

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 94 (1996)

Heft: 2

Artikel: Konsequenzen der neuen Landesvermessung 1995 (LV95) für die Amtliche Vermessung (AV)

Autor: Ammann, K. / Carosio, Alessandro / Ulrich, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-235228>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Konsequenzen der neuen Landesvermessung 1995 (LV95) für die Amtliche Vermessung (AV)

R. Ammann, A. Carosio, W. Ulrich

Die Fortschritte in der geodätischen Messtechnik ermöglichen heute neue Bezugsrahmen für die Landesvermessung zu schaffen, die praktisch spannungsfrei sind und eine optimale wirtschaftliche und zuverlässige Grundlage für die Amtliche Vermessung bilden. Die Schweiz hat mit der Landesvermessung 95 (LV95), wie die meisten Länder Europas, einen solchen Referenzrahmen realisiert. Um die Konsequenzen für die Amtliche Vermessung zu analysieren, wurde unter der Leitung der Eidg. Vermessungsdirektion eine Arbeitsgruppe eingesetzt. Der vorliegende Beitrag fasst die Ergebnisse ihrer Arbeit zusammen und ergänzt den zur Vernehmlassung verteilten Bericht mit den aktuellsten Informationen.

Les progrès de la technique des mesures géodésiques permettent actuellement de déterminer de nouveaux cadres de référence pour la mensuration nationale. Ces derniers sont pratiquement sans distorsion et forment une base optimale du point de vue économique et technique pour la mensuration officielle. La Suisse, à l'instar de la plupart des pays européens, a entrepris la réalisation d'un tel cadre de référence. Un groupe de travail de la Direction fédérale des mensurations cadastrales en a analysé les conséquences pour la mensuration officielle. L'article ci-dessous résume les résultats des travaux de ce groupe et complète le rapport mis en consultation et contenant les informations les plus récentes.

Il progresso nelle tecniche geodetiche permette oggi di realizzare reti di inquadramento nazionali praticamente senza distorsioni alle quali possono essere allacciati i rilevamenti della misurazione ufficiale in modo affidabile ed economico. La Svizzera con la Misurazione Nazionale 95 (MN95) ha creato una rete di questo tipo al pari di altri paesi europei. Per analizzare l'impatto della MN95 sulla misurazione ufficiale è stato formato un gruppo di lavoro presieduto dalla Direzione federale delle Misurazioni. La presente pubblicazione ne riassume la relazione conclusiva e la completa con alcune informazioni di attualità.

1. Einleitung

Die Amtliche Vermessung (AV) stützt sich auf die Fixpunkte der Landesvermessung. So steht es in Art. 20 der Bundesverordnung über die Amtliche Vermessung (VAV). Das sind heute für die Lage ca. 250 Triangulationspunkte 1./2. Ordnung und ca. 4800 Triangulationspunkte 3. Ordnung, gesamthaft also rund 5000 Fixpunkte (LFP1). Sie bilden den Bezugsrahmen der Landesvermessung 1903 (LV03).

Mit der neuen Landesvermessung 1995 (LV95) stehen ca. 120 neue und ca. 130 bestehende, an LV95 angeschlossene Lagefixpunkte zur Verfügung, also ein Netz mit rund 250 neu bestimmten Punkten [1]. Diese Punkte haben einen mittleren Lagefehler (absolut) von < 2 cm, bieten also für die Belange der Amtlichen Vermessung einen über die ganze Schweiz spannungsfreien Bezugsrahmen. Dazu stellen sich zwei Fragen:

- Soll die AV den erneuerten Bezugsrahmen nutzen und eine entsprechende Anpassung anstreben oder soll sie auf den bestehenden Grundlagen von LV03 beharren? oder anders gefragt: Soll die Erneuerung, basierend auf dem neuen grobmaschigen Netz von rund 250 Punkten auf Stufe AV weitergeführt werden oder nicht?
- Wenn die Erneuerung weitergeführt werden soll, stellt sich die Anschlussfrage: Wie soll vorgegangen werden?

Diese Fragestellungen wurden von einer im Herbst 1993 eingesetzten Arbeitsgruppe im Auftrag der Eidg. Vermessungsdirektion bearbeitet [2]. Die Arbeitsgruppe kommt in ihrem Bericht, der im November 1995 in eine breite Vernehmlassung gegeben wurde, zum Schluss, dass die neuen Grundlagen für die AV genutzt und die notwendigen Anpassungen durchgeführt werden sollten. Im weiteren wird ein Lösungsansatz vorgestellt.

