteten Bereichs (Fernziele) angezielt werden. Die Richtungsdivergenz zwischen der Sollrichtung und der Istrichtung am Fernziel ist in eine Querabweichung für den entferntesten Anschlußpunkt dieses Bereichs umzurechnen. Die berechnete Querabweichung darf die größte zulässige lineare Abweichung der Grenz- und Gebäudepunkte (Nr. 3.12) nicht überschreiten.

3.4.3.6 Besonderheiten bei der Aufnahme und Absteckung vom gleichen Standpunkt

Eine Doppelaufnahme von Grenz- und Gebäudepunkten oder die Kontrolle abgesteckter Punkte von demselben frei gewählten Standpunkt aus ist zulässig, wenn

- a) die zur Berechnung der Stationierungselemente verwendeten Anschlußpunkte in zwei unabhängigen Durchgängen aufgemessen werden,
- b) die linearen Abweichungen der aus beiden Aufmessungen berechneten Koordinaten der Anschlußpunkte im örtlichen Koordinatensystem höchstens 0,02 m sind,

- c) die gemittelten örtlichen Koordinaten der beiden Aufmessungen der Anschlußpunkte der Berechnung der Stationierungselemente zugrunde gelegt werden.

An der Nahtstelle benachbarter Bereiche der Anschlußpunkte soll für mindestens 3 Punkte die Doppelaufnahme von zwei verschiedenen Standpunkten aus erfolgen.

3.4.3.7 Prüfung der Veränderung eines örtlich nicht gekennzeichneten Standpunktes

Zur Überprüfung der Zentrierung eines örtlich nicht gekennzeichneten Instrumentenstandpunktes sind mindestens vor Abbau des Instrumentes die linearen Abweichungen bei zwei Anschlußpunkten erneut zu bestimmen. Diese Anschlußpunkte sollen in genähert aufeinander senkrecht stehenden Richtungen liegen. Die linearen Abweichungen von den bei der Stationierung ermittelten, ausgeglichenen Koordinaten dürfen 0,02 m nicht überschreiten. Bei der Aufmessung mit Anpassung (Nr. 3.4.3.4) treten an die Stelle der bei der Stationierung berechneten, ausgeglichenen Koordinaten die Sollkoordinaten. Bei Überschreitung der Abweichung von 0,02 m sind die Stationierungselemente erneut zu ermitteln und die seit der letzten derartigen Kontrolle ermittelten Meßwerte auf ihre Richtigkeit zu überprüfen.

3.5 Orthogonales Meßverfahren

Das Orthogonalverfahren ist nur anzuwenden, wenn hierbei die größten zulässigen linearen Abweichungen der Grenz- und Gebäudepunkte (Nr. 3.12) nicht überschritten werden.

Die Meßwerte sind durch geeignete Kontrollmaße (Spannmaße, Streben, Doppelmessungen usw.) zu verproben.

Zur Kontrolle der Punktbestimmung und der Koordinatenberechnung sind für jeden Grenz- und Gebäudepunkt zwei lagekontrollierende Spannmaße zu messen.

3.6 Koordinatenberechnungen im Koordinatenkataster

3.6.1 Allgemeines

Für die aufgenommenen Grenz- und Gebäudepunkte werden Koordinaten im Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem - unter Berücksichtigung der Korrekturen, der Reduktionen und der gegebenenfalls nach Nr. 3.4.3.4 notwendig werdenden Anpassung - berechnet. Die derart berechneten und geprüften Koordinaten neu bestimmter Grenz- und Gebäudepunkte werden Bestandteil des Koordinatenkatasters, wenn sie die nachstehenden Voraussetzungen erfüllen.

3.6.2 Koordinatenberechnungen und -kontrollen bei der Polaraufnahme

Die Koordinaten doppelt polar bestimmter Grenz- und Gebäudepunkte sind zu mitteln, wenn die lineare Abweichung zwischen Erst- und Zweitaufnahme die größten zulässigen linearen Abweichungen der Grenz- und Gebäudepunkte nicht überschreitet. Wurden beide Polaraufnahmen von demselben frei gewählten Standpunkt aus durchgeführt (Nr. 3.4.3.6) gilt die Hälfte dieser größten zulässigen linearen Abweichungen (Nr. 3.12).

Soweit nach Nr. 3.4.3.4 erforderlich, wird bei der Polaraufnahme mit frei gewähltem Standpunkt im Zuge der Koordinatenberechnung der Betrag der Anpassung für die Koordinaten jedes einzelnen Punktes aufgrund der Größe und Richtung der linearen Abweichungen aller Anschlußpunkte berechnet. Die linearen Abweichungen in den Anschlußpunkten werden entsprechend den Strecken zwischen aufzunehmendem Punkt und jeweiligem Anschlußpunkt gewichtet *).

Die Berechnungen können bei entsprechender Geräteausstattung vor Ort vorgenommen werden.

3.6.3 Koordinatenkontrolle mit lagekontrollierenden Spannmaßen

Wurden zur Kontrolle der Punktbestimmung und der Koordinatenberechnung von Grenz- und Gebäudepunkten lagekontrollierende Spannmaße gemessen, darf die Differenz zwischen gemessener und gerechneter Strecke die größte zulässige lineare Abweichung der Grenz- und Gebäudepunkte (Nr. 3.12) nicht überschreiten.

*) In der Praxis übliche Gewichtsansätze sind : $p = 1/s$; $p = 1/(s\sqrt{s})$; $p = 1/s^2$

3.7 Koordinatenübertragung (Absteckung) im Koordinatenkataster

3.7.1 Grenzfeststellung

Grenzfeststellungen im Koordinatenkataster erfolgen

- a) in Gebieten mit Grenzpunktabmarkung durch Vergleich von Soll- und Istkoordinaten oder durch Vergleich der abgesteckten Sollkoordinaten mit der Örtlichkeit,
- b) in Gebieten ohne Grenzpunktabmarkung bzw. bei verlorengegangener Abmarkung durch Absteckung (Nr. 3.7.2).

Die vorgefundenen Grenzmarken sind, soweit die linearen Abweichungen zwischen Soll- und Istkoordinaten oder zwischen den abgesteckten Sollkoordinaten und der Örtlichkeit die größten zulässigen linearen Abweichungen der Grenz- und Gebädepunkte (Nr. 3.12) nicht überschreiten, als lagerichtig anzusehen.

3.7.2 Absteckung

3.7.2.1 Allgemeines

Bei der Absteckung im Koordinatenkataster und in Grenzpunktfeldern geringerer Genauigkeit werden die Sollkoordinaten von Punkten in die Örtlichkeit übertragen. Dies ist erforderlich, wenn

- a) verlorengegangene oder nicht abgemarkte Grenzpunkte wiederherzustellen sind oder
- b) Ergebnisse von Planungen bzw. vorgesehene neue Flurstücksgrenzen in die Örtlichkeit übertragen werden sollen.

