

G. Hampel, Schorndorf

## 1. EINLEITUNG

Mit der Luftbildmessung, der Photogrammetrie, ist dem Vermessungsingenieur ein Meßverfahren an die Hand gegeben worden, das gegenüber den terrestrischen Verfahren bei sachgerechter Anwendung manche Vorteile bietet. Von den vielfältigen Informationen, die das Luftbild enthält, verwendet der Vermessungsingenieur allerdings meist nur einige wenige, wie etwa die Lage und Höhe bestimmter Geländepunkte oder von Linienzügen. Durch eine optimale Bildflugplanung können große Flächen auch im unwegsamen Gelände in kürzester Zeit aufgenommen werden. Die vielfältigen photogrammetrischen Auswertemethoden - von der Luftbildentzerrung über Stereoauswertungen und das Orthophoto bis hin zu Auswertungen mit analytischen Auswertegeräten - vermitteln ein Bild von dem breiten Spektrum photogrammetrischer Möglichkeiten. Jedoch darf nicht verschwiegen werden, daß auch Nachteile gegenüber terrestrischen Aufnahme- und Auswerteverfahren vorhanden sind. Da sind zunächst die unsicheren Wetterverhältnisse zu nennen, die in unseren Breitengraden oft nur an wenigen Tagen des Jahres Bildflüge zulassen. Daraus ergeben sich oft lange Wartezeiten zwischen der Signalisierung und dem Bildflug. In dieser Zeit muß die Signalisierung von Paß-, Vermessungs- und Grenzpunkten laufend instandgehalten werden. Auch ist die Photogrammetrie in dichten Nadelwaldgebieten bisher entweder gar nicht oder nur sehr beschränkt einsetzbar. Dagegen dürfte heute die Lagegenauigkeit durch den Einsatz von Komparatoren bzw. analytischen Auswertegeräten und verfeinerten Rechenmethoden wie die Bündelblockausgleichung mit zusätzlichen Parametern auch hochgesteckten Erwartungen der Vermessungsverwaltungen genügen, in deren Bereich vornehmlich Katastervermessungen und topographische Aufnahmen in Betracht kommen. Wenn die Vor- und Nachteile der Luftbildmessung gegeneinander abgewogen werden, dann ergibt sich, daß im Regelfall die Anwendung dieses Verfahrens bei kleineren Katasteraufnahmen, insbesondere bei Katasterfortführungsvermessungen, von vornherein ausscheidet. Allenfalls kann hier bei großflächigen Bodenordnungsmaßnahmen oder bei größeren Fluß- oder Straßenvermessungen der Einsatz der Photogrammetrie zweckmäßig sein, vor allem dann, wenn außer den Grundstücksvermessungen noch Höhaufnahmen erforderlich sind. Zu beachten ist weiterhin, daß moderne terrestrische Verfahren wie etwa die integrierte Katastervermessung, d.h. die Verbindung von freier Stationierung mit der direkten Koppelung von registrierenden Tachymetern und leistungsfähigen Kleincomputern, optimale Bedingungen für die örtlichen Katastervermessungsarbeiten bieten /1/. Der Photogrammetrie verbleiben in diesem Bereich außer den genannten Sonderfällen vor allem Vermessungen in schwer zugänglichen Gebieten und erstmalige Grundstücksvermessungen zur Aufstellung von Liegenschaftskatastern. Dagegen dürfte im topographischen Bereich die Spitzenstellung der Photogrammetrie gegenüber terrestrischen Verfahren un gefährdet sein. Das gilt sowohl für die erstmalige topographische Landesaufnahme wie für die Fortführung derartiger Aufnahmen und für die Laufendhaltung der topographischen Karten.

In der Vermessungsverwaltung Baden-Württembergs hat die Photogrammetrie nach dem 2. Weltkrieg nur sehr

zögernd Eingang gefunden. Diese Zurückhaltung dürfte nicht nur auf die anfänglich doch etwas undurchsichtige Genauigkeit photogrammetrischer Verfahren zurückzuführen sein. Vielmehr lag es sicher auch daran, daß in Baden-Württemberg sehr gute Katasterwerke ebenso vorlagen wie topographische Karten, die - zumindest im ehemaligen württembergischen Landesteil - aus Grundkarten entwickelt waren und damit eine hohe Genauigkeit aufweisen. Daher war man hier, wohl nicht zu Unrecht, allem Neuen gegenüber doch etwas abwartend eingestellt.

In den folgenden Abschnitten soll die Anwendung der Photogrammetrie in der baden-württembergischen Vermessungsverwaltung nach dem 2. Weltkrieg, insbesondere bei der Katastervermessung und der topographischen Landesaufnahme, dargestellt werden. Beide Bereiche gehören zu den Vermessungsaufgaben, die nach dem Vermessungsgesetz von 1961 - von Sonderregelungen abgesehen - in den Zuständigkeitsbereich der Vermessungsbehörden fallen.

