



AK GT
Unterlage <b>1039R4</b>
32. Tagung
<b>TOP 2.3.1</b>

**Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen  
der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)**

## **Leitfaden**

### **Ausschreibung Airborne Laserscanning**

**Version 1.4**

Status:

- 32. Tagung AdV-Arbeitskreis Geotopographie, Beschluss GT 2019/12
- 31. Tagung AdV-Arbeitskreis Geotopographie, AK-Beschluss 31/09
- 30. Tagung AdV-Arbeitskreis Geotopographie, AK-Beschluss 30/03
- 26. Tagung AdV-Arbeitskreis Geotopographie, AK-Beschluss 26/12
- 25. Tagung AdV-Arbeitskreis Geotopographie, AK-Beschluss 25/09

---

**Bearbeitet von der Projektgruppe 3D-Geobasisdaten  
im AdV-Arbeitskreis Geotopographie**

**Bearbeitungsstand: 25.03.2019**

---

**Herausgegeben von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)**

Das vorliegende Dokument ist unter der Federführung des AdV-Arbeitskreises Geotopographie von der Projektgruppe ATKIS-DGM/DOM erarbeitet und nachfolgend von der Projektgruppe 3D-Geobasisdaten fortgeschrieben worden. Es wurde vom Arbeitskreis mit AK GT-Beschluss 25/09 verabschiedet und zuletzt mit Beschluss GT 2019/12 fortgeführt.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

## Leitfaden zur Ausschreibung eines Airborne Laserscanning als Grundlage zur Herstellung von ATKIS-DGM/DOM

### Vorbemerkungen

	1	Der vorliegende Leitfaden zur Ausschreibung eines Airborne Laserscanning als Grundlage zur Herstellung von ATKIS-DGM/DOM beruht auf Erfahrungen aus den Bundesländern sowie der Bundesanstalt für Gewässerkunde und wird kontinuierlich gepflegt.
	2	Die Textpassagen sind individuell an die Erfordernisse der Mitgliedsverwaltungen, insbesondere an geltende Rechtsvorschriften (z.B. VOL) anzupassen.
	3	Nicht alle Textpassagen sind zwingend erforderlich. Sie dienen lediglich zur Orientierung.
	4	Die vorliegenden Textpassagen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### 1. Planung und Beauftragung der ALS-Befliegung