Die Absteckung kann z.B. mit einem Näherungspunkt, mit zwei Näherungspunkten (Bogenschlagverfahren) oder über direkte Bestimmung des Punktes auf der Sollrichtung durchgeführt werden. Die Wahl des Verfahrens richtet sich nach der Geräteausstattung und den sonstigen Gegebenheiten bei der Absteckung. Beim Polarverfahren mit frei gewähltem Standpunkt gelten die Grundsätze der Nr. 3.4.3 entsprechend.

3.7.2.2 Kontrolle der Absteckung

Die abgesteckten Grenzpunkte sind nach der Abmarkung unabhängig zu kontrollieren. Durch die Kontrolle müssen Rechen-, Absteckungs- und Abmarkungsfehler erkannt werden. Die Kontrolle kann erfolgen durch

- a) Koordinatenvergleich zwischen Ist- und Sollkoordinaten der abgesteckten Grenzpunkte
- b) Messung von lagekontrollierenden Spannmaßen.

Die Kontrolle durch Koordinatenvergleich ist in einem eigenen Meßdurchgang, unmittelbar nach Abschluß der Abmarkung, von anderen als den zur Absteckung verwendeten Standpunkten aus durchzuführen. Die Kontrollberechnungen sind nach Abschluß der Messungen unverzüglich vorzunehmen. Treten dabei Abweichungen auf, welche die größten zulässigen linearen Abweichungen der Grenz- und Gebäudepunkte (Nr. 3.12) überschreiten, sind die Ursachen festzustellen und gegebenenfalls die Absteckungen zu wiederholen bzw. die Abmarkung zu verbessern.

Wird hingegen bei der Absteckung mit freier Wahl des Standpunktes die Kontrolle nach der Abmarkung vom gleichen Standpunkt aus durchgeführt (Nr. 3.4.3.6), darf die lineare Abweichung zwischen den Sollkoordinaten und den Istkoordinaten des abgemarkten Punktes die Hälfte der größten zulässigen linearen Abweichungen der Grenz- und Gebäudepunkte (Nr. 3.12) nicht überschreiten.

Die Abmarkung kann auch durch lagekontrollierende Spannmaße geprüft werden. Diese Maße sind den berechneten Strecken gegenüberzustellen. Die größten zulässigen linearen Abweichungen der Grenz- und Gebäudepunkte (Nr. 3.12) dürfen dabei nicht überschritten werden.

Die Koordinaten, die zur Absteckung verwendet werden, dürfen nicht durch die Koordinaten der Kontrollaufnahme ersetzt werden.

3.8 Prinzip der Nachbarschaft im Koordinatenkataster

In dem auf der Grundlage des Aufnahmepunktfeldes entstandenen Koordinatenkataster wird aufgrund der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Koordinaten in der Regel das Prinzip der Nachbarschaft gewährleistet. Der einzelne Grenzpunkt kann dann über seine Koordinaten so genau in die Örtlichkeit übertragen werden, daß

- Widersprüche zu ggf. vorhandenen örtlichen Grenzeinrichtungen (Grenzmarken, Grenzmauern, Gebäude usw.) vermieden und
- sonstige Zwangsbedingungen (Parallelität, Geradheit, Sollmaße) eingehalten werden.

Diese Vorteile können nur dann dauerhaft erhalten werden, wenn durch den ausschließlichen Anschluß an die Aufnahmepunkte ein Genauigkeitsverlust des Koordinatenkatasters verhindert und gleichzeitig die Identität der örtlichen Lage der Anschlußpunkte durch eine hohen Ansprüchen genügende Sicherung dieser Punkte gewährleistet wird.

Dennoch wird es auch im Koordinatenkataster nicht immer auszuschließen sein, daß zur Wahrung des Prinzips der Nachbarschaft bei Aufnahme und Absteckung ergänzende Nachweise zu führen oder zusätzliche Untersuchungen anzustellen sind, wie beispielsweise

- a) maßliche Festlegung der örtlichen Lage von koordinierten Punkten zu dauerhaften örtlichen Grenzeinrichtungen (Gebäude, Mauern und dgl.) zur späteren Berücksichtigung bei Grenzfeststellungen,
- b) rechnerische Überprüfung der Geradheitsbedingungen bei der Aufnahme von Punkten, die örtlich eine Gerade bilden,
- c) Überprüfung der örtlich abgesteckten Lage von Punkten, die koordinatenmäßig eine Gerade bilden,
- d) Nachbarschaftsüberprüfungen durch lagekontrollierende Spannmaße.

In diesen Fällen ist trotz Einhaltung der größten zulässigen linearen Abweichungen jeweils nach vermessungstechnischem Sachverstand darüber zu befinden, ob und ggf. welche örtlichen und häuslichen Maßnahmen zu ergreifen sind. Denkbar sind in diesem Zusammenhang örtliche Anpassungen der nach Sollkoordinaten abgesteckten Punkte, aber auch häusliche Anpassungen der berechneten Koordinaten vor deren Übernahme in das Koordinatenkataster.

3.9 Arbeiten in Grenzpunktfeldern geringerer Genauigkeit

3.9.1 Allgemeines

Die in den Ländern vorhandenen Grenzpunktfelder weisen teilweise Punktgenauigkeiten auf, die den Voraussetzungen für das Koordinatenkataster nicht genügen. Im Hinblick auf die Vorteile des Koordinatenkatasters sollte daher frühzeitig entschieden werden, ob dieses eingerichtet werden soll oder ob die vorhandene, geringere Genauigkeit auch für zukünftig anstehende Aufgaben ausreichend ist. Soweit beabsichtigt ist, das Koordinatenkataster einzurichten, gelten bereits während der Aufbauphase die Grundsätze und Verfahrensweisen des Koordinatenkatasters; andernfalls können die derzeit in den Ländern bestehenden Grundsätze und Verfahrensweisen weiterhin angewendet werden.

3.9.2 Aufbau des Koordinatenkatasters

3.9.2.1 Unmittelbare Eingliederung früherer Vermessungen

Soweit sich die früheren Vermessungen und Koordinatenberechnungen lediglich auf ein un-

zureichendes Polygonnetz beziehen, ansonsten aber die Voraussetzungen für das Koordinatenkataster erfüllen, ist vordringlich das Aufnahmepunktfeld einzurichten, um anschließend derartige Grenzpunktfelder durch Neuberechnung mit den alten Meßwerten oder geeigneten Transformationsverfahren in das Koordinatenkataster überführen zu können. Bei der Überprüfung des Polygonnetzes ist ein strenger Maßstab anzulegen.