## 2. PHOTOGRAMMETRIE UND KATASTERVERMESSUNG IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Lange Zeit hatte die Photogrammetrie keinen festen Platz in den Meßverfahren der Katastervermessung eingenommen. Das war nicht zuletzt darauf zurückzuführen, daß bei photogrammetrischen Katastervermessungen die Landeskoordinaten der ausgemessenen Punkte unabhängig von ihrer gegenseitigen Entfernung mit nahezu konstanter Genauigkeit erhalten und dabei kurze Entfernungen ungenauer bestimmt wurden, als dies bei den sonst üblichen Aufnahmeverfahren der Fall war /2/. Man hatte die Möglichkeit, die terrestrischen Aufnahmeverfahren durch photogrammetrische zu ersetzen, ausgeschlossen /3/, /4/. Die Luftbildmessung hat aber in Ländern, in denen Inselkarten ohne koordinatenmäßig festgelegte Vermessungspunkte vorhanden waren, einen festen Platz erhalten. Dort werden mit Hilfe der Photogrammetrie Rahmenkarten und Vermessungspunktfelder geschaffen, an die künftige Fortführungsvermessungen angeschlossen werden können. Da jedoch in Baden-Württemberg Rahmenkarten in den Maßstäben 1:2 500 (im ehem. württembergischen Landesteil) und 1:1 500 (im ehem. badischen Landesteil) vorhanden waren, schied diese Anwendungsmöglichkeit der Photogrammetrie hier aus.

Im ehem. württembergischen Landesteil waren jedoch anlässlich der Landesvermessung (1818-1840) die abgemarkten Eigentumsgrenzen orthogonal auf unvermarktete Messungslinien aufgemessen worden, die mit Hilfe des Meßtisches in die Flurkarten eingetragen wurden. Für Planungen in Ortslagen genügten aber optische Vergrößerungen der Flurkarten in die Maßstäbe 1:1 000 und 1:500 bald nicht mehr. Im Jahre 1961 wurde erstmals versucht, mit Hilfe der Photogrammetrie im Bereich des Staatlichen Vermessungsamtes Aalen Rahmenpläne im Maßstab 1:500 herzustellen. E. Strobel hat das Verfahren in /2/ eingehend beschrieben. Obwohl das Ergebnis sowohl von den Kosten wie vom Zeitaufwand durchaus zufriedenstellend war, hat sich das Verfahren nicht weiter durchgesetzt. Das lag wohl nicht zuletzt daran, daß in der Folgezeit in verstärktem Maße Polygonierungen anlässlich von Katastervermessungen durchgeführt und dabei die alten Messungslinien an das Landesnetz angeschlossen wurden.

Ein weiterer Versuch zur Anwendung der Photogrammetrie im Kataster wurde 1967 begonnen. Es handelte

sich dabei darum, erstmals eine Katasterfortführungsvermessung - das Autobahnkreuz Münchingen bei Stuttgart - mit Hilfe der Photogrammetrie durchzuführen. - Am Rande sei jedoch bemerkt, daß die baden-württembergische Flurbereinigungsverwaltung bereits im Jahre 1964 damit begonnen hatte, im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren die Aufmessungen für die Katasterberichtigungsunterlagen photogrammetrisch zu gewinnen. - Beim Versuch "Münchingen" war von der Abmarkung und Signalisierung der neuen Grenzen vor dem Bildflug bewußt abgesehen worden. Die neuen Grenzpunkte wurden zunächst vorläufig im Auswertegerät durch Koordinaten festgelegt. Zwischen den vorläufigen neuen Grenzen und den aufstoßenden alten Grenzen konnten die Schnitte mit einer elektronischen Rechenanlage berechnet werden. Die endgültigen neuen Grenzzüge wurden in der Regel als Verbindungslinien dieser Schnitte gebildet. Nach Transformationen auf Messungslinien oder Berechnung polarer Absteckungselemente wurden so die neuen Grenzen abgesteckt und abgemarkt /2/. Dieses Verfahren, ebenso wie die terrestrische Messung kurzer Spannmaße benachbarter Grenzpunkte, diente der Genauigkeitssteigerung und war mit dem Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart abgesprochen worden, das auch die Auswertung dieses Versuches am Stereoplanigraphen C8 übernommen hatte.

Auf Grund dieser Erfahrungen konnte das Innenministerium von Baden-Württemberg am 14. Oktober 1971 die Verwaltungsvorschriften für die Anwendung der Photogrammetrie bei Katastervermessungen erlassen. Zuvor war bereits am 30. Oktober 1967 ein Erlaß des Innenministeriums über die Nutzbarmachung von Luftbildaufnahmen in Baden-Württemberg herausgegeben worden. Beide Erlasse entstanden unter ganz wesentlicher Mitwirkung von Fritz Ackermann und seinen Mitarbeitern am Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart. Das gleiche gilt für die Planung eines Bildfluges für die Straßenbauverwaltung im Jahre 1968, der das gesamte Gebiet des Landes Baden-Württemberg umfaßte.

In den folgenden Jahren wurde eine Reihe größerer Katasterfortführungsvermessungen mit Hilfe der Photogrammetrie durchgeführt. Doch nahmen dann Jahr für Jahr die Anträge der staatlichen Vermessungsämter auf Durchführung photogrammetrischer Katastervermessungen ab, obwohl zwischenzeitlich erhebliche Genauigkeitssteigerungen durch die bereits erwähnten Komparatoren bzw. analytischen Auswertegeräte in Verbindung mit Bündelblockausgleichungen mit zusätzlichen Parametern zu verzeichnen waren. Schuld an dieser Entwicklung hatten sicher nicht nur die Witterungsverhältnisse und der schleppende Ablauf der Verfahren, sondern vor allem die Entwicklung der bereits erwähnten integrierten Katastervermessung /1/, die gegenüber der Katasterphotogrammetrie bei den Katasterfortführungsvermessungen erhebliche logistische, wirtschaftliche und auch zeitliche Vorteile bietet. So muß heute festgestellt werden, daß außer den von der Flurbereinigungsverwaltung übergebenen photogrammetrisch gewonnenen Katasterberichtigungsunterlagen sonst keine Katastervermessungen mit Hilfe der Luftbildmessung durchgeführt werden.

