

DI. Rainer KALLIANY  
1040 Wien, Schaumburgergasse 11/13  
Telefon: 0664 1811098  
rainer@kalliany.at

## GUTACHTEN

### 1. AUFTRAG

Die GH Immobilienmakler GmbH (1180 Wien) hat mich beauftragt zu beurteilen inwiefern Aussagen über die Genauigkeit der Auswertung zweier Luftbild-Befliegungen aus 1997 und 2003 ihrer Grundstücke am Schafberg (1180 Wien, KG 01510 „Pötzleinsdorf“, Gst 603/32 und Nachbargrundstücke), die in zwei Gutachten getroffen werden, plausibel sind.

### 2. GEGENSTÄNDLICHE LUFTBILDER

Von der Magistratsabteilung 41 „Stadtvermessung“ wurden digitale Ausschnitts-Kopien der Luftbilder der beiden Befliegungen, auf die sich besagte Gutachten beziehen, bestellt.

Es ist das eine vor der Bauführung auf besagten Grundstück(en) durchgeführte Befliegung vom 3.4.1997 in Schwarzweiß (Bildnummern 8203 und 8204) sowie nach der Bauführung vom 4.5.2003 auf Farbfilm. Siehe nachstehende Überblicksbilder (*Norden immer „oben“*):

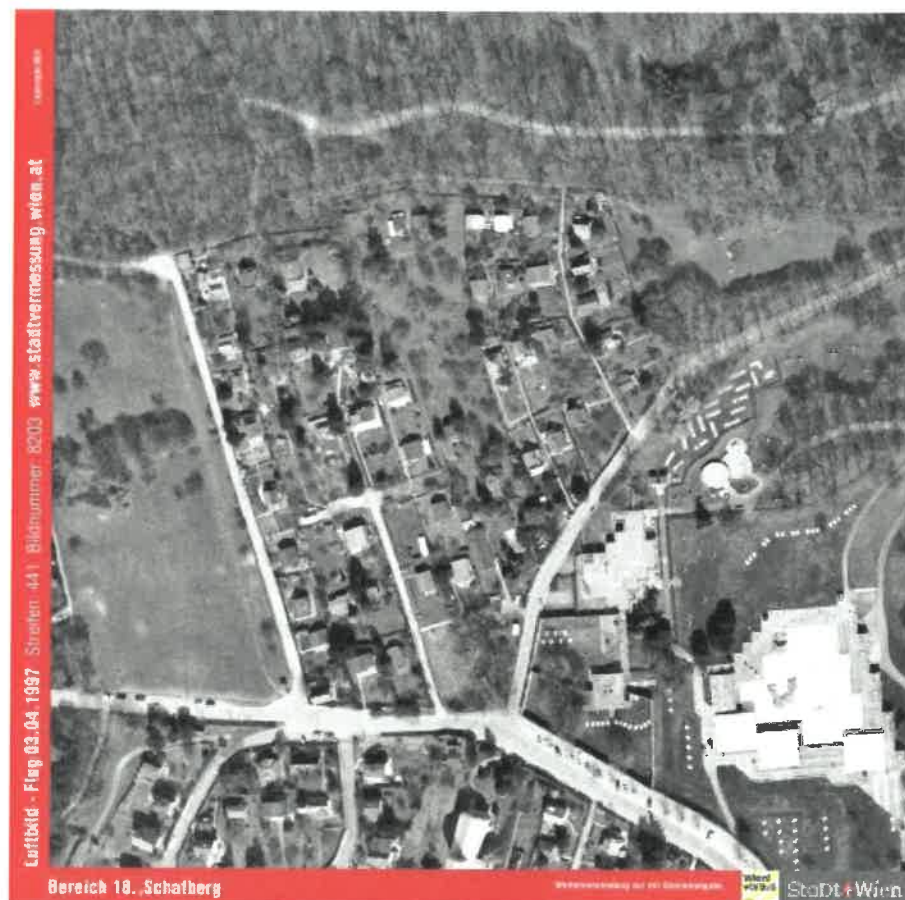


Abb.1: Bildausschnitt (ca. 400 m x 400 m) vom 3.4.1997 (Quelle: Stadt Wien, MA 41)