Ein entsprechendes Vorgehen ist auch in den Fällen möglich, in denen Vorstufen des Aufnahmepunktfeldes, also Teilnetze oder lokale Netze vorliegen (Nr. 2.3.2.2 und 2.3.2.3).

3.9.2.2 Schrittweiser Aufbau von Vorstufen

Die Voraussetzungen für einen schrittweisen Aufbau sind gegeben, wenn feststeht, daß die derzeit vorliegenden Grenzpunktfelder nicht ohne umfangreiche Neuvermessungen in das Koordinatenkataster eingegliedert und diese Arbeiten nicht in einem Zug geleistet werden können. Bei vorausschauender Planung ist es aber auch bei Katastervermessungen möglich, die Arbeiten zur Einrichtung von Vorstufen des Aufnahmepunktfeldes zu erbringen und die Vermessungen entsprechend den übrigen Voraussetzungen für das Koordinatenkataster anzulegen. Ein solches Vorgehen bedingt zunächst nur, daß Netzentwürfe für Teilnetze oder lokale Netze des Aufnahmepunktfeldes ausgearbeitet werden, um für die konkrete Katastervermessung den Umfang der zu erledigenden Arbeiten festlegen zu können (Nr. 2.3.2.2 und 2.3.2.3).

3.9.3 Beibehaltung der Grenzpunktfelder geringer Genauigkeit

Durch die Beibehaltung dieser Grenzpunktfelder wird die Genauigkeit nicht gesteigert, da neuere Katastervermessungen (Aufnahmen und Absteckungen) sich lediglich an den vorhandenen Polygon- und Grenzpunktfeldern orientieren. Inwieweit hierzu Anpassungen an die Koordinaten des vorhandenen Punktfeldes notwendig sind und mittels welcher Anpassungsverfahren dies erfolgt, richtet sich nach den länderspezifischen Gegebenheiten.

Dieses Vorgehen schließt allerdings in den meisten Fällen eine spätere Eingliederung in das Koordinatenkataster aus. Durch geeignete Anpassungsverfahren werden aber Doppelkoordinaten vermieden.

Die größten zulässigen linearen Abweichungen für das Arbeiten in Grenzpunktfeldern geringerer Genauigkeit sind länderspezifisch aufgrund der jeweils vorliegenden Genauigkeitsverhältnisse festzulegen.

3.10 Nachweis der Vermessungsergebnisse

3.10.1 Allgemeines

3.10.1.1 Anschlußpunkte

Die Identitätsprüfung der Anschlußpunkte ist zweckmäßig in Kopien der zur Sicherung und zum Nachweis verwendeten Unterlagen (Nr. 3.2.2) festzuhalten.

3.10.1.2 Meßwerte

Die bei den Vermessungen ermittelten Meßwerte sind nachzuweisen. Meßwerte sind die an den Meßinstrumenten ohne besondere manuelle Eingriffe ablesbaren oder angezeigten Werte.

In besonderen Fällen können auch die sogenannten Reindaten (orientierte und um die Instrumentenfehler korrigierte Horizontalrichtungen, auf Geländehöhe bezogene Horizontalstrecken) als Meßwerte gelten, z.B. wenn Meßwerte automatisch registriert und ohne manuelle Eingriffe ausgewertet werden. Weitere Ausnahmen können angesichts der technischen Weiterentwicklung nicht ausgeschlossen werden.

3.10.1.3 Instrumentenfehler

Werden die Richtungsmessungen beim Polarverfahren in einer Fernrohrlage ausgeführt, ist die Bestimmung und Berücksichtigung der nicht automatisch kompensierten Höhenindex- und Achsfehler nachzuweisen.

Bei Verwendung elektrooptischer Distanzmesser ist die letzte Untersuchung des Instrumentes auf einer Prüfstrecke nachzuweisen. Auf Anfordern der katasterführenden Stelle ist dieser Nachweis den Vermessungsergebnissen beizufügen.

3.10.1.4 Zeichnerische Darstellung

Auf eine zeichnerische Darstellung, zumindest der Situation und der bei den Vermessungsarbeiten durchgeführten Veränderungen, kann bei keiner Vermessung verzichtet werden. Die länderspezifisch unterschiedlichen Bezeichnungen für solche zeichnerischen Darstellungen werden in den folgenden Ausführungen unter dem Begriff Vermessungsriß zusammengefaßt.

Die Vermessungsrisse umfassen auch solche Unterlagen, die als Hilfsmittel zur besseren Organisation der Vermessungsarbeiten gefertigt werden (z.B. Numerierungs-, Berechnungs-, Absteckungspläne).

3.10.1.5 Maschinell erstellte Ausdrücke

Ausdrücke von automatisch registrierten Meßwerten oder von Koordinatenberechnungen müssen im Format A4 oder A3 auf dauerhaftem Papier erstellt werden. Nicht formatgerechte Ausdrücke (z.B. Streifenprotokolle) können zugelassen werden, wenn eine geeignet erscheinende Nachbehandlung vorgenommen wird (z.B. Kopie von montierten Streifenprotokollen auf Format A4).

3.10.1.6 Programmgenehmigungen

Die Koordinaten von Grenz- und Gebäudepunkten dürfen nur mit den von der Vermessungs- und Katasterverwaltung des jeweiligen Landes genehmigten Programmen berechnet werden.

3.10.2 Aufnahme

3.10.2.1 Polaraufnahme vom vorgegebenen Standpunkt

a) Übersicht über das Verfahrensgebiet

In einer Übersicht über das Verfahrensgebiet sind darzustellen:

- die verwendeten Anschlußpunkte (Standpunkte, Zielpunkte),
- die jeweiligen Standpunktbereiche.

Die Übersicht wird in der Regel auf der Grundlage der Flurkarte oder bei größeren Verfahrensgebieten auf der Grundlage der DGK 5 hergestellt.

b) Vermessungsriß

Im Vermessungsriß sind mindestens darzustellen:

- die Standpunkte mit Punktnummern,
- die Flurstücke mit Flurstücksnummern und Gebäuden, die Grenz- und Gebäudepunkte mit Punktnummern.