Im Bereich der Katasterphotogrammetrie ist aber - nicht zuletzt auf Grund der Erfahrungen im eigenen Land - ein Auslandsprojekt zu nennen, das vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg betreut wird. Es handelt sich dabei um ein Pilotprojekt für die Errichtung eines Liegenschaftskatasters im Bundesstaat Paraná in Brasilien. Die Ergebnisse sind durchaus vielversprechend /5/, so daß eine Verlängerung

der baden-württembergischen Mithilfe bis Ende 1990 beschlossen wurde. Außer den vielfältigen organisatorischen, technischen und rechtlichen Aufgaben, die im Zusammenhang mit diesem Projekt zu lösen sind, sei lediglich noch erwähnt, daß von Anfang an der Einsatz der Photogrammetrie fest eingeplant war. Die Aufmessung der Grundstücke - die Durchschnittsgröße beträgt etwa 25 ha - muß wegen der teilweise beschränkten Luftsichtbarkeit der Grenzpunkte in Kombination mit terrestrischen Hilfsmessungen durchgeführt werden. Die Katasterkarte im Maßstab 1:10 000 - Orthophoto mit eingedruckten Grenzen und Höhenlinien - hat bei den zuständigen brasilianischen Stellen große Beachtung gefunden. Diese Art einer Katasterkarte wurde allerdings in anderem Zusammenhang - bereits im Jahre 1967 vorgeschlagen /6/. An dieser Stelle sei erwähnt, daß ohne die ganz entscheidende Unterstützung durch Fritz Ackermann - sowohl vor Ort als auch bei den Auswertarbeiten - nicht so optimale Ergebnisse hätten erzielt werden können.

Es bleibt festzuhalten, daß Vermessungsarbeiten zur Errichtung von Liegenschaftskatastern, ganz besonders in der 3. Welt, ohne Einsatz der Photogrammetrie zu einigermaßen erträglichen Terminen praktisch nicht mehr durchführbar sind. Das hat das brasilianische Pilotprojekt eindeutig gezeigt. Wenn also zwar die Katasterphotogrammetrie in der baden-württembergischen Vermessungsverwaltung kaum Bedeutung besitzt, so stehen ihre Berufsträger bei allen Entwicklungshilfeprojekten - nicht nur in Brasilien - diesem Verfahren positiv gegenüber und treten, wo immer sie können, aus Überzeugung dafür ein.

### 3. PHOTOGRAMMETRIE UND AMTLICHE TOPOGRAPHIE IN BADEN-WÜRTTEMBERG

In der Topographie hat die Luftbildmessung und -interpretation eine nicht mehr wegzudenkende Bedeutung erlangt. Das liegt nicht zuletzt daran, daß in diesem Bereich mehr Informationen dem Luftbild entnommen werden können als etwa bei der Katastervermessung. Es sei hier nur die Höhenauswertung erwähnt, die in der klassischen Katastervermessung bedeutungslos ist. In Baden-Württemberg war die Topographie das erste und bisher das bedeutendste Anwendungsgebiet der Photogrammetrie. Deshalb hat sie auch im Referat Topographie des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg ihre Heimat gefunden. Allerdings soll auch nicht verschwiegen werden, daß es hier nach dem 2. Weltkrieg länger als in manch anderem Bundesland gedauert hat, bis man sich der Luftbildmessung in der amtlichen Topographie wieder annahm. Das lag sicher auch daran, daß im ehem. württembergischen Landesteil ein großmaßstäbiges Grundkartenwerk - die Höhenflurkarte 1:2 500 - seit 1935 fertig vorlag. Allerdings fehlte im ehem. hohenzollerischen Landesteil ein derartiges Grundkartenwerk vollständig. Im ehem. badischen Landesteil war und ist die Deutsche Grundkarte 1:5000 erst im Entstehen. Aus den Grundkartenwerken sollten aber die Folgemaßstäbe, wie die Topographische Karte 1:25 000, abgeleitet werden, um die teilweise noch vorhandenen Maßstabsblätter 1:25 000 zu ersetzen. Es kommt hinzu, daß in einem Gutachten festgestellt worden war, daß etwa 1/10 der 15 572 Höhenflurkarten 1:2 500 modernen Genauigkeitsanforderungen bezüglich der Höhenlinien nicht mehr genügte. Es ist daher nicht verwunderlich, daß die Photogrammetrie zunächst bei der Herstellung und Fortführung der Grundkartenwerke zum Einsatz kam. Hier lagen auch bereits bundesweit Erfahrungen vor, auf die zurückgegriffen werden konnte. Erst später wurde die Photogrammetrie zur Laufendhaltung der Topographischen Karte 1:25 000 und dann auch für kleinere Maßstäbe eingesetzt. Aber auch einige Sonderanwendungen sind im Laufe der Zeit hinzugekommen.