<b>Veranlassung</b>	1	Vorrangiges Ziel soll die Gewinnung von hochauflösenden Höhendaten und die Erstellung von ATKIS-DGM nach AdV-Produkt- und Qualitätsstandard in der jeweils aktuellen Fassung sein. Des Weiteren werden die Daten auch für die Erstellung von Oberflächenmodellen (DOM) und 3D-Gebäudemodellen benötigt.
<b>Angaben im Angebot</b>	1	Mit dem Angebot ist ein projektvergleichbarer <b>Referenzdatensatz</b> nach den Kriterien dieser Leistungsbeschreibung zu liefern. Die Testdaten sollen Gebiete von ca. x km <sup>2</sup> mit Siedlungsflächen, dichter Vegetation und bewegtem Gelände enthalten. Die Testdaten sind auf einem geeigneten gebräuchlichen Datenträger zur Verfügung zu stellen.
	2	Den Anbietern ist ein eigener unklassifizierter Testdatensatz zur Bearbeitung zur Verfügung zu stellen. <i>(Die Ergebnisse der Testklassifizierung sind so objektiv statistisch mit dem Referenzdatensatz der Vermessungsverwaltung vergleichbar.)</i>
	3	Anzahl und Art der einzusetzenden <b>Flugzeuge</b>
	4	Anzahl der einzusetzenden <b>Scanner</b> , Typ mit Seriennummer, Baujahr, technische Parameter <i>(Pulsfrequenz, Scanwinkel, Streuung des Messpunktes, messbare Echos)</i>
	5	Angaben zum <b>GNSS/INS</b> -System, Typ und Genauigkeit
	6	Angaben zum Zugriff auf die <b>Ressourcen</b> zu (2) und (3) mit ihrer Reaktionszeit
	7	Nachweis der Beibehaltung der <b>Kalibrierungswerte</b>
	8	Angaben zum auftragsbezogenen technischen <b>Workflow</b> incl. Besonderheiten und Maßnahmen zur Qualitätskontrolle. Als Projektplanungsbericht sind eine Zeitplanung und detaillierte Beschreibung des Arbeitsablaufes in technologischen Teilschritten <i>(ggf. incl. Zertifikate)</i> mit dem Angebot einzureichen. Mindestens folgende Teilschritte sind zu beschreiben: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebietsplanung/Losplanung <i>(Flugplanung mit Angaben zur Planungssoftware)</i></li> <li>- Angaben zum Laserscanning entsprechend der Leistungsbeschreibung <i>(Flug, Messpunktdichte, Lage- und Höhengenaugigkeit der transformierten 3D-Koordinaten im Zielsystem, Laserwiederholrate, Scanfrequenz, Maximaler Scanwinkel, Effektiver Scanwinkel nach Abzug der Streifenüberlappungen, Mittlere Flughöhe, Mittlere Fluggeschwindigkeit, Angabe der Streifenbreite, Angabe der Querüberdeckung, Durchmesser des Laserstrahls am Boden, Anzahl und Art der Echos, Erfassen der Reflexionsintensität (Verfahrensbeschreibung))</i></li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherstellung und Nachweis der flächendeckenden Aufnahme des Befliegungsgebiet</li> <li>- Verfahren der GNSS/INS-Auswertung</li> <li>- Verfahren der Laserrohdatenprozessierung</li> <li>- Verfahren der Flugstreifenausgleichung (<i>inkl. Verhinderung oder Minimierung von Offset-Fehlern</i>)</li> <li>- Klassifizierung der Laserrohdaten</li> <li>- Nachweis der erreichten Punktdichte</li> <li>- Menge und Art der benötigten Referenzobjekte</li> <li>- Verfahren zur Prüfung der Lage- und Höhengenaugigkeiten der Messpunkte in den Referenzobjekten</li> </ul>
	9	Angaben zur <b>Umsatzentwicklung</b> der letzten drei Geschäftsjahre im Unternehmen bzw. Unternehmenszweig, der für die Auftragsvergabe relevant ist
	10	Anzahl der festen und freien <b>Mitarbeiter</b> mit einer Aufschlüsselung in technische Entwicklung, Projektierung/Konzeption, Pflege, Schulung und Support sowie einer Aufschlüsselung nach Qualifikationen. Darstellung der Arbeitsschwerpunkte mit entsprechender Zuordnung zur geforderten Leistung
	11	Darstellung des Firmen <b>leistungsspektrums</b> mit entsprechender Zuordnung zur geforderten Leistung
	12	Beschreibung der hard- und softwaretechnischen <b>Ausrüstung</b> des Unternehmens
	13	Liste der wesentlichen in den letzten drei Jahren erbrachten, mit dem Auftragsgegenstand vergleichbaren Leistungen jeweils mit Projektbeschreibung, Angabe des Rechnungswertes, Angabe der Leistungszeit und Angaben darüber, ob es sich um einen öffentlichen oder privaten Auftraggeber gehandelt hat ( <b>Referenzliste</b> )
<b>Unterlagen des Auftraggebers</b>	1	<p>Dem Auftragnehmer (AN) werden kostenfrei und nach Absprache folgende Unterlagen für den Projektzeitraum zur Verfügung gestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- GNSS-Daten der <b>SAPOS</b>-Stationen (<i>RINEX, 1 Hz, ETRS89</i>)</li> <li>- Ausweisung des Flug- bzw. <b>Bearbeitungsgebietes</b> in grafischer und digitaler Form</li> <li>- <b>Geoidundulation</b> des Projektgebietes</li> <li>- Beschreibung der <b>Zielsysteme</b> (<i>Ellipsoidparameter, Projektion</i>)</li> <li>- Gebäudeumringe aus dem amtlichen Liegenschaftskataster (<i>ALKIS</i>)</li> <li>- Umringe anderer Objektarten, z.B. Brücken</li> <li>- Kartenmaterial</li> <li>- Referenzdaten zur Feingeoreferenzierung nach individueller Absprache (<i>Anzahl, Größe, Lage und Dichte</i>)</li> <li>- Digitale Orthophotos (<i>DOP</i>)</li> <li>- Digitales Geländemodell (<i>DGM25,...</i>)</li> </ul>
<b>SAPOS</b>	1	Der Auftraggeber (AG) stellt den Betrieb der benötigten SAPOS-Referenzstationen während der Flugsessionen sicher. Die Daten werden mit einer Rate von 1 Hz aufgezeichnet und sind im RINEX-Format auf Datenträger bzw. per Download beim Auftraggeber abrufbar.
	2	Die Korrekturdaten der SAPOS-Referenzstationen des Landes xx können kostenfrei bereitgestellt werden. Die ggf. bei der Nutzung der SAPOS-Stationen anderer Bundesländer entstehenden Kosten sind vom Auftragnehmer zu tragen.