Der Vermessungsriß ist auf der Grundlage vorhandener Vermessungsrisse oder anderer

geeigneter Unterlagen (z.B. Bebauungsplan) anzufertigen. In geeigneten Fällen können die Übersicht über das Verfahrensgebiet und der Vermessungsriß zusammengefaßt werden.

c) Nachweis der Meßwerte

Die Nachweise der Meßwerte sind standpunktweise zu führen. Sie sollen mindestens enthalten:

- Nummern der Anschlußpunkte und der neu bestimmten Grenz- und Gebäudepunkte,
- die Meßwerte zu den Zielpunkten und den neu bestimmten Grenz- und Gebäudepunkten,
- Angaben über exzentrische Festlegungen bei den Anschlußpunkten bzw. bei den neu bestimmten Grenz- und Gebäudepunkten,
- Meßwerte und Ergebnisse zur Erkennung von Instrumentenverdrehungen.

Wird in besonderen Fällen auf eine Zweitaufnahme verzichtet, sind die lagekontrollierenden Spannmaße (Nr. 3.4.1) in den Vermessungsrisen nachzuweisen.

3.10.2.2 Polaraufnahme vom frei gewählten Standpunkt

Die Grundsätze für den Nachweis der Vermessungsergebnisse beim Polarverfahren vom vorgegebenen Standpunkt aus (Nr. 3.10.2.1) gelten sinngemäß.

Die Übersicht über das Verfahrensgebiet ist zu ergänzen um

- die zur Kontrolle der Stationierungselemente verwendeten sonstigen Punkte (Nr. 3.4.3.5) mit ihren Nummern,
- die an der Nahtstelle benachbarter Bereiche der Anschlußpunkte zur Kontrolle von verschiedenen Standpunkten aus aufgenommenen Grenz- und Gebäudepunkte (Nr. 3.4.3.6),
- die linearen Abweichungen an diesen Kontrollpunkten, sofern sie nicht in anderer Weise nachgewiesen werden.

Die Nachweise über die Berechnung und die Kontrolle der Stationierungselemente müssen enthalten:

- Meßwerte zu den Anschlußpunkten,
- Sollkoordinaten, Punktnummern und lineare Abweichungen der Anschlußpunkte,
- Gauß-Krüger-Koordinaten des Nullpunkts des örtlichen Koordinatensystems, Maßstab und Orientierungswinkel des Teilkreises sowie möglichst die Standardabweichung der Ausgleichung,
- Meßwerte, Sollkoordinaten, Punktnummern, lineare Abweichung und größte zulässige lineare Abweichung der zur Kontrolle der Stationierungselemente verwendeten Punkte.

3.10.2.3 Orthogonalverfahren

Beim Orthogonalverfahren werden die Meßwerte und die zur Lagekontrolle gemessenen Spannmaße in der Regel in die Vermessungsrisse eingetragen.

Die Meßwerte können aber auch in Vordrucke eingetragen oder manuell auf feldeinsatzfähigen Datenspeicherungsgeräten erfaßt werden. Bei Erfassung der Meßwerte auf Datenspeicherungsgeräten sind von den registrierten Daten Klarschriftprotokolle anzufertigen.

3.10.3 Grenzfeststellung

Die Grundsätze für den Nachweis der Meßwerte bei der Aufnahme (Nr. 3.10.2) gelten entsprechend.

Die Abweichungen zwischen den Soll- und Istkoordinaten an den vorgefundenen Grenzmarken sind in geeigneten Unterlagen (z.B. Vermessungsrisse) nachzuweisen.

Werden für einzelne Grenzmarken weitere nachbarschaftliche Identitätsprüfungen vorgenommen, um die Ursache für größere Koordinatenabweichungen festzustellen, sind die Ergebnisse ebenfalls nachzuweisen.

3.10.4 Absteckung

3.10.4.1 Berechnung der Sollkoordinaten

Soweit die Sollkoordinaten nicht bereits in der Koordinatendatei gespeichert sind, müssen die zur Berechnung der Sollkoordinaten verwendeten Daten und Berechnungsabläufe in geeigneter Form nachgewiesen werden.

3.10.4.2 Polarabsteckung vom vorgegebenen Standpunkt

Für die Absteckung sind folgende Nachweise zu führen:

a) Übersicht über das Verfahrensgebiet

Siehe Nr. 3.10.2.1 Buchstabe a.

b) Vermessungsriß

Nr. 3.10.2.1 Buchstabe b gilt sinngemäß.

3.10.4.3 Polarabsteckung vom frei gewählten Standpunkt

Die Ausführungen in Nr. 3.10.2.2 und die Grundsätze für den Nachweis der Vermessungsergebnisse bei der Polarabsteckung vom vorgegebenen Standpunkt aus (Nr. 3.10.4.2) gelten sinngemäß.

3.10.4.4 Nachweis der Meßwerte nach der Abmarkung

Für die zur Kontrolle der Absteckung nachzuweisenden Meßwerte gilt Nr. 3.10.2.1 Buchstabe c entsprechend. Darüber hinaus sind festzuhalten:

- Soll- und Istkoordinaten (abgemarkte Punktlage) sowie die Nummern der abgesteckten Punkte,
- lineare Abweichungen zwischen Soll- und Istkoordinaten sowie die größten zulässigen linearen Abweichungen.

Werden anstatt der Kontrollaufnahme lagekontrollierende Spannmaße gemessen und in den Vermessungsrissen nachgewiesen, sind die notwendigen Streckenvergleiche und die größten zulässigen linearen Abweichungen listenmäßig zusammenzustellen.

3.10.5 Koordinatenberechnungen

Die Koordinatenberechnungen müssen folgende Daten enthalten:

- Nummern und Koordinaten der Anschlußpunkte,
- Nummern, Meßwerte und Koordinaten der Grenz- und Gebäudepunkte.

Soweit Punkte doppelt aufgemessen wurden, sind zusätzlich die gemittelten Koordinaten mit den tatsächlichen Abweichungen zwischen den Einzelaufnahmen aufzuführen. Überschreitungen der größten zulässigen linearen Abweichungen sind zu kennzeichnen.

Bei der Koordinatenberechnung ist nachzuweisen, daß die Instrumentenfehler, die Reduktion aufgrund der Höhenlage und die Gauß-Krüger-Projektionsverzerrung berücksichtigt sind.

3.10.6 Koordinatenverzeichnis

Die Koordinaten der berechneten Grenz- und Gebäudepunkte sind in einem Koordinatenverzeichnis niederzulegen.

3.11 Fortführung des Liegenschaftskatasters

Der Umfang der in das Liegenschaftskataster zu übernehmenden Vermessungs- und Berechnungsergebnisse sowie weitere Unterlagen (z.B. Kartenauszüge, Flächenberechnungen) richtet sich nach den jeweiligen Landesvorschriften.