### 3.1 Photogrammetrie und Grundkartentopographie

In den ehem. württembergischen und hohenzollerischen Landesteilen war eine Fläche von etwa 3 000 km<sup>2</sup> zur Herstellung bzw. Neuherstellung der Höhenflurkarte 1:2500 vorgesehen, wovon der ehem. hohenzollerische Landesteil für photogrammetrische Aufnahmen gut geeignet war. Er bildete im wesentlichen eine geschlossene, zusammenhängende Fläche. Dagegen waren im restlichen Gebiet mit etwa 1900 km<sup>2</sup> zusammenhängende, neu aufzunehmende Flächen nur im Schwarzwald vorhanden, wo die Photogrammetrie wegen des dichten Nadelwaldbestandes nur sehr bedingt eingesetzt werden konnte. Mit dem zur Verfügung stehenden Personal und nur mit den üblichen, durchaus sehr guten terrestrischen Aufnahmemethoden wäre es aber unmöglich gewesen, dieses Projekt in Angriff zu nehmen, geschweige denn wesentliche Fortschritte im Arbeitsablauf zu erzielen. Ein Versuch, die Photogrammetrie hier zeit- und personalsparend einzusetzen, war somit unumgänglich, obwohl das Landesvermessungsamt selbst keine photogrammetrischen Auswertegeräte mehr besaß. Diese waren im Krieg verloren gegangen. Im Frühjahr 1963 wurde im Auftrag des Landesvermessungsamtes ein Bildflug über eine Fläche von 550 km<sup>2</sup> - etwa die Hälfte der Fläche des ehem. hohenzollerischen Landesteils - durchgeführt. Es wurde eine RMK 15/23 verwendet, der Bildmaßstab betrug 1:8 000 bei 80 % Längsüberdeckung und einer Flughöhe von etwa 1 200 m. Die Signalisierung der Lagefestpunkte vor dem Bildflug und deren koordinatenmäßige Festlegung sowie die Höhenpaßpunktbestimmungen nach dem Bildflug wurden vom Landesvermessungsamt vorgenommen. Die Auswertung des Bildfluges geschah im Werkvertrag von einer Privatfirma am Stereoplanigraphen C8 bei getrennter Grundriß- und Höhenauswertung und zwar flurkartenweise. In den Waldgebieten konnten jeweils so viele Höhenpunkte angegeben werden, z.B. in Lichtungen und an Kreuzungen von Waldwegen, daß die terrestrischen Zumessungen dort angeschlossen werden konnten. Um die Genauigkeit der photogrammetrisch gewonnenen Höhenlinien beurteilen zu können, wurden im Sommer 1965 Längsprofile senkrecht zu den Höhenlinien mit einer Gesamtlänge von 8,5 km terrestrisch gemessen. Insgesamt konnten 296 Vergleichswerte erhalten werden. Eine Abhängigkeit in der Genauigkeit der photogrammetrisch gewonnenen Höhenlinien von der Geländeneigung nach der Koppe'schen Formel  $m_h = a + b \cdot \text{tg} \alpha$  war nicht festzustellen /7/. Der mittlere Fehler der photogrammetrisch gewonnenen Höhenlinien betrug 0,3 m bei Maximalfehlern von 1,0 m. Im Bereich des doppelten mittleren Fehlers lagen 94 % aller Vergleichswerte. Damit waren die Forderungen der Technischen Anweisung für die topographische Landesaufnahme in Württemberg voll erfüllt. Auch der Nachweis für die Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit des Verfahrens konnte erbracht werden. Die Möglichkeit, aus photogrammetrisch gewonnenen Höhenlinienplänen anderer Stellen die Höhendarstellung für die Grundkarte abzuleiten, wurde ebenfalls genutzt /7/.

Ähnlich verlief die Entwicklung im ehem. badischen Landesteil bei der Herstellung der Deutschen Grundkarte 1:5 000. Hier mußten die Wünsche der Planungsstellen vorrangig berücksichtigt werden. So wurden zuerst die Grundkarten im Rheintal fertiggestellt. Bei den Blättern im Schwarzwald mußten und müssen terrestrische Messungen eingesetzt werden, wenn die Luftbildmessung versagt. Eine Kombination beider Verfahren ist oft unumgänglich. Zunächst wurden hier alle zwei Jahre Befliegungen unter Verwendung einer RMK 15/23 (Bildmaßstab 1:12 000) vorgenommen. Die Paßpunktbestimmungen wurden von der Außenstelle des Landesvermessungsamtes in Karlsruhe und die Auswertungen der Bildflüge von Privatfirmen im

Werkvertrag vorgenommen. Ohne den Einsatz der Luftbildmessung wäre es nicht möglich gewesen, den Forderungen der Planungsstellen einigermaßen zeitgerecht nachzukommen.

Mit diesen Ergebnissen war der Weg frei für weitere photogrammetrische Unternehmungen. Die Anschaffung von Auswertegeräten, sowohl beim Hauptamt in Stuttgart wie bei der Außenstelle in Karlsruhe konnte eingeleitet werden. In Karlsruhe wurden Geräte für die Grundkartentopographie wie Planimat und Planicart installiert, die sowohl der Herstellung wie der Fortführung der Deutschen Grundkarte 1:5 000 dienen. In diesem Zusammenhang darf darauf hingewiesen werden, daß die Außenstelle in Karlsruhe in starkem Maße vom Institut für Photogrammetrie und Topographie der Universität Karlsruhe unterstützt wurde, so u.a. durch die Ausbildung von 4 Mitarbeitern in den photogrammetrischen Auswertearbeiten im Jahre 1972.

Wie bereits erwähnt, ist die photogrammetrische Höenerfassung in dichten Nadelwaldgebieten entweder gar nicht oder nur sehr beschränkt möglich. Im Jahre 1987 wurden bei der Außenstelle in Karlsruhe erstmals Versuche mit eingetauchter Meßmarke durchgeführt. Dabei dienen zur Bestimmung der Bodenhöhenlinien Bewaldungslücken und die erfaßbare Geländeform zur Abstützung des Suchprozesses. Das Verfahren führt bei sehr erfahrenen Auswertern zum Erfolg, wenn die beiden auseinandergefallenen Meßmarkenteile mit einem der vermuteten Bewuchshöhe entsprechenden Abstand über die Baumwipfelhöhe geführt werden. Der mittlere Fehler liegt bei etwa  $+ 3$  m. Das Verfahren wird nunmehr laufend im Schwarzwald zur Herstellung der Deutschen Grundkarte 1:5 000 eingesetzt und zwar durch Vergabe an Privatfirmen. Die Ergebnisse werden durch terrestrische Stützmessungen überprüft und zugleich verbessert.