	3	Der geplante Einsatz von SAPOS-Referenzstationen oder virtuellen Referenzstationen ist im Vorfeld gegenüber dem Auftraggeber anzuzeigen.
	4	Bei nicht ausreichender Deckung von Gebieten durch SAPOS-Stationen müssen Referenzstationen auf geodätischen Grundnetzpunkten für die Datenerfassung vom Auftragnehmer aufgestellt und betreut werden.
<b>Flugplanung</b>	1	Im Rahmen der Angebotsabgabe ist eine Grobplanung abzugeben.
	2	Die detaillierte Flugplanung des AN bedarf vor der Befliegung der Freigabe durch den AG. Zu diesem Zweck sind die geplanten Flugstreifen digital und georeferenziert vorzulegen.
	3	Die vom AG freigegebene Flugplanung ist Vertragsbestandteil. Etwaige Änderungen müssen dem AG vor Flugdurchführung vorgelegt werden. Der AG behält sich vor, der Änderung nicht zuzustimmen.
<b>Projektkommunikation</b>	1	Der AN benennt einen technischen Projektleiter als alleinigen Ansprechpartner für den Auftraggeber.
	2	Der AG benennt jeweils einen technischen und vergaberechtlichen Ansprechpartner.
	3	Alle Arbeiten sind in enger Abstimmung mit dem AG durchzuführen.
	4	Nach Auftragserteilung setzt der AG ein Projektgespräch an, in dem die Inhalte der Leistungsbeschreibung zwischen AG und AN intensiv besprochen werden. Die Besprechung erfolgt am Sitz des AG. Sollte der AN einen anderen Besprechungsort wünschen, so sind die erforderlichen Reisekosten durch den AN zu tragen.
<b>Vertragsstrafe</b>	1	Werden die Leistungen zu den vereinbarten Terminen nicht oder nicht mängelfrei in gehöriger Weise erbracht und hat der AN dies zu vertreten, so ist der AG berechtigt, vom AN neben der Erfüllung der vereinbarten Leistung die Zahlung der Auftragssumme zu mindern. Im Falle der Überschreitung von Ausführungsfristen beträgt die Vertragsstrafe für jeden Kalendertag 0,1 % der Leistung, die nicht genutzt werden kann. Die Vertragsstrafe aufgrund von Verzug beträgt maximal 5 % der Bruttoauftragssumme ( <i>Obergrenze</i> ). Das Auftreten offensichtlicher Fehler ist gesondert zu betrachten. Verzug und offensichtliche Fehler sollten konsequent geahndet werden, um den Markt nach besten Möglichkeiten zu regulieren und Fairness einzufordern.
<b>Bewertungskriterien des Angebotes</b>	1	Technische Leistungsfähigkeit
	2	Lichtpunkt über Grund {Spot} [m]; $D [m] = hf [m] * B / 1000 [rad]$ $\leq 0,3m: 10P;$ $\leq 0,4m: 5P;$ $\leq 0,5m: 0P$ $> 0,5m: A$ <i>D = Durchmesser des Lichtpunktes</i> <i>hf = Flughöhe über Grund entspricht AGL (above ground level) bzw. HGT (height)</i> <i>B = Öffnungswinkel</i> <i>P = Bewertungspunkte</i> <i>A = Ausschluss</i>
	3	Scan Winkel effektiv ( $\alpha_{eff}$ ) {field of View effective} [deg]; $\alpha_{eff} [deg] = 2 * \arctan (x [m] / (2 * hf [m]))$ $\leq 25^\circ: 10P;$ $\leq 35^\circ: 5P;$ $\leq 45^\circ: 0P;$ $> 45^\circ: A$