3.12 Größte zulässige lineare Abweichungen der Grenz- und Gebäudepunkte im Koordinatenkataster

Die größte zulässige lineare Abweichung der Grenz- und Gebäudepunkte im Koordinatenkataster ist in Abhängigkeit von der größten zulässigen linearen Abweichung von Aufnahmepunkten festzulegen. Dabei erscheint es vertretbar, die größte zulässige lineare Abweichung der Grenz- und Gebäudepunkte bis zu 0,02 m größer zu wählen als die größte zulässige lineare Abweichung von Aufnahmepunkten. Die größten zulässigen linearen Abweichungen der Grenz- und Gebäudepunkte gelten auch für die Differenz zwischen gemessener und gerechneter Strecke bei Koordinaten- und Absteckungskontrollen.

Für $k = 2$ ergibt sich demnach:

Aufnahmepunkte

vorgegebene Genauigkeit	0,02 m	0,03 m
(durchschnittliche Standardabweichung)		

Aufnahmepunkte

größte zulässige lineare Abweichung	0,04 m	0,06 m
-------------------------------------	--------	--------

Grenz- und Gebäudepunkte

größte zulässige lineare Abweichung	0,04 m - 0,06 m	0,06 m - 0,08 m
-------------------------------------	-----------------	-----------------

Größte zulässige Abweichungen bei der Bestimmung von Aufnahmepunkten

- Genauigkeits- und Zuverlässigkeitskriterien -

0 Vorbemerkung

Die Lagegenauigkeit der Grenz- und Gebäudepunkte im Koordinatenkataster soll nach Möglichkeit eine Standardabweichung (mittlerer Fehler, $k = 1$) von 0,03 - 0,04 m nicht überschreiten.

Voraussetzung für den Aufbau dieses Koordinatenkatasters ist daher ein Aufnahmepunktfeld mit einer Standardabweichung von 0,02 - 0,03 m, das die unter Nr. 2.3.1 genannten Anforderungen erfüllt. Diese hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit läßt sich grundsätzlich nur durch entsprechend genaue Beobachtungen und die strenge Ausgleichsrechnung in Verbindung mit der modernen Statistik erreichen. Nachstehend werden wichtige Parameter zur Beurteilung von flächenhaften Ausgleichungen der Aufnahmepunkte und die größten zulässigen Abweichungen bei polygonaler Berechnung der Aufnahmepunkte genannt.

Unterschiedliche Ausgangslagen in den einzelnen Ländern erschweren bzw. verhindern die Festlegung bundesweit geltender Werte für größte zulässige Abweichungen. Die hierfür maßgebenden Formeln sind deshalb in Abhängigkeit von der Standardabweichung der Meß- oder Punktgenauigkeit angegeben. Um die größte zulässige Abweichung zu erhalten, wird die Standardabweichung mit $k = 2$ oder ggf. $k = 3$ multipliziert. Die Formeln bieten also einerseits die Möglichkeit, spezielle Punkt- oder Meßgenauigkeiten einzusetzen, andererseits durch die Wahl von k eine bestimmte Sicherheitswahrscheinlichkeit (bei zugrundeliegender Normalverteilung) für die größte zulässige Abweichung vorzugeben.

Wird $k = 3$ gewählt, entspricht dies einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von rd. 99 %. Das bedeutet, daß durchschnittlich nur in ca. 1 % der Fälle, in denen die größte zulässige Abweichung überschritten wird, kein grober Fehler vorliegt. Ein Nachteil dieser hohen Sicherheitswahrscheinlichkeit ist es, daß grobe Fehler hin und wieder nicht erkannt werden. Deshalb ist es in der mathematischen Statistik heute üblich, als größte zulässige Abweichung nur die doppelte Standardabweichung anzusetzen, die einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von rd. 95 % entspricht und besser geeignet ist, grobe Fehler aufzudecken.

Wird die größte zulässige Abweichung in einem Einzelfall überschritten und ist dabei anzunehmen, eine bestimmte Beobachtung sei fehlerhaft, ist diese zu streichen, wenn der grobe Fehler nachgewiesen ist. Kann auf die Beobachtung nicht verzichtet werden, ist nachzumessen.

Bei polygonaler Bestimmung müssen die jeweiligen Abweichungen im Einzelfall kleiner sein als die größten zulässigen Werte und zusätzlich der Normalverteilung genügen.

1 Flächenhafte Ausgleichungen

1.1 Parameter zur Beurteilung flächenhafter Ausgleichungen

Wichtige Parameter zur Beurteilung von flächenhaften Ausgleichungen sind

- die Standardabweichung s_{P_i} des ausgeglichenen Neupunktes P_i
- der Redundanzanteil r_i der Beobachtung l_i
- die normierte Verbesserung NV_i der Beobachtung l_i
- der Wert $EF_i (\max) \cdot s_{P_i}$ für den Punkt P_i

Daneben können länderspezifisch weitere Parameter als Beurteilungskriterien herangezogen werden.

1.2 Voraussetzungen für die Anwendung der Parameter

Die Beurteilung flächenhafter Ausgleichungen in qualitativem Sinne setzt ein die Gegebenheiten sachgemäß erfassendes Ausgleichungsmodell voraus; dies gilt für den funktionalen wie für den stochastischen Teil des Modells.

Von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung der Ergebnisse ist damit insbesondere,

- den Ansatz der Fehlergleichungen derart zu wählen, daß möglichst alle systematisch auf die Beobachtungen wirkenden Fehlereinflüsse erfaßt sind, sofern diese nicht unmittelbar bei den Beobachtungen berücksichtigt oder durch die Meßanordnung eliminiert werden,
- die sachgemäße Schätzung der Standardabweichungen der Beobachtungen bzw. der Beobachtungsgruppen (Gewichtung),

- eine ausreichend hohe Redundanz, die sich möglichst gleichmäßig auf alle Beobachtungen verteilt,
- die sachgemäße Wahl des Nichtzentralitätsparameters,
- zu berücksichtigen, daß die statistischen Tests auf der Hypothese aufbauen, es sei allenfalls ein grober Datenfehler in der Gesamtheit der Beobachtungen enthalten. In der Praxis wird diese Voraussetzung nur dann abgeschwächt, wenn die durch statistische Tests erkennbaren Fehler sich gegenseitig wenig beeinflussen, d.h. lokal nicht gehäuft vorkommen.

Die Standardabweichungen der Beobachtungen lassen sich a priori in der Regel aus der Genauigkeit der verwendeten Meßgeräte und Meßverfahren ableiten. Bei ausreichend hoher Redundanz der einzelnen Beobachtungsgruppen können die Standardabweichungen a priori auch iterativ durch statistische Schätzung a posteriori ermittelt werden.