2. Warum soll LV95 als erneuerter Bezugsrahmen für die AV eingeführt werden?

2.1 Ausgangslage

Die Ausgangslage in der AV ist sehr heterogen. Einerseits ist ein Viertel der Schweiz noch nicht amtlich vermessen (hauptsächlich Berggebiete), andererseits finden sich im vermessenen Gebiet unterschiedliche Standards: graphische (mit und ohne Fixpunkte); halbgraphische (Fixpunkte numerisch); teilweise numerische (Fixpunkte und Liegenschaften numerisch) und vollständig numerische Vermessungen. Alle diese Werke müssen, mit mehr oder weniger grossem Aufwand, auf den gesetzlichen Standard AV93 (Amtliche Vermessung 1993) auf-, resp. umgearbeitet werden.

Die AV ist dezentral organisiert: Es sind rund 300 Stellen zuständig für die Aktualisierung, Verwaltung und Abgabe von (digitalen und analogen) Daten der AV. Diese arbeiten mit unterschiedlichen Informatikmitteln.

Die Daten der AV werden in rund 100 Bereichen dauernd genutzt, und zwar von tausenden zuständigen Stellen, sei es in den technischen Betrieben, Gemeinden, Kantonen oder beim Bund. Auch hier werden ganz unterschiedliche Informatikmittel eingesetzt.

Das politische und wirtschaftliche Umfeld ist in Veränderung (Sparmassnahmen der öffentlichen Hand, Deregulierung, Submission, u.a.).

Die technologische Entwicklung schreitet sehr schnell voran (Methoden, Informatik, Telekommunikation), so dass Lösungen möglich werden, die noch vor kurzem undenkbar waren.

In diesem Umfeld muss die Erneuerung durchgeführt werden. In diesem Umfeld muss auch die AV93 realisiert werden. Beides betrifft die ganze Schweiz. Damit sind auch die wichtigsten Aufgabenkreise für eine Erneuerung ersichtlich: Transparenz/Akzeptanz, Koordination/Organisation, Technik, Finanzen.

2.2 Nutzen des spannungsfreien Bezugsrahmens LV95

Der Nutzen einer spannungsfreien Grundlage ist für Vermessungsfachleute offensichtlich. Ein Ziel in der AV ist es denn auch seit jeher, möglichst homogene, spannungsarme Grundlagen zu schaffen, so dass eine kostengünstige und zuverlässige Nachführung über Jahrzehnte hinweg gewährleistet ist. Mit modernen Methoden erreicht man sehr rationell «spannungsfreie», lokale Netze, die man anschliessend jedoch in die übergeordneten Fixpunkte «verzweigen» muss. Mit LV95 liegt nun ein spannungsfreies Fixpunktnetz der obersten Hierarchie vor, das es

erlaubt, mit wenigen zusätzlichen Punkten der Zwischenhierarchie, die Spannungsfreiheit auf das Niveau lokaler Netze zu übertragen. Das bedeutet, dass dann die relative Genauigkeit lokaler Netze der absoluten Genauigkeit bezüglich LV95 entspricht.

Die Vorteile im einzelnen:

- Der Bezugsrahmen LV95 genügt den Anforderungen aller heutigen und zukünftigen Bedürfnisse: Landesvermessung, Amtliche Vermessung, Ingenieurvermessung, Präzisionsnavigation, wissenschaftliche Zwecke. Bis anhin notwendige Speziallösungen für die verschiedenen Bedürfnisse können dadurch vermieden werden.
- Eine spannungsfreie Grundlage hilft beim Aufdecken und Beheben von Verzerrungen in bestehenden Fixpunktnetzen ganz allgemein (Realisierung AV93: Ersterhebung, Erneuerung).
- Optimaler Einsatz moderner Methoden wird möglich (Differential GPS: DGPS; Realtime kinematic: RTK, Photogrammetrie): Das bringt Vorteile in der Nachführung, bei Ersterhebungen und Erneuerungen. Diese Vorteile gelten insbesondere auch für Benutzer ausserhalb der AV.
- Eine spannungsfreie Grundlage erlaubt eine weitere Reduktion der Anzahl Fixpunkte und damit des Aufwandes für die Erhaltung und Nachführung.
- Zusätzliche Koordinationsaufgaben können vermieden werden: Diese würden notwendig, wenn die AV sich nicht anpassen würde, weil in anderen Bereichen LV95 gleichwohl genutzt würde.