		<p>x = Streifenbreite</p> <p>4 Struktur und Ablage des Referenzdatensatzes und / oder Testdatensatzes (jeweils):</p> <p><i>vollständig / 10P;</i> <i>(entsprechend der Leistungsbeschreibung)</i></p> <p><i>geringfügig unvollständig / 5P;</i> <i>(ein fehlender Datensatz);</i></p> <p><i>unvollständig / 0P</i> <i>(zwei oder mehr fehlende Datensätze)</i></p> <p>5 relative Lage- und Höhenfehler zwischen den Flugspuren im Referenzdatensatz</p> <p><math>\leq 0,20m / 10P;</math></p> <p><math>&gt; 0,20m / 5P;</math></p> <p><math>\geq 0,30m / A</math></p> <p>6 Klassifikation im Referenzdatensatz und / oder Testdatensatz (jeweils):</p> <p><i>fehlerfrei und vollständig / 10P;</i></p> <p><i>bis zu max. 3 Objektfehlern / 5P;</i> <i>(Brücken, -ansätze, Bewuchs, Gebäude, ...);</i></p> <p><i>mit strukturellen, in der gesamten Datenkachel vorhandenen Fehlern / 0P</i> <i>(Böschungen, Niedrigbewuchs, Gebäudebasis, ...)</i></p>
<b>2. Durchführung der ALS-Befliegung</b>		
<b>Verantwortung</b>	1	Der AN trägt die Verantwortung für die Befliegung, die Datenerhebung und die Datenaufbereitung.
<b>Laserscanner</b>	1	Die Kalibrierung des Scanners muss vom AN durch ein <b>Kalibrierungszertifikat</b> des Herstellers nachgewiesen werden. Die Gültigkeit der geometrischen Kalibrierung zum Zeitpunkt des Fluges ist entweder durch eine Validierungsprüfung nachzuweisen, die nicht länger als ein Jahr zurückliegen darf, oder durch eine erneute Kalibrierung, die nicht länger als zwei Jahre zurückliegen darf.
	2	Die Datenerfassung darf ausschließlich mit <b>einem Laserscanner</b> -System erfolgen, welches simultan mindestens <b>x</b> Echo-Klassen aufzeichnet.
<b>Messpunktgenauigkeit</b>	1	Alle Maßnahmen zum Erreichen der geforderten Genauigkeiten werden im erforderlichen Umfang <b>eigenverantwortlich</b> durch den AN getroffen.
	2	Die anzustrebende absolute erweiterte <b>Objektpunktunsicherheit*</b> darf U95 (p= 95%) nicht unterschreiten.
	3	<p><i>(* gemäß: Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen; Deutsche Übersetzung des „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“, Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1. Auflage 1995, Beuth Verlag GmbH, Berlin, Wien, Zürich)</i></p> <p>Die absolute Objektpunktunsicherheit der Primärdaten richtet sich nach den Spezifikation des AdV-Standards für das DGM1</p> <p><b>Lage:</b> <math>U_y = U_x \text{ cm}</math></p> <p><i>(x richtet sich nach den Spezifikation des AdV-Standards für das DGM)</i></p>