Dem gleichen Zweck diene ein von Fritz Ackermann angeregter und im Jahre 1988 durchgeführter Versuchsflug durch das Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart in Zusammenarbeit mit dem Landesvermessungsamt Baden-Württemberg. Dabei wurde der Standort des Flugzeuges mit Hilfe von GPS-Messungen laufend geortet und mit Laserstrahlen die Entfernung vom Flugzeug sowohl zu den Baumwipfeln als auch zum Waldboden gemessen. Im 12 km<sup>2</sup> großen Testgebiet bei Gammertingen konnten so Höhenprofile im Abstand von 100 m erhalten werden. Obwohl es bei der Ortung Probleme gab, sind die ersten Ergebnisse, an denen auch die OEEPE sehr interessiert ist, durchaus vielversprechend.

### 3.2 Photogrammetrie und Fortführung der topographischen Kartenwerke

Der 2. Weltkrieg und auch die Zeit davor hatten an sich schon große Rückstände bei der Fortführung der topographischen Kartenwerke hinterlassen. Durch die gewaltigen Aufbauleistungen nach dem Kriege im Hoch- und Tiefbau und durch einen akuten Personalmangel waren die Rückstände in diesem Bereich laufend angewachsen. Das Kartenbild zeigte meist den Stand vor 1945. Die Veränderungen waren oft so umfangreich, wie etwa in Heilbronn, daß die Fortführung praktisch einer Neuherstellung entsprach. Gewisse Schwierigkeiten im Verfahren zur Laufendhaltung der topographischen Kartenwerke ergaben sich auch daraus, daß z.B. die württembergische Karte 1:25 000 aus der Höhenflurkarte 1:2 500 entwickelt worden war, wogegen im ehem. badischen und hohenzollerischen Landesteil dieses Kartenwerk aus Meßtischaufnahmen im Originalmaßstab entstanden war. Damit kennzeichnete eine sehr verschiedene Genauigkeit dieses

Gesamtkartenwerk. Allerdings wurden und werden laufend diese alten Meßtischblätter durch Entwicklungen aus den Grundkartenwerken ersetzt, sobald diese zur Verfügung stehen.

Es mußten also alle Möglichkeiten geprüft werden, die eine schnellere Erfassung und Verarbeitung der Veränderungen versprachen. Zunächst wurde versucht, den Topographischen Meldedienst in abgewandelter, vereinfachter Form wieder einzuführen. Die Vermessungsämter sollten verstärkt eingeschaltet und die Fortführung sollte auf die wichtigsten Veränderungen, wie Straßenbauten und Ortserweiterungen, beschränkt werden. Daß das keine Ideallösung bedeutete und nur ein kurzfristiger Notbehelf war, ist auch ohne nähere Begründung einleuchtend.

Wegen seines vielfältigen Informationsgehaltes mußte also fast zwangsläufig auch auf das Luftbild zurückgegriffen werden. Hierbei wurden zunächst Luftbilder jeglicher Art zum oberflächlichen Vergleich mit der topographischen Karte verwendet. Um die Luftbilder anderer Stellen besser nutzen zu können und an diese Luftbilder überhaupt heranzukommen, hatte das Innenministerium Baden-Württemberg am 30. Oktober 1967 den bereits erwähnten Erlass über die Nutzbarmachung von Luftbildaufnahmen herausgegeben. Die zur Verfügung gestellten Luftbilder dienten zunächst zur Interpretation der Veränderungen. Später wurde auch versucht, mit einfachen Geräten, wie etwa dem Antiskop, die Veränderungen in die Erkundungsflurkarte 1:2 500 bzw. in die Erkundungsgrundkarte 1:5 000 einzupassen, wenn genügend Paßpunkte vorhanden und die Höhenunterschieden nicht zu groß waren. Es war aber klar, daß dieses Verfahren nur eine vorübergehende Lösung darstellen konnte. Gezielte Bildflüge für die Fortführung waren also ebenso erforderlich, wie eine intensivere Auswertung.

Die Frage, ob bei der Fortführung der topographischen Karten in Baden-Württemberg stereophotogrammetrische Auswertungen, z.B. mit dem Doppelprojektor DP 1 oder Orthophotos verwendet werden sollten, wurde zu Gunsten der letzteren entschieden, einmal wegen der topographischen Verhältnisse und weil sich die vielfältigen Veränderungen meist flächenmäßig über die ganzen Blätter der topographischen Karten erstreckten. Zu dieser Entscheidung hatten aber auch die Erkenntnisse verschiedener Photogrammetrischer Wochen beigetragen.

Im Jahre 1966 wurde zunächst ein Versuch gestartet. Aus dem Bildmaßstab 1:30 000 wurden Orthophotos im Maßstab 1:10 000 gefertigt. Dann konnte in die Orthophotopläne auf maßhaltigem Papier der auf den Maßstab 1:10 000 vergrößerte Inhalt der Topographischen Karte 1:25 000 in blaugrüner Farbe eingedruckt werden. Damit waren die Erkundungsunterlagen für die topographische Erkundung geschaffen. Der Maßstab 1:10 000 schien in Bezug auf Wirtschaftlichkeit und Lesbarkeit eine vernünftige Lösung darzustellen /7/. Wegen der Lagegenauigkeit der württembergischen Topographischen Karte 1:25 000 war dieses Verfahren gut geeignet.