Alle aufgeführten Vorteile führen zu dauerhaften Kosteneinsparungen. Diese werden grösser, je schneller die Anpassung an LV95 erfolgt.

Was wäre, wenn sich die AV nicht anpassen und auf dem bestehenden Bezugsrahmen beharren würde? Es bestünde die Gefahr dass die AV von der technologischen Entwicklung überholt würde: D.h. viele Bereiche (von Ingenieurvermessungen über Leitungsbetreiber bis zur Navigation) würden LV95 zunehmend nutzen, womit LV95 zu einem de facto Standard-Bezugsrahmen würde. Die Verbindung mit dem Rahmen der AV (LV03) würde, wenn überhaupt, projektbezogen, unkoordiniert und auf uneinheitliche Art und Weise hergestellt. Es würde ein zunehmender Druck auf die AV entstehen, ihre Grundlage doch noch LV95 anzupassen. Dann allerdings wären die Randbedingungen dazu alles andere als ideal, die AV geriete unter Zwang.

2.3 Folgerung

Im Moment sitzt die AV noch auf dem Entwicklungszug: Die Koordinaten der LV95-

Punkte sind eben erst publiziert, die AV hat einen Bericht mit einem Lösungsansatz in der Vernehmlassung. Sie sollte die Möglichkeit (die sie jetzt noch hat) nutzen, d.h. die Initiative ergreifen, resp. weiterführen und einen praktikablen Weg aufzeigen, wie die Anpassung an den LV95-Rahmen durchgeführt werden kann. Der Bericht liefert dazu die Grundlagen.

3. Lösungsansatz

3.1 Grundsätze

Vorausgesetzt, dass die bestehenden Bezugssysteme für Lage und Höhe beibehalten werden und der LV95-Bezugsrahmen auf ein Datum (1993.0) eingefroren wird (keine zeitliche Dimension), werden dem Lösungsansatz folgende Grundsätze zugrundegelegt:

- Die Anpassung muss nach einem einheitlichen Konzept über die ganze Schweiz organisiert und durchgeführt werden.
- Die Anpassung muss bedarfsorientiert erfolgen, d.h. sie ist mit den andern Arbeiten in der AV (Realisierung AV93, prov. Numerisierung) zu koordinieren.
- Die Bereitstellung einheitlicher Grundlagen für LIS/GIS-Anwendungen darf nicht verzögert werden. Der Aufbau und Betrieb von LIS/GIS darf nicht behindert werden.
- Die verschiedensten Karten- und Planbenutzer sollen sich auf eine einheitliche Grundlage abstützen können, damit Verwechslungen und Missverständnisse möglichst vermieden werden können. Dies erfordert also für die AV ein einheitliches Bezugssystem und einen einheitlichen Bezugsrahmen über die ganze Schweiz. Während einer zeitlich und örtlich begrenzten Übergangsphase ist es bei einer Anpassung trotzdem nicht vermeidbar, mit beiden Bezugsrahmen arbeiten zu müssen. Dies bedingt Mechanismen, die es erlauben, ohne Verlust der Integrität, Daten von einem Bezugsrahmen in den andern und zurück (LV03 <=> LV95) zu transformieren.

3.2 Lösungsidee

Angesichts der Ausgangslage und der formulierten Grundsätze ist es ausgeschlossen, die Anpassung an LV95 in einem Zug durchzuführen: Es muss etappiert werden. Die Etappierung erfolgt in zweifacher Hinsicht.

Inhaltlich:

- Vorbereitung der Anpassung innerhalb der AV
- Vollzug der Anpassung in der AV und bei den Benützern.

Räumlich und zeitlich:

- Die Vorbereitung erfolgt koordiniert mit anderen Arbeiten in der AV (Realisierung AV93, provisorische Numerisierung) aber in der Regel über grössere Gebiete (je nach Qualität der vorhandenen LFP2-Netze). Für weitere AV-Operate in solchen Gebieten sind keine Vorbereitungsarbeiten mehr nötig.
- Der Vollzug der Anpassung erfolgt erst dann, wenn über ganze Regionen (z.B. Agglomerationen, Kantone, Gruppe von Kanronen) die Vorbereitung abgeschlossen ist.