Bei sachgemäßer Schätzung der Standardabweichungen a priori müssen diese, eine ausreichend hohe Redundanz vorausgesetzt, innerhalb gewisser Toleranzen mit den a posteriori aus der Ausgleichung ermittelten Standardabweichungen übereinstimmen. Diese Toleranzen sind nach länderspezifischen Gegebenheiten festzulegen. Unterschiede zwischen den Standardabweichungen a priori und a posteriori, die die festgelegten Toleranzen überschreiten, sind als eindeutige Hinweise zu werten, daß entweder nicht alle durch statistische Tests erkennbaren Fehler eliminiert sind oder das funktionale oder stochastische Ausgleichungsmodell nicht sachgemäß gewählt ist. Die bisherigen Erfahrungen aus den praktischen Anwendungen in neuen Netzen zeigen, daß Unterschiede zwischen den Standardabweichungen a priori und a posteriori erst ab der Größenordnung von 20 % - 30 % als eindeutige Hinweise in oben genanntem Sinne gewertet werden sollten.

Die Redundanz (Zahl aller Beobachtungen minus Zahl der Unbekannten) darf nicht vorgetäuscht sein. Bei stark korrelierten Beobachtungen (z.B. Messung mehrerer Richtungsätze oder mehrfach gemessene Strecken unter Beibehaltung der Aufstellungen im Standpunkt und den Zielpunkten) gelten nur die gemittelten Werte als Beobachtungen. Neben den notwendigen Unbekannten (z.B. Koordinaten der Neupunkte, Orientierungsunbekannte) sind weitere Unbekannte nur anzusetzen, wenn diesbezüglich repräsentative und ausreichend redundante Beobachtungen vorliegen.

Der Nichtzentralitätsparameter δ_0 ist eine Funktion der Sicherheitswahrscheinlichkeit $1-\alpha_0$ und der Macht des Tests β_0 . Sicherheitswahrscheinlichkeit und Macht des Tests sind statistische Kenngrößen, mit denen sich der Betrag festlegen lässt, ab dem angenommene Abweichungen mit einer bestimmten Sicherheit als "vermutliche Fehler" angesehen werden. Die Sicherheitswahrscheinlichkeit ist länderspezifisch einheitlich festzulegen. Die Macht des Tests soll 80 % betragen. Bei einer höheren (geringeren) Macht des Tests wird die Mindestgröße des so aufdeckbaren Fehlers für die praktische Beurteilung des Aufnahmepunktfeldes unrealistisch groß (klein). Bei einer $k = 2$ ($k = 3$) entsprechenden Sicherheitswahrscheinlichkeit und 80 %iger Macht des Tests ergibt sich der Nichtzentralitätsparameter $\delta_0 = 2,84$ ($\delta_0 = 3,84$).

1.3 Definition, Interpretation und Grenzwerte der Parameter

1.3.1 Bezeichnungen

In den nachstehenden Formeln bedeuten:

- s_{R1} = Standardabweichung des Rechtswertes des Punktes P_1
- s_{H1} = Standardabweichung des Hochwertes des Punktes P_1
- Q_{vivi} = Gewichtskoeffizienten der Verbesserung v_1
- p_1 = Gewicht der Beobachtung l_1
- v_1 = Verbesserung der Beobachtung l_1
- s_{v1} = Standardabweichung der Verbesserung v_1
- s_{l1} = Standardabweichung der Beobachtung l_1

1.3.2 Standardabweichung s_{P1} des ausgeglichenen Neupunktes P_1

$$s_{P1} = \sqrt{s_{R1}^2 + s_{H1}^2}$$

Die Standardabweichung s_{P1} gibt die Lagegenauigkeit des berechneten Punktes P_1 an und hat die Dimension Meter.

Die durchschnittliche Standardabweichung aller Punkte nach der Ausgleichung darf die länderspezifisch festzusetzende Standardabweichung s_p nicht übersteigen. Die größte zulässige Standardabweichung eines Punktes nach der Ausgleichung beträgt $k \cdot s_p$.

1.3.3 Redundanzanteil r_1 der Beobachtung l_1

$$r_1 = \frac{Q_{v1} P_1}{P_1}$$

Der Redundanzanteil r_1 ist betragsmäßig der Anteil, den die zugehörige Beobachtung l_1 zur Gesamtredundanz beiträgt. Er gibt Aufschluß über die Kontrolliertheit der einzelnen Beobachtungen l_1 , und zwar in Abhängigkeit von der Genauigkeit (Gewichtung) und den geometrischen Zusammenhängen der Beobachtungen im lokalen Umfeld von l_1 . Bei einem Fehler in der Beobachtung l_1 entfällt auf die zugehörige Verbesserung v_1 lediglich der dem Redundanzanteil r_1 entsprechende Anteil des Gesamtbetrags des Fehlers; der verbleibende Fehlerbetrag wird in Form von Verbesserungen auf andere Beobachtungen verteilt. Der Redundanzanteil ist dimensionslos; er kann auch in Prozenten ausgedrückt werden, indem er jeweils mit dem Faktor 100 % multipliziert wird.

Nach den bisherigen Erfahrungen sollte der Redundanzanteil r_1 der Beobachtung l_1 den Wert 0,1 nicht unterschreiten; eine gute Kontrolliertheit der Beobachtungen dürfte allerdings erst bei Redundanzanteilen größer 0,3 erreicht werden. In gut konzipierten Netzen lassen sich Werte größer 0,3 meist ohne weiteres erreichen; dagegen können bei Polygonzügen auch mit nur wenigen Brechpunkten (ca. 3-4), insbesondere für die Richtungsbeobachtungen in Zugmitte, bereits Redundanzanteile kleiner 0,1 auftreten.

Der angestrebte Betrag des Redundanzanteils läßt sich abschätzen, wenn festgesetzt wird, welchen Betrag der mit statistischen Tests gerade noch erkennbare vermutliche Fehler $GRZW_1$ der Beobachtung l_1 annehmen darf.

$$GRZW_1 = s_{11} \cdot \frac{\delta_0}{\sqrt{r_1}} \quad \Rightarrow \quad r_1 = \left(s_{11} \cdot \frac{\delta_0}{GRZW_1} \right)^2$$

Demnach ist z.B. für Strecken mit einer Standardabweichung von 0,01 m bei einem Nicht-zentralitätsparameter $\delta_0 = 2,84$ ($\delta_0 = 3,84$) ein Redundanzanteil der beobachteten Strecke von $r_1 = 0,32$ (0,59) nötig, um vermutliche Fehler in der Größenordnung von 0,05 m gerade noch zu erkennen.