	4	<b>Höhe:</b> Uh cm <i>(x richtet sich nach den Spezifikation des AdV-Standards für das DGM)</i>
	5	Der Durchmesser des <b>Spots</b> des Laserstrahls am Boden darf 0,x m nicht überschreiten.
	6	Für das Vorhaben ist eine Technologie einzusetzen, die dem heutigen Stand der Technik entspricht und insbesondere außergewöhnlich hohe Anforderungen hinsichtlich der Genauigkeit erfüllt.
<b>geometrische Auflösung</b>	1	Die Befliegung hat mit einer <b>Messpunktdichte</b> von mindestens <b>x</b> P/m <sup>2</sup> (Last-/Only-Return) in allen Bereichen des Flugstreifens zu erfolgen.
	2	Der maximale Punktabstand darf <b>x</b> cm längs und quer zur Flugstreifenanordnung nicht überschreiten.
	3	<b>Abweichungen</b> sind nur in Bereichen reflektierender Oberflächen zulässig, die unvermeidbar sind. <i>(Gewässer, Solaranlagen, Glasdächer/-fassaden, glasierte und sonstige reflektierende Dachbedeckungen, ...)</i>
	4	Die Punktdichte muss mit nur einem Flugstreifen und mit nur einem Laserscanner erreicht werden. Dies ist durch die technische Spezifikation des Lasers ( <i>Messrate, Öffnungswinkel, usw.</i> ) nachzuweisen.
	5	Eine Punkt- <b>Homogenität</b> über das gesamte Aufnahmegebiet muss gewährleistet sein.
<b>meteorologische, hydrologische und botanische Rahmenbedingungen</b>	1	Die Befliegung ist bei überwiegender Laubfreiheit durchzuführen ( <i>November - März</i> ) und beginnt nach dem ersten stärkeren Bodenfrost.
	2	Die Messqualität darf nicht durch Wolken, Nebel, Dunst oder Rauchgase beeinträchtigt sein.
	3	Die Windgeschwindigkeiten zum Befliegungszeitpunkt dürfen keinen Einfluss auf die Qualität der Aufnahme haben.
	4	Das Befliegungsgebiet muss frei von Hochwasser, Schnee und Eis sein ( <i>Pegel bzw. Parameter müssen gebietsabhängig, individuell und im Voraus festgelegt sein</i> ).
	5	Es sind Pegel-/ Tidendstände einzuhalten. Hochwasserwarnstufen, NW-Stände Eine Befliegung während eines Hochwassers oder bei überfluteten Flächen ist nicht zulässig. Hochwasser ist als die zeitlich begrenzte Überschwemmung von normalerweise nicht mit Wasser bedecktem Land durch oberirdische Gewässer definiert (§ 72 WHG). Nach dieser Legaldefinition fallen also auch schon kleinere Ausuferungen unter den Begriff Hochwasser. Das reguläre Fluss- und Bachbett muss klar erkenn- und abgrenzbar zum sonstigen Gebiet sein. Als Anhaltspunkt für diese Grenze ist der Übergang zwischen Sand, Schotter, Schilf zu Grasflächen bzw. immergrüne Retentionsflächen in unmittelbarer Nähe der Fluss- und Bachbetten zu sehen. Als Entscheidungshilfe kann die Hochwassermeldestufe 1 an den entsprechenden Flussläufen genutzt werden. Eine Befliegung bei einem Pegelstand über der Meldestufe 1 abzüglich 20% ist nicht zulässig! Nach Möglichkeit ist auf Niedrigwasserstände Rücksicht zu nehmen.
	6	Sollten partiell kleinere Flächen mit Reif und/oder Nässe bedeckt sein, muss der Datensatz trotzdem noch flächendeckend zur Ableitung des DGM und eines DOM ( <i>jeweils ein 1m-Gitter</i> ) geeignet sein.
<b>Konfiguration des Befliegungsgebietes</b>	1	Es wird ein Befliegungszeitraum festgesetzt (vom <b>xx</b> bis <b>xx</b> ).
	2	Die individuelle Freigabe einer jeden Befliegung durch den AG ist vom AN zu beachten. Telefonisch erteilte Freigaben werden per Mail bestätigt.
	3	Der AG behält sich eine Verlängerung der Befliegungsfrist vor. Ein Rechts-