Was ist unter «Vorbereitung», resp. «Vollzug» zu verstehen?

Vorbereitung:

Das Ziel der Vorbereitung ist das Herstellen einer stabilen Beziehung zwischen den beiden Bezugsrahmen LV03 und LV95, d.h. die Bereitstellung der Transformationsinformationen. Dazu gehören: Festlegung des Transformationsperimeters, Wahl und Bestimmung der Transformationsstützpunkte, Wahl der Vermaschung und Bestimmung der Transformationsparameter. Die Vorbereitung (Phasen 1 und 2 gemäss Vernehmlassungsbericht) soll in den Jahren 2000 bis 2010 erfolgen.

Vollzug:

Durchführung der Transformationen gemäss den vorgegebenen Parametern für alle koordinierten Daten in der AV und bei den Benützern. Der Vollzug (Phase 3 gemäss Vernehmlassungsbericht) soll in den Jahren 2000 bis 2010 erfolgen.

Dieses Vorgehen hat verschiedene Vorteile:

- Während der Vorbereitungsphase sind nur die Fixpunkt- und Transformationspezialisten der AV betroffen. Die «normalen» Arbeiten in der AV und vor allem die Benutzer sind nicht betroffen.
- Während der Vorbereitungsphase erwirbt die AV Know-how betreffend der Transformation und ihrer Durchführung auf den verschiedenen in der AV eingesetzten EDV-Systemen. Dieses Know-how kann sie später in der Vollzugsphase für die Unterstützung der Benutzer einsetzen.
- Die Überprüfung und allenfalls lokale Verbesserung der Fixpunktnetze der AV muss im Hinblick auf die Realisierung der AV93 (sinnvoll auch bei provisorischer Numerisierung) ohnehin durchgeführt werden. Durch die Koordination mit den Vorbereitungsarbeiten für die Anpassung an LV95 entstehen nur geringe Zusatzaufwendungen, die sehr schnell durch die Vorteile kompensiert werden, da in Gebieten mit vorliegender Transformationsinformation LV95 sofort genutzt werden kann (z.B.

Arbeiten im Fixpunktbereich der AV, grössere Ingenieurvermessungs-Projekte); die Resultate lassen sich problemlos in den Bezugsrahmen LV03 integrieren.

- Durch das Anbieten einer stabilen Verbindung LV03–LV95 und einheitlicher Werkzeuge für die Transformation von einem Rahmen in den andern, bietet die AV eine sehr wichtige Dienstleistung an und verhindert ein Chaos bei der Georeferenzierung.

Als Nachteil kann erwähnt werden: Die Transformationsinformation muss bis zum regionsweisen Vollzug verwaltet und nachgeführt werden, damit sie für spezielle Projekte in der Vorbereitungsphase und für den Vollzug verfügbar ist.

4. Technik

4.1 Vielfalt der mathematischen Transformationsverfahren

Das Ziel der Erneuerung ist klar definiert: Wir wollen für die ganze Schweiz die Koordinaten aller Punkte im einheitlichen Rahmen der Landesvermessung (LV95). Die Ideallösung zur Erreichung des Zieles ist bekannt: Alle Punkte wären durch genaue (neue oder alte) Messungen ausgehend von den LV95-Fixpunkten wieder zu bestimmen.

Da aus wirtschaftlichen, organisatorischen, aber auch technischen Gründen das ideale Vorgehen nicht in Betracht gezogen werden kann, sind Transformationsverfahren zu verwenden, die die Ideallösung approximieren, die organisatorischen Randbedingungen einhalten und aus den heutigen Koordinaten (LV03) mit wenig Aufwand die dazugehörigen LV95-Koordinaten berechnen.

Aus dem geodätischen Anwendungsbe- reich kennt man sehr viele Methoden für die Transformation oder Interpolation von Koordinaten. Die Ähnlichkeitstransformation, die Affinität, die Kollokation, die polynomiale Approximation, die Interpolation nach dem arithmetischen Mittel (TRANSINT) usw. sind nur einige Beispiele dafür. Die Anzahl der Möglichkeiten ist fast unbegrenzt, da durch Kombinieren der einzelnen Ansätze weitere Verfahren entstehen. Die Einhaltung der technischen und vor allem der organisatorischen Anforderungen begrenzt aber die Wahlmöglichkeiten stark.