Nachdem 1968 das Landesvermessungsamt einen Stereoplanigraphen C8 und einen Orthoprojektor GZ 1 angeschafft hatte, wurde das Verfahren auf Grund der Erfahrungen des ersten Versuches variiert. Im Frühjahr 1968 wurde ein Bildflug für 6 Blätter der Topographischen Karte 1:25 000 durchgeführt. Als Maßstab für die Orthophotos war 1:10 000 vorgesehen. Unter Berücksichtigung der Geräteparameter der

RMK 15/23 und des Orthoprojektors GZ 1 ergab sich 1:34 000 als zweckmäßiger Bildmaßstab /8/. Weil für die Topographen der Schritt beim Erkundungs- und Auswertemaßstab von bisher 1:2 500 nun zu 1:10 000 zu groß erschien, wurden anfänglich Vergrößerungen der Orthophotos von 1:10 000 in 1:7 500 auf Film und vom alten Stand der Karte eine Blaukopie im gleichen Maßstab 1:7 500 gefertigt. Auf Durchleuchtungstischen konnten dann die Veränderungen auf die Blaukopie im Zeichenschlüssel 1:25 000 hochgezeichnet werden.

Bis 1985 hatte diese Methode noch verschiedene kleinere Veränderungen erfahren. Auf die Vergrößerung der Orthophotos von 1:10 000 in 1:7 500 konnte bald verzichtet werden. Die Erkundung erfolgte mit nicht entzerrten, aber auf den Maßstab 1:10 000 vergrößerten Luftbildern. Die Orientierung der Bilder und die Profilabtastung wurde am Planimat oder am Stereoplanigraphen C8 im Modellmaßstab 1:20 000 vorgenommen. Die notwendigen Lage- und Höhenpaßpunkte konnten aus den Grundkarten 1:2 500 und 1:5 000 entnommen werden. Der Profilabstand bei der Herstellung der Orthophotos 1:10 000 betrug je nach den Geländeverhältnissen 4 oder 8 mm. Die Profile für jeweils 1 Orthophoto (2 Modelle) wurden zuletzt im fugenlosen Modellanschluß auf einer Speicherplatte graviert. Die Profilabgrenzung erfolgte mit einer gegenseitigen Überlappung der Orthophotos von 10 %. Luftbild, Speicherplatte und Orthophoto wurden mit Hilfe gut identifizierbarer Geländepunkte einander zugeordnet. Die Projektion am Orthoprojektor GZ 1 erfolgte durch eine 8 mm breite Spaltblende mit konstanter Geschwindigkeit von 10 mm/sec. Durch Verwendung einer optischen Interpolationseinrichtung konnten systembedingte Fehler gemindert und eine größtmögliche Streifenbreite erreicht werden. Das Ergebnis der Projektion war das Orthophoto unmittelbar als Filmdia-positiv im Maßstab 1:10 000. Durch gezielte Bildflüge und Profilspeicherung war es möglich, immer wieder auf die vorhandenen Speicherplatten zurückzugreifen. Das Fortführungsoriginal entstand dann durch Hochzeichnen der Veränderungen im Zeichenschlüssel der jeweiligen topographischen Karte vom Orthophotodiativ in die Anhalttekopie, eine seitenverkehrte, transparente Blaukopie auf der Rückseite einer Pokalonfolie. Dieses zweckmäßige und sehr bewährte Verfahren wurde von K. Ewig und G. Riedinger ausführlich in /9/ beschrieben.

Zwischenzeitlich hatte man aber auch festgestellt, daß das Prinzip der Bearbeitung zunächst des großen Maßstabs 1:25 000 und daraus dann Ableitung der kleineren Maßstäbe aufgegeben werden mußte. Bei dem geforderten Fortführungsrhythmus von 5 Jahren mußten jährlich 15 Blätter der Topographischen Karte 1:50 000 fortgeführt werden, was eine jährliche Bearbeitung von 60 Blättern der Topographischen Karte 1:25 000 vorausgesetzt hätte. Das war aber zunächst wegen mangelnder Kapazität nicht zu erreichen. Die Konsequenz war und ist auch heute noch, daß die topographischen Karten verschiedener Maßstäbe nicht mehr nacheinander, sondern nahezu gleichzeitig bearbeitet werden, jedoch unter Verwendung des gleichen Luftbild- und Erkundungsmaterials.

Es sei noch erwähnt, daß auf Grund der Profilspeicherung bei der Orthophotoherstellung ein digitales Höhenmodell abgeleitet werden konnte, und zwar durch das von Fritz Ackermann geleitete Forschungsinstitut für photogrammetrische Informationsverarbeitung. Das digitale Höhenmodell besteht aus einem landesweiten Punktraster mit einer Rasterweite von 50 m und gibt die Oberfläche der Vegetation (z.B. im Wald



die Baumwipfel) wieder /10/.

Bei den bisherigen Bildmaßstäben 1:28 000 bis 1:30 000 unter Verwendung der RMK 15/23 wurden aus 50 Modellen 25 Orthophotos im Maßstab 1:10 000 für die Fortführung eines Blattes der Topographischen Karte 1:50 000 abgeleitet. Dies war durch die Gerätegrenzen des Orthoprojektors GZ 1 bedingt. In den Jahren 1984 - 1986 wurde die Gerätekombination Stereoplanigraph C 8 bzw. Planimat und Orthoprojektor GZ 1 durch den Planicomp und Orthocomp ersetzt. Mit den Möglichkeiten dieser neuen Gerätekombination werden nunmehr Bildflüge im Maßstab ca. 1:18 000 mit einer RMK 30/23 durchgeführt. Aus 128 Modellen werden 64 Orthophotos im Maßstab 1:10 000 für die Fortführung eines Blattes der Topographischen Karte 1:50 000 hergestellt. Diese neue Bildflugversion hat den Vorteil, daß die Bildauflösung erheblich besser ist. Dadurch kann die Erkundungszeit nicht unwesentlich verkürzt werden. Auch ist es möglich, die Lagefehler etwa auf die Hälfte zu reduzieren. Außerdem kann mit diesen Orthophotos die Lagefortführung der Deutschen Grundkarte vorgenommen werden. Weiterhin wird derzeit in einem Versuch erprobt, aus diesen Orthophotos die Nutzungsarten für die Fortführung des Liegenschaftskatasters zu entnehmen. Die ersten Ergebnisse sind durchaus zufriedenstellend.