1.3.4 Normierte Verbesserung NV_1 der Beobachtung l_1

$$NV_1 = \frac{|v_1|}{s_{v1}} = \frac{|v_1|}{s_{11} \sqrt{r_1}}$$

Die normierte Verbesserung NV_1 dient dazu, Fehler zu erkennen. Ein im statistischen

Sinne erkennbarer Fehler in der Beobachtung l_1 wird vermutet, wenn der Absolutbetrag der zugehörigen Verbesserung v_1 ein bestimmtes Vielfaches seiner Genauigkeit übersteigt. Die normierte Verbesserung ist dimensionslos.

Der Grenzwert für die normierte Verbesserung ergibt sich unmittelbar aus der länderspezifisch festgelegten Sicherheitswahrscheinlichkeit. Überschreitet die normierte Verbesserung einer Beobachtung l_1 diesen Grenzwert, sind zur Unterstützung der Vermutung, daß ein Fehler vorliegt, die weiteren Parameter GF_1 und EP_1 zu berechnen.

$$GF_1 = - \frac{v_1}{r_1} \quad EP_1 = GF_1 (1 - r_1)$$

GF_1 gibt den Betrag des vermutlichen Fehlers der Beobachtung l_1 an.

EP_1 ist der Betrag, um den sich die Lage der Punkte, die die Beobachtung l_1 verbindet, ändert, wenn die Beobachtung l_1 nicht an der Ausgleichung teilnimmt. Es ist zweckmäßig, diesen Betrag als Strecke anzugeben. EP_1 in Verbindung mit den weiteren Parametern läßt detaillierte Möglichkeiten der Interpretation zu:

- Ist NV_1 größer k , aber EP_1 kleiner s_p wird zwar definitionsgemäß ein durch statistische Tests erkennbarer Fehler in der Beobachtung l_1 vermutet, seine Auswirkungen auf die Punktlage sind jedoch unterhalb der durchschnittlich geforderten Standardabweichung; in diesen Fällen kann deshalb die Beobachtung l_1 ohne weitere Untersuchungen regelmäßig in der Ausgleichung belassen werden, sofern r_1 genügend groß ist.
- Ist NV_1 größer k und EP_1 größer s_p , so erhärtet sich, wenn r_1 groß ist, der Verdacht, daß die Beobachtung l_1 einen Fehler in der ungefähren Größenordnung von GF_1 enthält. Die Beobachtung l_1 sollte in der Regel aber erst dann ausgeschieden werden, wenn der Fehler z.B. durch Nachmessungen nachgewiesen ist.
- Ist NV_1 kleiner k , aber EP_1 größer s_p kann die Beobachtung l_1 , insbesondere wenn r_1 klein ist, einen durch statistische Tests nicht erkennbaren Fehler enthalten. In diesen Fällen ist es dringend geboten, den Redundanzanteil der Beobachtung l_1 durch zusätzliche Beobachtungen zu erhöhen, soweit andere Plausibilitätsprüfungen für die Beobachtung l_1 nicht gegeben sind.

1.3.5 Wert $EF_1(\max) \cdot s_{P1}$ für den Punkt P_1

$$EF_1(\max) \cdot s_{P1} \geq \delta_0 \sqrt{\frac{1 - r_1}{r_1}} \cdot s_{P1}$$

Der Wert $EF_1(\max) \cdot s_{P1}$ stellt das Produkt aus Zuverlässigkeit (EF) und Genauigkeit (s_P) dar und ist damit ein Maß für die Güte der berechneten Punktlage, das unmittelbar als Strecke angibt, wie stark im ungünstigsten Fall die von statistischen Tests nicht erkennbaren Fehler die Punktlage des Punktes P_1 verfälschen können. Eine ungenügende Zuverlässigkeit läßt sich demzufolge in gewissem Umfang durch eine höhere Genauigkeit kompensieren oder umgekehrt.

Der Wert $EF_1(\max) \cdot s_{P1}$ ist auch von den Redundanzanteilen der die Punktlage bestimmenden Beobachtungen abhängig. Deshalb läßt sich hierfür kein eindeutiger Grenzwert angeben. In Übereinstimmung mit den bisherigen Erfahrungen wird bei vorgegebenem Nichtzentralitätsparameter $\delta_0 = 2,84$ ($\delta_0 = 3,84$) festgelegt, daß bei Redundanzanteilen von ca. 0,3 der größte zulässige Wert für das Produkt $EF_1(\max) \cdot s_P$ nicht größer als $4 s_P$ ($6 s_P$) sein darf; entsprechend gilt für r_1 ca. 0,1 der Grenzwert $9 s_P$ ($12 s_P$).

1.4 Zahlenwerte für die Parameter

Ausgehend von der länderspezifisch festzusetzenden Standardabweichung ergeben sich für die Parameter folgende Zahlenwerte:

	k = 2		k = 3	
s_P (Durchschnitt)	0,02 m	0,03 m	0,02 m	0,03 m
$k \cdot s_P$	0,04 m	0,06 m	0,06 m	0,09 m
r_1	möglichst größer 0,1		möglichst größer 0,1	
NV_1	kleiner 2		kleiner 3	
EP_1	0,02 m	0,03 m	0,02 m	0,03 m
$EF_1(\max) \cdot s_{P1}$	0,08 m	0,12 m	0,12 m	0,18 m
	bis	bis	bis	bis
	0,18 m	0,27 m	0,24 m	0,36 m

2 Polygonale Berechnung

2.1 Grundsätze

Polygonzüge haben unabhängig von der Anzahl ihrer Bestimmungselemente höchstens 3 Überbestimmungen. Die Überbestimmungen führen bei der polygonalen Berechnung zur Winkelabweichung, Querabweichung und Längsabweichung.

Die Größe der Abweichungen ist ein statistischer Wert, der von der Winkelgenauigkeit a , der Streckengenauigkeit b und der Punktgenauigkeit s_p aber auch von der Anzahl n der polygonalen Brechpunkte, auf denen Winkel gemessen wurden, und der Zuglänge s abhängig ist.

2.1.1 Größte zulässige Winkelabweichung

$$FW = k \sqrt{d^2 + a^2 n}$$

d ist der von der Punktgenauigkeit s_p abhängige Netzanteil für die Genauigkeit der Anschlußrichtungen. Ausschlaggebend für die sachgerechte Wahl von d und a sind die länderspezifischen Gegebenheiten; d kann als konstanter Wert oder als Funktion der Entfernung S zu den Anschlußpunkten, z.B.

$$d = \frac{\sqrt{2} \cdot s_p \cdot \rho}{S}$$

und a als konstanter Wert oder als Funktion der durchschnittlichen Polygonseitenlänge festgelegt werden.