4.2 Anforderungen an die Transformation

Die Umrechnung der Koordinaten der LV03 in die entsprechenden Koordinaten der LV95 muss einige mathematischen Eigenschaften aufweisen:

- Die Transformation muss stetig sein (Punkte in der unmittelbaren Nachbarschaft müssen gleich transformiert werden).

- Die Berechnung muss in beiden Richtungen stattfinden können (LV03 $\leftrightarrow$ LV95).

- Die Punkte, die durch Messungen im Rahmen der LV95 bestimmt wurden, müssen genau diese Koordinaten erhalten.

Da der Übergang LV03–LV95 sowohl räumlich als auch zeitlich etappiert werden muss, kann die Transformationsfunktion nicht gleichzeitig für die ganze Schweiz festgelegt und eingesetzt werden. Daraus lassen sich die folgenden organisatorischen Anforderungen formulieren:

- Die Bestimmung der Stützpunkte muss über eine längere Zeit gebietsweise stattfinden können.
- Die Festlegung der Parameter der Transformationsfunktion muss regional nach Bedarf erfolgen.
- Festgelegte Transformationsfunktionen müssen lange Zeit unverändert bleiben (Norm).
- Punktverdichtungen oder Verbesserungen in einem Gebiet dürfen die Transformation in anderen Gebieten nicht beeinflussen.

Nur mit einer Einteilung der Schweiz in eine begrenzte Anzahl Flächenelemente, in welchen die Transformation schrittweise, aber endgültig im Laufe der Zeit definiert wird, kann man die gestellten Anforderungen erfüllen.

4.3 Die lineare Transformation mit finiten Elementen [3]

Wenn die Schweiz in Dreiecke eingeteilt wird und für alle Eckpunkte (Passpunkte) genaue Koordinaten sowohl in der LV03 als auch in der LV95 vorliegen, kann man in jedem Dreieck eine lineare Funktion bestimmen, die genau die Koordinaten der Eckpunkte umrechnen lässt:

$$Y_{95} = a_0 + a_1 Y_{03} + a_2 X_{03}$$

$$X_{95} = b_0 + b_1 Y_{03} + b_2 X_{03}$$

Diese Beziehung, die für die Eckpunkte die genauen Koordinaten ergibt, kann als Interpolationsfunktion für alle anderen Punkte innerhalb eines Dreiecks eingesetzt werden und lässt sich auch problemlos umkehren:

$$Y_{03} = a_0 + a_1 Y_{95} + a_2 X_{95}$$

$$X_{03} = b_0 + b_1 Y_{95} + b_2 X_{95}$$

Die Einteilung der Schweiz in Dreiecksmaschen ist Bestandteil der Transformation und muss gleichzeitig mit der Bestimmung der Parameter festgelegt werden.

Um in der heutigen Zeit eine mathematische Lösung einsetzen zu können, benötigt man eine Software, die die entsprechenden Operationen ausführt. Zu diesem Zweck wurde das Programm FINELTRA entwickelt, das kompatibel mit den anderen Programmen der schweize-

rischen geodätischen Software (LTOP, TRANSINT usw.) ist.

4.4 Kriterien für die Dreiecksvermaschung

Die Wahl der Passpunkte und die Einteilung des Territoriums in Dreiecke ist von der Qualität der heutigen Vermessung abhängig. Man wird daher die Dreiecksmaschen den lokalen Gegebenheiten anpassen müssen. Einige Grundsätze haben allerdings allgemeine Gültigkeit:

- Nur Punkte, die bei der Messung in der LV95 materiell identisch mit den entsprechenden Punkten der LV03 sind und gute Beziehungen zur Umgebung aufweisen, dürfen als Passpunkte dienen. Eine rechnerische Rekonstruktion von fehlenden oder verlorenen Punkten ist ausnahmsweise möglich.
- Das Gebiet muss so in Dreiecke eingeteilt werden, dass alle inneren Punkte eines Dreiecks eine gute relative Genauigkeit zu den Dreiecksspitzen bereits in der LV03 aufweisen.
- Die Anwendung des Transformationsverfahrens darf nur erfolgen, wenn die heutigen Referenzpunkte (LV03) die Anforderungen der Amtlichen Vermessung (relative Genauigkeit und Zuverlässigkeit) erfüllen.