**Abb.2:** Bildausschnitt (ca. 400 m x 400 m) vom 4.5.2003 (Quelle: Stadt Wien, MA 41)

Es folgen Detail-Ausschnitte des gegenständlichen Gebietes aus allen beteiligten Bildern:



**Abb.3:** Detail (ca. 130 m x 80 m) vom 3.4.1997, Bild 8203 (Quelle: Stadt Wien, MA 41)



**Abb.4:** Detail (ca. 130 m x 80 m) vom 3.4.1997, Bild 8204 (Quelle: Stadt Wien, MA 41)

Bereits an dieser Stelle sei darauf verwiesen, daß die Aufnahme auf der vorigen Seite deutlich unschärfer ist als obiges Partner-Bild. Insbesondere für die Höhen-Auswertung sind aber beide Bilder erforderlich. Mehr dazu später ! Es folgen die Bilder vom Flug nach der Bauführung auf besagten Grundstück(en), diesmal auf Farbfilm. Das wirkt natürlich etwas „schöner“, hat aber kaum Auswirkung auf die erzielbaren Auswertegenauigkeiten.



**Abb.5:** Detail (ca. 130 m x 80 m) vom 4.5.2003, Bild 0649 (Quelle: Stadt Wien, MA 41)



Abb.6: Detail (ca. 130 m x 80 m) vom 4.5.2003, Bild 0650 (Quelle: Stadt Wien, MA 41)

### 3. PHOTOGRAMMETRISCHE AUFNAHME UND AUSWERTUNG

Zum Verständnis der Materie hier eine (naturgemäß stark vereinfachende) Erklärung wie solche „photogrammetrischen“ Aufnahmen erfolgen und ausgewertet werden:

Für Vermessungszwecke gedachte Luftbilder werden aus eigens adaptierten Flugzeugen aus Höhen von 1 bis 3 km über Grund mit extrem großformatigen Kameras (Filmformat „seinerzeit“ 23 x 23 cm – mittlerweile meist Digitalkameras mit noch höheren Auflösungen) möglichst exakt in senkrechter Richtung aufgenommen. Das Aufnahmegebiet wird in konstanter Höhe entlang gerader Linien abgeflogen, wobei die Abstände der Aufnahmen so gewählt werden daß die aufeinanderfolgenden Bilder einander zu ca.60% überlappen. Dadurch zeigen die im Anstand von wenigen Sekunden geschossenen Photos zur Hälfte dasselbe Gebiet, allerdings von Aufnahme-Orten die beträchtlich (bei den vorliegenden Flügen sind es ca. 600 m) auseinander liegen. Daher ergeben sich für die identen Gebiete leicht unterschiedliche Perspektiven und zwei Bilder ergeben bei geeigneter Betrachtung einen Stereo-Effekt - *siehe dazu die folgenden Stereo-Beispiele. Dieses Phänomen wird in der digitalen Welt unter den Schlagworten „3D“ / „Virtual Reality“ zunehmend populär.*

Für die Auswertung müssen in hochpräzisen (früher optisch-mechanischen, jetzt digitalen) Mess-Apparaturen die Bilder möglichst exakt entsprechend ihrer Lage zum Zeitpunkt der Aufnahme (die Positionen im Luftraum mit vor allem allen Neigungswinkeln mit höchster Genauigkeit) eingerichtet werden. Dazu sind „im Prinzip“ pro Bild 6 Referenzpunkte notwendig, deren genaue Lage und Höhe am Boden vermessen wurde und die im Bild eindeutig lokalisiert werden können. Glücklicherweise gibt es für große Bildblöcke (wie es eine Gesamt-Befliegung von Wien mit gut 1000 solcher Aufnahmen ist) rationellere Methoden um diese Aufgabe zu lösen. Aber es bleibt ein Faktum, dass die Vorbereitung der Auswertung jedes Bildpaares eine sehr anspruchsvolle und aufwändige Aufgabe ist.

Im „klassischen“ Auswerte-Verfahren (das bisher nur ansatzweise automatisiert werden konnte) bewegt ein Operateur eine virtuelle 3D Marke durch das Stereo-Bild und digitalisiert somit die Lage von (im Optimalfall möglichst markanten) Punkt-Objekten (z.B. Mauerecken), linienförmigen Strukturen (z.B. Straßenränder) oder Höhenschichten-Linien.