2.1.2 Größte zulässige Querabweichung

Bei der linearen Querabweichung ist zu unterscheiden, ob die Winkelabweichung vor der Koordinatenberechnung gleichmäßig auf alle gemessenen Brechungswinkel verteilt wurde, oder ob sie unberücksichtigt blieb. Im Fall der Verteilung wird als größte zulässige Querabweichung empfohlen:

$$FQ = k \sqrt{e^2 + \frac{d^2 s^2}{2 \rho^2} + a^2 \frac{s^2}{\rho^2} \frac{n(n+1)}{12(n-1)}}$$

Bleibt die Winkelabweichung bei der Koordinatenberechnung unberücksichtigt, so wird empfohlen:

$$FQ = k \sqrt{e^2 + \frac{d^2 s^2}{2 p^2} + a^2 \frac{s^2}{p^2} \frac{n}{3}}$$

e ist der von der Punktgenauigkeit abhängige Netzanteil, der sich mit $e = s_p$ auf den Vergleich mit den berechneten Koordinatenunterschieden auswirkt.

Das 2. Glied mit d berücksichtigt, daß sich der Polygonzug durch den Einfluß der Punktgenauigkeit auf die Orientierung der Anschlußrichtungen verschwenkt.

Die 3. Glieder beschreiben jeweils den Einfluß der Winkelgenauigkeit a auf die Querabweichung.

2.1.3 Größte zulässige Längsabweichung

$$FL = k \sqrt{e^2 + b^2 (n-1)}$$

2.1.4 Alternative für FQ und FL

Neben den in 2.1.2 und 2.1.3 vorgeschlagenen Formeln, die wie die bisherigen Fehlergrenzformeln für Polygonzüge auf der Beobachtungsgenauigkeit basieren, sollen als Alternative Formeln angegeben werden, die auf die angestrebte Punktgenauigkeit abstellen. Sie fußen darauf, daß die Genauigkeit in Zugmitte als der ungenauesten Stelle im Zuge gleich der halben Abschlußabweichung ist.

$$FQ = k \cdot s_p \cdot \sqrt{2} \quad (\text{Verteilung der Winkelabweichung freigestellt})$$

$$FL = k \cdot s_p \cdot \sqrt{2}$$

2.2 Bemerkungen

- Die größten zulässigen Abweichungen lassen sich nicht rein theoretisch ermitteln, sie bedürfen der empirischen Überprüfung. Der Aufbau der Formeln zur Bestimmung der größten zulässigen Abweichungen soll jedoch den Grundsätzen der Fehlertheorie genügen.

- Die 1970 auf der 47. AdV-Tagung beschlossenen "Fehlergrenzen für Polygonzüge" sind von ihrer Größenordnung her nicht mehr zeitgemäß. Durch die elektrooptische Entfernungsmessung entstand eine neue Ausgangslage, bei der außerdem auch ein Messen in Zwangszentrierung vorausgesetzt werden darf.
- Um ein Mindestmaß an Zuverlässigkeit zu erreichen, dürfen die Züge nicht länger als 1,5 km sein und höchstens 6 Brechpunkte haben. Bei Überschreitungen sind zusätzliche Beobachtungen erforderlich.
- Da die größten zulässigen Abweichungen nur eine Schranke für das Streuen der einzelnen Meßwerte darstellen, wobei systematische Abweichungen klein bleiben sollen, ist es nach den Grundsätzen der Fehlertheorie mathematisch korrekt, die Wurzel gemeinsam über alle additiven Glieder zu ziehen. Rechentechnische Belange spielen heute keine Rolle mehr.

2.3 Größte zulässige Abweichungen bei polygonaler Berechnung

Für Aufnahmepunkte im Koordinatenkataster ist eine Punktgenauigkeit von $s_p = 0,02$ bis $0,03$ m, eine Winkelgenauigkeit von $a = 1$ mgon und eine Streckengenauigkeit von $b = 0,01$ m einzuhalten. Bei der Annahme, daß die Längen der Anschlußrichtungen mindestens gleich der Zuglänge sind, ergeben sich bei $s_p = 0,02$ m bzw. $0,03$ m und $a = 1$ km die folgenden größten zulässigen Abweichungen:

2.3.1 $k = 2, s_p = 0,02$ m

n	FW * (mgon)	2.1.2		2.1.3	Alternative 2.1.4	
		FQ (m)		FL (m)	FQ (m)	FL (m)
		$\frac{n}{12}$	$\frac{n}{3}$			
3	5,0	0,061	0,065	0,049		
6	6,1	0,062	0,072	0,060	0,057	0,057

* FW berechnet mit d als Funktion der Entfernung zu den Anschlußpunkten

2.3.2 $k = 2$, $s_p = 0,03$ m

n	FW * (mgon)	2.1.2 FQ (m)		2.1.3 FL (m)	Alternative 2.1.4	
		$\frac{n}{12}$	$\frac{n}{3}$		FQ (m)	FL (m)
3	6,4	0,088	0,091	0,066		
6	7,3	0,089	0,096	0,075	0,085	0,085

2.3.3 $k = 3$, $s_p = 0,02$ m

n	FW * (mgon)	2.1.2 FQ (m)		2.1.3 FL (m)	Alternative 2.1.4	
		$\frac{n}{12}$	$\frac{n}{3}$		FQ (m)	FL (m)
3	7,5	0,091	0,097	0,073		
6	9,1	0,094	0,108	0,090	0,085	0,085

2.3.4 $k = 3$, $s_p = 0,03$ m

n	FW * (mgon)	2.1.2 FQ (m)		2.1.3 FL (m)	Alternative 2.1.4	
		$\frac{n}{12}$	$\frac{n}{3}$		FQ (m)	FL (m)
3	9,6	0,131	0,136	0,099		
6	10,9	0,133	0,144	0,112	0,127	0,127

*) FW berechnet mit d als Funktion der Entfernung zu den Anschlußpunkten

2.3.5 Empfehlungen für größte zulässige Abweichungen

Die nach verschiedenen Formeln berechneten größten zulässigen Abweichungen für FW, FQ und FL unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. Es liegt daher nahe, anstelle umfangreicher Tabellen, folgende einprägsame Werte einzuführen.

	k = 2		k = 3	
s_p	0,02 m	0,03 m	0,02 m	0,03 m
FW	6 mgon	7 mgon	9 mgon	11 mgon
FQ = FL	0,06 m	0,09 m	0,09 m	0,13 m

Wird von den oben genannten Rahmenbedingungen - Zuglänge ca. 1 km, Verteilen der Winkelabweichung, Länge der Anschlußrichtungen entspricht mindestens der Zuglänge, FW berechnet mit d als Funktion der Entfernung zu den Anschlußpunkten - abgewichen, ist ggf. unter Berücksichtigung länderspezifischer Gesichtspunkte über weitere Festlegungen zu entscheiden.