Das Verfahren zur Fortführung der topographischen Karten mit Hilfe der Orthophotos hat nunmehr einen durchaus optimalen Stand erreicht, das den Geländeverhältnissen in Baden-Württemberg ebenso gerecht wird wie den Forderungen nach Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit.

### 3.3 Photogrammetrie und topographische Sonderaufgaben

Im Jahre 1985 war von der Internationalen Gewässerschutzkommission eine dritte Tiefenmessung des Bodensees beschlossen worden. Beteiligt waren Österreich, die Schweiz, Bayern und Baden-Württemberg. Mit der technischen Projektleitung für die gesamte Durchführung dieser Vermessung wurde das Landesvermessungsamt Baden-Württemberg beauftragt. Diese Arbeit wurde in eine Vermessung der Flachwasserzone und in eine Vermessung der Freiwasserzone eingeteilt. Während die Vermessung der Freiwasserzone mit Echolot und Funkortung im Vergabeverfahren von der Firma GEODATA-SERVICE, Olpe, /11/ durchgeführt wurde, kam bei der Vermessung der Flachwasserzone die Photogrammetrie zum Einsatz. Da der Herbst 1985 sehr trocken war, sollte die Befliegung der Flachwasserzone bereits im Frühjahr 1986 vorgenommen werden. Wegen des langen und strengen Winters 1985/86 mit lang anhaltender Eisbildung konnte trotz des niedrigen Wasserstandes nur das nördliche Seeufer zwischen Bregenz und Ludwigshafen befliegen werden. Der restliche Teil konnte erst im Frühjahr 1989 nachgeholt werden. Mit der Befliegung wurde die Eidgenössische Vermessungsdirektion, Bern, beauftragt. Unter Verwendung einer RMK 15/23 betrug der Bildmaßstab 1:5 500. Wegen der gestreckten Uferlinie konnte die Flachwasserzone durch Streifen von 3 bis 15 km Länge entlang der Uferlinie erfaßt werden. Nur an der Rheimmündung war ein kleiner Block erforderlich. Die Befliegung mußte deshalb jeweils im Frühjahr ausgeführt werden, weil da der Wasserstand noch niedrig ist, bei nicht zu geringem Sonnenstand. Die Signalisierungen und Paßpunktbestimmungen erfolgten durch die Anliegerstaaten jeweils in ihrem Hoheitsgebiet. Die kontrastarme, freiliegende Flachwasserzone stellte besondere Anforderungen an die Signalisierung. Die Ergebnisse der Befliegungen wurden den Anliegerstaaten zur Auswertung in ihrem Hoheitsgebiet über-

geben. Außer regelmäßigen Rasterpunkten werden derzeit auch Bruchkanten, Bauwerke, Gewässereinläufe und die Abgrenzung von Schilfgebieten ausgemessen. Die Ergebnisse der Vermessung der Freiwasserzone sollen mit den Resultaten der Vermessung der Flachwasserzone zu einem digitalen Geländemodell vereinigt und außerdem in analoger Form in topographischen Karten dargestellt werden.

Schließlich ist auch noch zu erwähnen, daß das Landesvermessungsamt Baden-Württemberg - wie übrigens auch andere Landesvermessungsämter - in die Auswertung von Bildflügen eingeschaltet ist, die die Alliierten während des 2. Weltkrieges nach jedem Bombenangriff durchgeführt hatten. In diesen Luftbildern sind nicht nur die Einschlagstellen der explodierten Bomben, sondern auch die der Blindgänger identifizierbar. Das Regierungspräsidium Stuttgart hat als zuständige Stelle Papierabzüge dieser Bildflüge von ganz Baden-Württemberg leihweise erhalten. Diese Bilder sollen dazu dienen, daß der Kampfmittelbeseitigungstrupp des Regierungspräsidiums die Blindgänger, die von Jahr zu Jahr gefährlicher werden, auffinden und beseitigen kann. Da seit den Bildflügen erhebliche Veränderungen in der Landschaft eingetreten sind, ist die Lokalisierung der Blindgänger für Nichtfachleute recht schwierig. Das Landesvermessungsamt ist derzeit dabei, zunächst alle Luftbilder zu kopieren. Eine weitere Zusammenarbeit mit dem Kampfmittelbeseitigungstrupp ist vorgesehen.