Letzteres ist die vergleichsweise „unsicherste“ Form der Kartierung, weil bei Höhenlinien nicht einer sichtbar vorgegebenen Linie gefolgt wird, sondern der Operateur diese selber „suchen“ und definieren muss: Er (oder sie) versucht den auf das Niveau der jeweiligen Höhenlinie eingestellten virtuellen Messpunkt entlang dem natürlichen Gelände zu führen. Das ist je nach Bodenbeschaffenheit, Bodenbewuchs oder dem Vorhandensein von Gebäuden unterschiedlich leicht und gut zu bewerkstelligen. Auf einem gemähten Rasen funktioniert es meist sehr gut; bei hohem Gras, oder typischer „Garten-Vegetation“ (Blumenbeete, Büsche) muß der Operateur solche unsicheren Zonen möglichst „plausibel“ überbrücken. Hier kommt es auf Erfahrung und Routine sowie auch die individuelle Interpretation der Geländeform durch die auswertende Person an.

Besonders schwierig wird es unter Bäumen, wo im Falle der vollen Belaubung der Boden gar nicht gesehen werden kann. Da kann man nur am Waldrand oder einer Lichtung die Baumhöhe messen und dann vom Niveau des Kronendachs (das relativ gut gemessen werden kann) auf das darunterliegende Gelände schließen. Naturgemäß können in solchen Fällen Detailformen (wie einzelne Gräben oder Böschungen) nicht erfasst werden. *[Anmerkung: Hier kann nur ein „Airborne Laser-Scanner“ ALS bessere Resultate liefern. So eine – besonders aufwändige - Befliegung wurde in Wien aber erst 2007 durchgeführt.]*

Zur Veranschaulichung wird nun versucht die bereits vorgestellten Bildausschnitte als sogenannte „Stereo-Paare“ wiederzugeben. Wir beginnen diesmal mit dem Flug von 2003:



**Abb.7:** Stereopaar-Ausschnitt zum Flug vom 4.5.2003, links Bild 0649, rechts Bild 0650.

*Dazu gleich vorweg: Sollten Sie die Abb.7 und 8 auch mit nachstehender Anleitung nicht stereoskopisch (also räumlich, in „3D“) sehen, ist das nicht ungewöhnlich; die meisten schaffen es nicht (zumindest nicht auf Anhieb). Aber den Versuch ist es wert, weil wenn es klappt ist der Effekt wirklich verblüffend und vor allem für unseren Fall höchst instruktiv ...*

Betrachten Sie obiges „Doppelbild“ nicht fokussiert, sondern zunächst „wie in weite Ferne“ (umgangssprachlich „ins Narren-Kastl“). Zuerst sehen Sie 2-4 unscharfe Bilder gleichzeitig („wie ein Besoffener“). Konzentrieren Sie sich auf ein Detail (z.B. das schattenwerfende graue Pult-Dach) und versuchen Sie sein „Doppelbild“ zur Deckung zu bringen. Sollte das gelingen, dann sehen Sie plötzlich in der Mitte ihres Sehfeldes alles dreidimensional „wie eine Modellbahn-Landschaft“; die „Schattenbilder“ links und rechts davon bitte ignorieren.

Was ist hier passiert ? Nun – das linke Bild wurde auch vom Flugzug aus „links“ und das rechte mehr von „rechts“ aufgenommen. Wenn man genau hinschaut (noch besser in den größeren Abb. 5 und 6) merkt man das an der Detail-Abbildung der einzelnen Häuser oder Bäume. Die sind im linken Bild ziemlich senkrecht von oben, im rechten Bild aber alle etwas mehr von der rechten Seite her abgebildet. Augenfällig ist das beim Haus mit dem grauem Pult-Dach das im rechten Bild einen Teil des eigenen Schattens verdeckt.