Die Umstellung LV03–LV95 mittels Transformation erlaubt, LV95-Koordinaten, die eine absolute Genauigkeit im Rahmen der heutigen relativen Genauigkeit (2–5 cm) aufweisen, günstig zu bestimmen. Höhere Anforderungen können nur mit anderen Verfahren (Neuvermessung, Katastererneuerung) und grösseren Investitionen erreicht werden.

4.5 Bisherige Erfahrungen

Die Anzahl erforderlicher Verdichtungs- punkte, d.h. indirekt die Grösse der Dreiecksmaschen ist von der Qualität der bisherigen Triangulation abhängig.

Die ersten Passpunkte (ca. 100) wurden mit ihren Koordinaten Ende 1995 vom Bundesamt für Landestopographie bekanntgegeben. Daraus werden Dreiecke mit ca. 20 km Seiten konstruiert, mit welchen eine erste Stufe der Transformation berechnet werden kann.

Um die Qualität der transformierten Punkte zu überprüfen, hat die ETHZ im südlichen Tessin einige Lagefixpunkte und (im vollnumerischen Operat) Grenzpunkte der Amtlichen Vermessung mit GPS im LV95-Rahmen bestimmt (ideale Lösung). Zwei Operate wurden berücksichtigt: Lugaggia mit einer neuer vollnumerischen Vermessung und Ponte Capriasca, ein halbgraphisches Operat. Die Ergebnisse wurden mit den transformierten Koordinaten (aus FINELTRA) verglichen, die diese ideale Lösung approximieren sollen [4].

Ohne zusätzliche Punktverdichtung erreichte man durch Transformation Koordi-

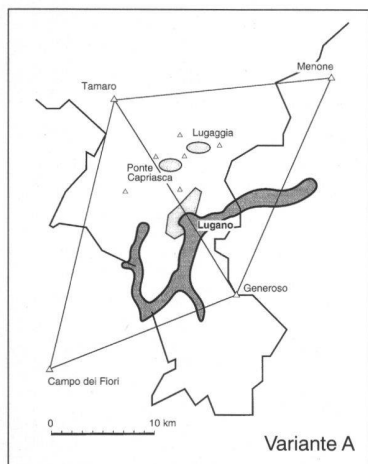


Abb. 1.

Variante A (Abb. 1) ohne Verdichtung	Abstand Neumessung – Transformation	
	max. [cm]	min [cm]
Operat Lugaggia	18	14
Operat Ponte Capriasca	20	15
Triangulations- punkte im Gebiet	23	6

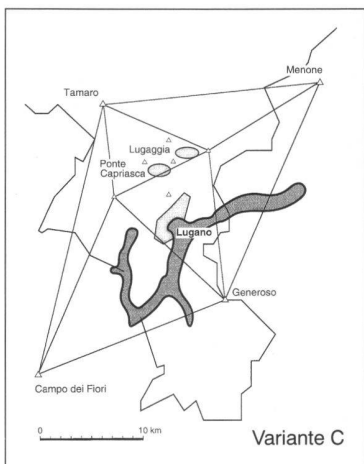


Abb. 2.

Variante C (Abb. 2) Dreieck- maschen mit 8–10 km Länge	Abstand Neumessung – Transformation	
	max. [cm]	min [cm]
Operat Lugaggia	6	1
Operat Ponte Capriasca	10	2
Triangulations- punkte im Gebiet	13	4

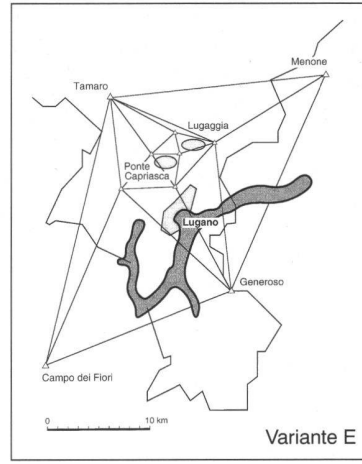


Abb. 3.

Variante E (Abb. 3) Dreieck- maschen 2–3 km Länge	Abstand Neumessung – Transformation	
	max. [cm]	min [cm]
Operat Lugaggia	3	0
Operat Ponte Capriasca	7	1

naten, die bis 2 dm von den richtigen Koordinaten entfernt sind.