#### 4. ZUSAMMENFASSUNG

Trotz anfänglicher Zurückhaltung darf heute festgestellt werden, daß die Vermessungsverwaltung Baden-Württembergs jede erfolgversprechende Möglichkeit nutzt, um in ihrem Aufgabenbereich die Photogrammetrie einzusetzen. Im Katasterbereich ist dies nur in beschränktem Umfang zweckmäßig. Dagegen hat die Luftbildmessung und -interpretation in der Topographie einen festen Platz eingenommen. Terrestrische Vermessungen und örtliche Erkundungen werden nur noch dort vorgenommen, wo die Photogrammetrie bisher zwangsläufig, wie etwa in dichten Nadelwäldern, versagt. Diese feste Verankerung der Photogrammetrie wäre jedoch ohne die Unterstützung durch die photogrammetrischen Institute der Universitäten Stuttgart und Karlsruhe nicht möglich gewesen. Dabei muß ganz besonders Herr Universitätsprofessor Dr. Dr. Fritz Ackermann genannt und hervorgehoben werden. Dies mag die folgende chronologische Aufzählung der einzelnen Stationen der Zusammenarbeit mit ihm - auch der noch nicht erwähnten - verdeutlichen:

1967: Erlaß des Innenministeriums über die Nutzbarmachung von Luftbildaufnahmen in Baden-Württemberg; Versuch "Münchingen" zur Anwendung der Photogrammetrie für Katasterzwecke.

1968: Planung eines Bildfluges für das gesamte Gebiet des Landes Baden-Württemberg für Zwecke der Straßenbauverwaltung.

1971: Verwaltungsvorschriften des Innenministeriums für die Anwendung der Photogrammetrie bei Katastervermessungen.

1972: Versuch "Achstetten" zur Signalisierung - Dreigruppensignalisierung.

1974: Versuch "Jungingen" zur automatischen Ermittlung von Höhenlinien mit dem Stuttgarter Programm aus Daten des Landesvermessungsamtes;

Digitale Höhenauswertung mit dem Höhenlinienprogramm für die Deutsche Grundkarte 1:5 000, Blatt Rauenberg;

Versuch zur Verdichtung des trigonometrischen Netzes III. Ordnung im Raum Appenweier durch Aero-triangulation.

1975: Genauigkeitsuntersuchung einer photogrammetrischen Höhenauswertung 1:5 000 im Raum Ehningen.

1976: Test mit Schichtlinieninterpolationsprogramm SCOP, 3 Blätter der Deutschen Grundkarte 1:5 000.

1977: Berechnung von Höhenlinien mit dem Programm SCOP-B.

1980 bis

1982: Ermittlung von Orientierungsparametern mit räumlichem Rückwärtseinschnitt für die Einzelbildorientierung bei der Orthophotoherstellung.

ab 1980: Katasterprojekt im Bundesstaat Paraná, Brasilien,

- ständige Beratung in der Vorbereitungsphase und während der Laufzeit des Projektes bezüglich des Einsatzes der Photogrammetrie,
- Mithilfe zur Herstellung persönlicher Kontakte, insbesondere zur Universität in Curitiba,
- Durchführung der Aero-triangulation für den ersten Testblock des Pilotprojektes Mallet im Frühjahr 1985,
- Projektkontrolle vor Ort im Sommer 1986,
- Vortrag anlässlich eines Symposiums im Februar 1987 in Curitiba zur Vorstellung der Ergebnisse des Pilotprojektes.

1981: Photogrammetrische Bestimmung von Lage- und Höhenpaßpunkten für Flurkarten;  
Beratung bei der Erstellung eines einheitlichen digitalen Höhenmodells;  
Digitalisierung der Orthophotoprofilspeicherplatten.

1985: Beratung bei der Tiefenvermessung des Bodensees.

1985 bis

1988: Interpolation digitaler Steuerdaten für die analytische Orthoprojektion mit Programm PAT-M und SCOP.

1988: Laserflugversuch zur Geländehöhenerfassung in dichten Waldgebieten.

Schließlich hat der Autor dieses Berichtes allen Grund, Fritz Ackermann persönlich für die vielen Jahre freundschaftlicher Zusammenarbeit, auch im Direktionskomitee der OEEPE, sehr herzlich zu danken und ihm für die weiteren Lebensjahre alles Gute zu wünschen.

#### LITERATURVERZEICHNIS

/1/ Schönherr, H., Wilms, F., Zaiser, E.: Integrierte Katastervermessung, ZfV 1982, S. 433.

/2/ Strobel, E.: Versuche zur Anwendung der photogrammetrischen Katastervermessung im Gebiet der württembergischen Landesvermessung, Festschrift 150 Jahre württembergische Landesvermessung, Stuttgart 1968, S. 206.

- /3/ Pinkwart, E.: Was erwartet die deutsche Katastervermessung von der Photogrammetrie?  
ZfV 1957, S. 288.
- /4/ Veit, H.: Katastervermessung und Photogrammetrie, ZfV 1955, S. 69.
- /5/ Braun, E.: Anfänge einer Landesvermessung in Brasilien, Mitteilungen des DWV, Landesverein  
Baden-Württemberg e.V., 1986, S. 32.
- /6/ Hampel, G.: Orthoprojektion und Grundkartenwerk 1:2 500 unter besonderer Berücksichtigung der  
Höhendarstellung, BuL 1967, S. 61.
- /7/ Hampel, G.: Topographische Landesaufnahme, Festschrift 150 Jahre württembergische Landesvermes-  
sung, Stuttgart 1968, S. 212.
- /8/ Strobel, E.: Erfahrungen mit dem Orthophoto bei der Fortführung der Topographischen Karte  
1:25 000, BuL 1969, S. 197.
- /9/ Ewig, K., Riedinger, G.: Presented Paper zu "Panel on the revision", XIII. Kongreß der Inter-  
nationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Helsinki 1976, Kommission IV, Arbeits-  
gruppe 2 (DK-Nr. 061.3 (100) (480.1) 1976 528.7.
- /10/ Kartenverzeichnis des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg, 1989, S. 28.
- /11/ Rose, A.: Die Internationale Bodenseevermessung 1986, ein Bericht über die hydrographischen  
Vermessungsarbeiten, AVN 1988, S. 49.