Wenn Sie das Stereo-Sehen „geschafft“ haben, dann haben Sie buchstäblich „parallel“ gleichzeitig mit dem linken Auge nur auf das linke Bild und mit dem rechten auf das rechte Bild geblickt. *(Das ist nicht auf Anhieb gegangen, weil wenn wir auf etwas im Nahbereich fokussieren wir gleichzeitig beide Aug-Achsen darauf konzentrieren, also konvergent statt parallel ausrichten.)* Somit hat Ihr Gehirn, das die optische Informationen verarbeitet, von beiden Augen verschiedenen Bilder bekommen, die sich um kleine Perspektiv-Differenzen unterscheiden, was vom Sehzentrum automatisch als „3D“-Information interpretiert wird. Also sehen Sie die Gartensiedlung wie ein Riese (dessen Augen entsprechend den Aufnahmeorten der Bilder 600m auseinander sind) welcher eine „Liliputaner-Landschaft“ aus der Nähe betrachtet. Dass aufgrund der geometrischen Verhältnisse dabei alle Objekte deutlich höher aussehen als in der Natur ist für die Auswertung eher von Vorteil.

Wozu diese „Übung“ ? Ich hoffe, daß Sie dadurch eine Ahnung bekommen haben, wie ein Operateur in so einem „Modell“ (das er/sie mit 3D-Brillen an einem großen Bildschirm natürlich viel größer und detailreicher sieht) messen kann. Häuser und Straßen sind meist klar ersichtlich und definiert; bei Büschen und Bäumen wird es schon weniger genau und beim Gelände sieht man zwar deutlich dass es nach Süden abfällt, aber die Details sind (nicht zuletzt durch die hier vorherrschenden Häuser, Wege, Büsche, Bäume) oft verdeckt.

Unter diesem Aspekt betrachten wir nun auch die ältere Aufnahme mit derselben Methode. *[Anmerkung: Diese Stereo-Bildpaare können hier nicht größer abgedruckt werden, weil Sie nicht viel mehr als der übliche Augenabstand – ca. 65 mm – auseinander sein dürfen]*



**Abb.8:** Stereopaar-Ausschnitt zum Flug vom 3.4.1997, links Bild 8204, rechts Bild 8203.

Wenn Sie Abb.8. stereoskopisch sehen wird Ihnen wahrscheinlich im Norden der lichte (da gut 1 Monat früher in der Jahreszeit als 2003) noch weitgehend unbelaubte Wald auffallen. Im Stereo-Bild ermöglicht das nur scheinbar den Blick auf den Boden, aber das kahle Astwerk (das hier in dieser Darstellung nicht aufgelöst werden kann) ist sehr irritierend. Das kann auch ohne 3D-Effekt in den Einzelbildern (in diesem Fall besser in den deutlich größeren Wiedergaben der Abb. 3. und 4.) nachvollzogen werden. Vor allem ist nördlich des „Altbaus“ deutlich eine dichte hohe Buschreihe zu sehen, die das Gelände verdeckt.

#### 4. ZUM GUTACHTEN DER MA 41

Die im Gutachten der MA 41 / Stadtvermessung vom 21.10. 2016 von DI. Lehner dargelegten formalen Berechnungen erscheinen korrekt und plausibel:

- 1) Die der Berechnung zugrundeliegenden angegebenen Flugparameter (Kamera mit 21 cm Brennweite, Filmformat 23x23cm, 60% Überdeckung aufeinanderfolgender Aufnahmen, Flughöhe im betrachteten Gebiet ca. 1425 m über Grund) konnten anhand der Bildflugdatenbank des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen BEV als für beide Flüge (sowohl 1997 als auch 2003) gültig verifiziert werden
- 2) Die Parameter wurden auf die aus dem Standardwerk „Photogrammetrie, Band 1“ von Karl Kraus entnommenen Genauigkeits-Formeln korrekt angewendet.

Somit kommt das Gutachten auf folgende Höhengenaugkeiten:

Signalisierte Punkte:  $\sigma = +/- 9\text{cm}$   
Höhenlinien:  $\sigma = +/- 42\text{ cm}$

Unter „signalisierte Punkte“ sind eindeutig definierte (oft künstliche) Objekte zu verstehen. Wie die Vergleichsmessungen im MA41-Gutachten und bei Prof.Priebornig (siehe 5.) zu belegen scheinen dieser Wert entsprechend den für beide Flüge weitgehend identen Parametern nicht unrealistisch sein. Wobei allerdings beim Flug 1997 auf die Unschärfen in Bild 8203 (siehe Abb.2) hinzuweisen ist, welche die Definitionssicherheit verschlechtern. Für 1997 ist daher eine Verminderung um 20% auf  $\sigma = +/- 11\text{cm}$  anzusetzen.