Das gleiche Vorgehen wurde auch mit weiteren Stufen der Verdichtung (mehr Passpunkte, kleinere Dreiecke) wiederholt. Die folgenden Ergebnisse zeigen, dass mit ein bis zwei zusätzlichen Punkten pro Dreiecksmasche eine wesentlich höhere Qualität der Transformation erreicht werden kann.

Eine weitere Verdichtung, die praktisch alle früheren 3. Ordnungs- und viele 4. Ordnungspunkte einbezieht (2-km-Maschen) führt zu einer weiteren Verbesserung der Transformation.

Der Aufwand ist aber beträchtlich und die Qualitätssteigerung nicht entsprechend hoch, da die Grenzen der relativen Genauigkeit der einzelnen Punkte nicht überschritten werden kann. Es ist daher anzunehmen, dass in den meisten Gebieten mit einer genügenden Qualität der Amtlichen Vermessung und der Landesvermessung eine begrenzte Verdichtung (entsprechend Variante C) die optimale Lösung sein wird.

4.6 Weitere Versuche

Die bisherigen Erfahrungen beziehen sich auf Testmessungen, die die lokalen Gegebenheiten wiedergeben, so dass die oben erwähnten Resultate mit Sicherheit nur im Südtessin gelten. Weitere Versuche wurden in der Vergangenheit in den Kantonen Schaffhausen und Genf durchgeführt. Die Ergebnisse waren ähnlich:

Ohne Verdichtung lassen sich transformierte Koordinaten mit Fehlern von 2–3 Dezimeter herleiten. Mit einer kleinen Verdichtung (1–2 Punkte pro Masche) lässt sich die Abweichung der transformierten Koordinaten auf 2–5 cm reduzieren. Zur Zeit wird im Kanton Zug ein gross angelegter Versuch im Rahmen einer Katastererneuerung durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Laufe des Jahres 1996 verfügbar sein.

5. Schlussfolgerung

Die Erneuerung der Landesvermessung bietet die Chance, in absehbarer Zukunft die Amtliche Vermessung in einen spannungsfreien Bezugsrahmen zu integrieren und sie dadurch auf eine Qualitätsstufe zu bringen, die die meisten heutigen Anforderungen der Ingenieurgeodäsie erfüllt. Der Übergang lässt sich inhaltlich, zeitlich und räumlich in Phasen unterteilen, damit man den lokalen Bedürfnissen (Katastererneuerungen, Neuvermessungen, grosse Ingenieurprojekte usw.) Rechnung tragen kann. Die bisher durchgeführten Analysen zeigen, dass der umstellungsbedingte Aufwand sehr klein gehalten werden kann, wenn die lokale Qualität der heutigen Vermessung hinreichend ist. Die zukünftige Amtliche Vermessung wird daher im Rahmen der unvermeidlichen Nachführungsarbeiten am Referenzsystem aufgewertet und voll von den neuen Technologien profitieren können. Sie wird damit den heute deutlich erkennbaren

Anforderungen der Anwender vollumfänglich und fristgerecht entsprechen.

Literatur:

- [1] Bundesamt für Landestopographie. Die neue Landesvermessung der Schweiz «LV95». Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 2/1996.
- [2] Eidg. Vermessungsdirektion. Konsequenzen der neuen Landesvermessung 95 für die Amtliche Vermessung, Vernehmlassungsbericht, Bern, Oktober 1995.
- [3] A. Carosio, M. Plazibat. Lineare Transformation mit finiten Elementen. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 4/1995.
- [4] Ch. Tognacca. Auswirkungen der LV95 auf die Amtliche Vermessung, erste praktische Untersuchungen. Bericht IGP Nr. 251, ETHZ, Zürich, 1995.

Adressen der Verfasser:

Richard Ammann
Dipl. Ing. ETH
Eidg. Vermessungsdirektion
Einsteinstrasse 2
CH-3003 Bern

Prof. Dr. Alessandro Carosio
Institut für Geodäsie und
Photogrammetrie
ETH-Hönggerberg
CH-8093 Zürich

Werner Ulrich
Dipl. Ing. HTL
Vermessungsamt des Kantons Thurgau
CH-8500 Frauenfeld