		anspruch darauf besteht nicht.
	4	Der Befliegungsauftrag erlischt ohne Setzen einer Nachfrist mit Ablauf des letzten Tages des gesetzten Befliegungszeitraums beziehungsweise der eingeräumten Verlängerung. Tritt dieser Fall ein, wird der AN vom AG davon schriftlich in Kenntnis gesetzt.
	5	Der AN hat das Recht, ausgeführte Befliegungen innerhalb des Befliegungszeitraumes nachzubessern oder zu wiederholen. Der AG ist von dieser Absicht unverzüglich zu unterrichten.
	6	Über Flugbeschränkungen im Befliegungsgebiet hat sich der AN selbst zu informieren.
<b>Flugfreigabe</b>	1	Erst nach Freigabe durch den AG kann mit der Laserscannerbefliegung begonnen werden. Die Freigabe ist im Wesentlichen von meteorologischen, hydrologischen und botanischen Bedingungen abhängig.
<b>Flugdurchführung</b>	1	Die <b>Flugstreifenlänge</b> orientiert sich an den technischen Vorgaben des Inertialsystems in Kombination mit den Genauigkeitsvorgaben. Ein nicht vertretbarer Qualitätsverlust der Messungen durch eine überhöhte Flugstreifenlänge ist auszuschließen.
	2	Die Befliegung muss mindestens einen Tag vor Durchführung einer Kontaktperson des AG telefonisch, per E-Mail oder per Fax gemeldet werden, damit ggf. eine Überprüfung der <b>Bedingungen vor Ort</b> durch den zuständigen Projektpartner möglich ist.
	3	Die Befliegung ist <b>ohne Mehrfachabdeckungen</b> , ausschließlich der Überlappungsbereiche sowie Kalibrier- bzw. Querstreifen durchzuführen.
	4	Das Befliegungsgebiet ist <b>lückenlos</b> bzw. flächenhaft vollständig aufzunehmen.
	5	Für die Flugrichtung gibt es keine generelle Vorgabe. Sie orientiert sich an der Losdefinition in Kombination mit der Flugstreifenlänge.
	6	Die <b>Flugrichtung</b> ist vorgegeben.
	7	Die <b>Überlappung</b> der Flugstreifen muss mindestens x m betragen.
	8	Die Befliegung von mindestens <b>x Querstreifen</b> ist durchzuführen.
	9	Die <b>Offset-Fehler</b> und Einflüsse aus Kurvenflügen dürfen die Daten nicht verfälschen.
	10	Der <b>Scanwinkel</b> darf +/- x Grad zur Vermeidung von Datenlücken bzgl. eines DGM in Straßenschluchten und dichten Baumbeständen nicht überschreiten ( <i>Abschattung, sichttote Bereiche</i> ).
	11	Unmittelbar nach erfolgtem Flug ist eine erste Plausibilitäts- und Vollständigkeits <b>prüfung</b> durchzuführen.
<b>Information über den Befliegungsfortschritt</b>	1	Durchgeführte Befliegungen sind dem AG spätestens am Folgetag mitzuteilen.
	2	wöchentlich / 14-tägig und zum Abschluss der Befliegung des Gesamtgebietes wird der Stand durch einen kurzen Statusbericht per E-Mail dem AG angezeigt. (Der Mindestinhalt ist festzulegen ( <i>z.B. erflogene Streifen, Gründe für Nicht-Befliegung, Stand der Prozessierung, Abweichungen vom Pflichtenheft, Aussage zur Zeitplanerfüllung, Besonderheiten</i> ).
	3	Sollten Probleme bei der Projektabwicklung auftreten, die das Projekt gefährden ( <i>z.B. Ausfall eines Flugzeuges oder eines Laserscansystems, Hard-/Softwareprobleme, Kapazitätsengpässe...</i> ), sind diese sofort anzuzeigen.