Auch was die „Höhenlinien“ betrifft müssen beim Flug 1997 wegen schlechter Bildqualität des einen Bildes entsprechende Abstriche gemacht werden. Dazu kommt aber vor allem, daß in einem für den gegenständlichen Streitfall kritischen Bereich nördlich des ehemaligen Gebäudes durch Garten-Bäume und dichtes Buschwerk die Geländehöhe sicher nicht mit der formalen Genauigkeit  $\sigma = +/- 42\text{ cm}$  erfasst, sondern teilweise nur „geschätzt“ werden konnte. Hier ist daher eine Verschlechterung von mindestens 50%, auf einen Wert von  $\sigma = +/- 63\text{ cm}$  anzusetzen.

#### 5. ZUM GUTACHTEN VON PROF.PRIEBORNIG

Im Gutachten von Prof. Priebornig vom 16.12.2016 werden aus der Sicht des Architekten diverse Profile zur Berechnungen der Gebäude-Höhe aus einer Fassaden-Abwicklung gezeigt, die ich nicht ganz nachvollziehen kann. Einerseits erscheint mir die Lage und Form des Alt- bzw. Neubaus nicht mit allen Details wiedergeben zu sein (was durch eine entsprechende photogrammetrische Neu-Auswertung verifiziert werden könnte). Vor allem aber sind die Annahmen zur Form und Genauigkeit des „alten“ Geländes zu hinterfragen.

Nach allen meinen allgemeinen Aussagen zu den beiden Bildflügen sowie dann spezieller zu den Angaben im Gutachten der MA 41 ist bei Prof. Priebornig auf einen fundamentalen Irrtum hinzuweisen, der sich im Gutachten auf der letzten Seite, vor „4. Beilagen“ findet: Dort ist davon die Rede, dass die MA 41 eine „Höhengenaugkeit des Geländes 1997 von +/- 9cm“ bestätigt habe - was allerdings keinesfalls zutrifft !! Vielmehr hat die MA 41 für Höhenlinien und somit für das Gelände  $\sigma = +/- 42\text{ cm}$  veranschlagt. Diesen Wert habe ich zwei Absätze weiter oben - nur was die 1997-Daten betrifft, die ja das „alte“ Gelände repräsentieren sollen - angezweifelt und dementsprechend auf  $\sigma = +/- 63\text{ cm}$  abgewertet.

## 6. ZUR BEDEUTUNG DES VERWENDETEN GENAUIGKEITSMASSES

Wie erwähnt stimmen prinzipiell die Genauigkeitsangaben im Gutachten der MA41, wenn auch mit den von mir erwähnten Abstrichen wegen Bildqualität und -inhalt im Flug 1997.

Für den photogrammetrischen Laien muss allerdings an dieser – vorletzten – Stelle endlich erklärt werden was diese Genauigkeiten überhaupt besagen. Es handelt sich nämlich durchwegs um „mittlere Fehler“ gemäß  $\sigma=1$  der „Gauß’schen Normalverteilung“.

Jede korrekte (also nicht Fehlern im Rechenmodell behaftete) Messung ist ein „zufälliges“ Ereignis, das sich entsprechend der Gauß’schen Normalverteilung verhält. Nur durch oftmalige Wiederholung der Messung kann man sich dem „richtigen“ Wert annähern. Entsprechend ihrer „Glockenkurven“-Form massieren sich dann die „Treffer“ um den Mittelwert  $\mu$ , der somit die bestmögliche „Schätzung“ für den „wahren“ Wert darstellt.

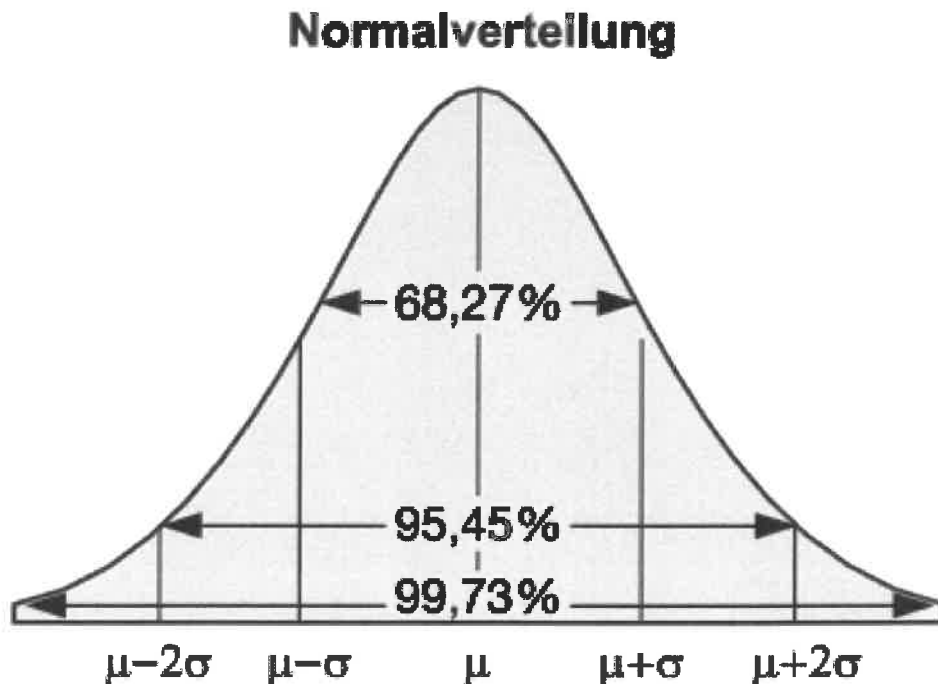


Abb. 9: „Normalverteilung“ (von Udo Kamps) aus dem Online Gabler Wirtschaftslexikon <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/normalverteilung.html>

Wie Abb.9 veranschaulicht liegen bei der Normalverteilung statistisch gesehen 68,27% aller zu erwartenden Werte innerhalb von  $\pm \sigma$ . Das ist aber der Wert von dem in allen bisherigen Genauigkeits-Angaben (auch bei meinen darauf aufsetzenden vereinzelt Korrekturen „nach Unten“) die Rede gewesen ist !

Erst wenn man den doppelten Wert nimmt hat man mit 95,45% eine „Sicherheit“ dass keine 5% der möglichen Werte außerhalb dieses Intervalls liegen; erst bei  $3 \sigma$  ist die „Ausreißer“-Wahrscheinlichkeit deutlich unter 1 % gesunken.

Je genauer eine Messung oder Messmethode ist, desto kleiner ist das entsprechende  $\sigma$ . Aber das Grundprinzip bleibt bestehen, dass jede einzelne Messung (oder jeder auftretender Wert) innerhalb dieses Rahmens ein Zufalls-Ereignis ist und dabei durchaus auch deutlich außerhalb von  $\pm \sigma$  liegen kann.



## 7. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Gegenüber den beiden vorliegenden Gutachten der MA 41 und von Prof. Prieberinig ergeben sich im Wesentlichen folgende neuen Aspekte:

- 1) Die Genauigkeit der Höhen in der Auswertung des Fluges 1997 ist keinesfalls mit dem Wert für „Signalisierte Punkte“  $\sigma = \pm 9$  cm sondern vielmehr zumindest mit dem nominellen (aus Flugparametern abgeleitete) Wert für Höhenschichtenlinien von  $\sigma = \pm 42$  cm anzusetzen.
- 2) Wegen teils schlechter Qualität eines der beiden Stereopartner und – nördlich des ehemaligen Gebäudes auf Gst 603/32 - nicht sichtbarem Boden ist dort mit teilweise um 50% schlechteren Höhengenaugigkeiten also  $\sigma = \pm 63$  cm zu rechnen.
- 3) Bei allen Genauigkeitsangaben ist zu beachten, daß es sich um „mittlere Fehler“  $\sigma$  im Sinne einer Normalverteilung handelt. Das heißt, daß statistisch gesehen zu erwarten ist, daß 31,7 % aller möglichen Werte außerhalb dieses Intervalls liegen.
- 4) Bei allen Berechnungen von Gebäudehöhen etc. welche auf dem Niveau des „alten“ (aus dem Flug 1997 abgeleiteten) Geländeniveau beruhen sind die Genauigkeiten und Fehler-Intervalle gemäß 1) bis 3) in Betracht zu ziehen.

Wien, 15. 2. 2017



**DI. Rainer KALLIANY**  
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger  
für (u.A.) „Fachgebiet 48.03“ Fotogrammetrie