### 3. Lieferung und Abnahme der ALS-Daten

#### Postprocessing ALS-Daten

<b>Klassifikation</b>	1	Die erfassten Daten sind nach Boden- und Nichtbodenpunkten ( <i>Vegetation, Gebäude, Brücken, Sonstiges</i> ) zu klassifizieren.
	2	Der aufgenommene Datenbestand ist zu klassifizieren nach: ( <i>Klassifizierung gemäß aktueller Codeliste des Standards für 3D-Messdaten</i> ) - Bodenpunkten - Brückenpunkten - Hochspannungsleitungen - Gebäudepunkten inkl. Kleingartenlauben - Wasserpunkten  ( <i>Gewässerflächen, auf denen keine Laserpunkte registriert werden konnten, sind in geeigneter Weise aufzufüllen.</i> ) - Vegetation in den Höhenklassen < 0,5m; 0,5 bis 3,0m; >3,0m und in dieser Form getrennt nach Klassen zu liefern.
	3	Für die Klassifizierung der Bodenpunkte ist sicherzustellen, dass Störungen, die ein DGM beeinflussen, verursacht durch Vegetation, Bebauung und sonstige künstliche Objekte wie Brücken etc. eliminiert werden.
	4	In Bereichen mit dichter Vegetation – ausgenommen Schonungen – darf der Messpunktabstand zwischen einzelnen Bodenpunkten 10 m nicht überschreiten. Charakteristische und bedeutende Geländeformen wie Rücken, Grate, Felsformationen, Dämme oder Gräben müssen im klassifizierten Datenbestand so repräsentiert sein, dass sie in einem DGM darstellbar sind. Objekte/Formen im freien Gelände ab 2 m x 5 m und in Waldgebieten ab 10 m x 20 m müssen im DGM erkennbar sein.
	5	Die Daten sind so zu filtern, dass Fehlmessungen ( <i>Vögel, Laufzeitverlängerungen etc.</i> ) nicht mehr vorhanden sind. Diese Messungen sind in einer gesonderten Datei nachzuweisen.
	6	Für die Klassifizierung wird eine Korrektheit von mindestens 95 % erwartet. Sollten zum Erreichen dieser Forderungen interaktive Bearbeitungen notwendig sein, liegen diese im eigenen Ermessen des AN und werden nicht gesondert abgegolten.
<b>Streifenanpassung</b>	1	Die Streifenabstände dürfen in Lage und Höhe +/- x cm nicht überschreiten.
<b>Systematische Fehler</b>	1	Es sind Methoden einzusetzen um systematische Fehler, wie z.B. Offset, Streifenabstände zu minimieren.
<b>Lage- und Höhenkontrolle</b>	1	Die Einhaltung der geforderten Genauigkeiten ist anhand von Referenzflächen und Referenzobjekten ( <i>Gebäude, Fahrbahnmarkierungen oder Schachtdeckel</i> ) zu belegen. Die Referenzflächen dürfen aber keinesfalls zur Niveaueinstellung verwendet werden.
<b>Ordnungskriterien</b>		
<b>Bezugs- und Projektionssysteme</b>	1	Lage: ETRS 89, GRS80-Ellipsoid, UTM-Abbildung, gebietsabhängige Zone ( <i>6-stellig</i> ), Angabe beispielsweise in EPSG 25832 für Zone 32N bzw. 25833 für Zone 33N
	2	Höhe: DHHN2016, verwendetes Quasigeoid GCG2016, Angabe in EPSG 7837
	3	Die Transformationen sind mit vorgegebenen Transformationsansätzen durchzuführen.

<b>Ablage und Benennung</b>	1	<p>Der <b>Dateiname</b> besteht aus 21 Zeichen, abgeleitet aus UTM-Koordinaten der südwestlichen Kachelecke und einer Dateieindung.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zeichen 1 bis 3: 3dm = 3D-Messdaten</li> <li>- Zeichen 4: ein Unterstrich</li> <li>- Zeichen 5 bis 6: Zonenzahl</li> <li>- Zeichen 7: ein Unterstrich</li> <li>- Zeichen 8 bis 10: 1000-m-Werte East-Koordinate</li> <li>- Zeichen 11: ein Unterstrich</li> <li>- Zeichen 12 bis 15: 1000-m-Werte der North-Koordinate</li> <li>- Zeichen 16: ein Unterstrich</li> <li>- Zeichen 17: Kachelgröße in km</li> <li>- Zeichen 18: ein Unterstrich</li> <li>- Zeichen 19 bis 20: AdV-Kürzel für das Land</li> </ul> <p>optional Erhebungsdatum:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zeichen 21: ein Unterstrich</li> <li>- Zeichen 21 bis 31: Datum des Erstellungstages, Jahr, Monat, Tag (<i>JJJJ-MM-TT</i>)</li> </ul> <p>- <b>Dateieindung</b>: .las (<i>für Datensatz1</i>) + .lap (<i>für Datensatz2</i>)</p> <p>- Beispiel: 3dm_ZZ_EEE_NNNN_K_LL_JJJJ-MM-TT.las, 3dm_32_400_5950_1_bb_2010-12-14.las"</p>
<b>Lieferung</b>		
<b>Datenträger</b>	1 2 3	<p>Die Lieferung erfolgt auf externe Festplatten mit USB 3.0-Schnittstelle. (<i>optional weitere Kopien</i>)</p> <p>Datenträger gehen in das Eigentum des AG über / verbleiben im Eigentum des AN.</p> <p>Die Festplatte, Verzeichnisse und Dateien sind ohne einschränkende Rechtevergabe zu sichern.</p>
<b>Musterdatensatz</b>	1 2 3	<p>Vor der Erstausslieferung von Daten ist dem AG ein Musterdatensatz für eine Vorprüfung zu übersenden. Ziel dieser Prüfung ist eine Optimierung bzw. Feinabstimmung des Postprocessings der Daten an die Erfordernisse des AG. Hierzu wird dem AN ein Prüfbericht übersendet.</p> <p>Alle Lieferungen, die nicht dem vom AG schriftlich bestätigten Musterdatensatz entsprechen, werden nicht als Vertragserfüllung oder Vertragsteilerfüllung anerkannt.</p> <p>Der Umfang des Musterdatensatzes ist zu vereinbaren.</p>
<b>Datenlieferungen</b>	1 2 3 4 5 6	<p>Es ist ein Gesamtergebnis inklusive aller Dokumentationen und Metadaten zu liefern.</p> <p>Teillieferungen erfordern die Absprache mit dem AG.</p> <p>Die Daten sind in <b>x</b> km x <b>x</b> km großen Kacheln auf volle Kilometer im Bezugssystem aufzubereiten.</p> <p>Bzgl. der Only&gt;Returns ist zu entscheiden, ob die Daten sowohl als auch den Last- und First- Return-Signalen zugeordnet oder separat für die nachfolgenden Unterpunkte aufbereitet geliefert werden.</p> <p>Gesamtdatenbestand aus allen originären Messpunkten (<i>Last-Return</i>), XYZ, ASCII-Text</p> <p>Gesamtdatenbestand aus allen originären Messpunkten (<i>First-Return</i>), XYZ,</p>

ASCII-Text

- 7 ASCII-Datensatz aller unklassifizierten und überlappenden sowie nach Flugstreifen getrennt abgelegten Last-Return-Signale
- 8 ASCII-Datensatz der überlappungslosen Bodenpunkte aus den klassifizierten Last-Return-Signalen
- 9 ASCII-Datensatz der überlappungslosen Vegetationspunkte aus den klassifizierten Last-Return-Signalen
- 10 ASCII-Datensatz der überlappungslosen Gebäudepunkte aus den klassifizierten Last-Return-Signalen
- 11 ASCII-Datensatz aller unklassifizierten, überlappenden First Return-Signale

12 Binärdatensatz aller First- und Last-Return im LAS 1.2 oder ff. Format, nach Boden-, Nichtboden- und sonstigen Punkten geordnet.

- Insbesondere ist dabei zu beachten:

- Der Public Header Block ist vollständig anzugeben.

- Der „scale factor“ für X, Y und Z beträgt 0.01.
- Der Offset ist folgendermaßen zu belegen:
  - X offset: 0
  - Y offset: 5.000.000
  - Z offset: 0
- Bei Global Encoding ist eine „1“ einzutragen. Dadurch wird festgelegt, dass die Adjusted Standard Time (satellite GPS Time minus  $1 \times 10^9$ ) angegeben wird.

GPS time = GPS standard time + 1 000 000 000, or is the unadjusted GPS standard time (continuously counting from Jan 6, 1980)

- Das Point Data Record Format 3 ist zu verwenden und komplett anzugeben.

<i>Item</i>	<i>Format</i>	<i>Size</i>
X	long	4 bytes
Y	long	4 bytes
Z	long	4 bytes
Intensity ( <b>Amplitude</b> )	unsigned short	2 bytes
Return Number	3 bits (bits 0 – 2)	3 bits
Number of Returns (given Return)	3 bits (bits 3 – 5)	3 bits
Scan Direction Flag <b>[optional]</b>	1 bit (bit 6)	1 bit
Edge of Flight Line <b>[optional]</b>	1 bit (bit 7)	1 bit
Classification	unsigned char	1 byte
Scan Angle Rank (-90 to +90) – Left side	unsigned char	1 byte
User Data ( <b>Echoweite</b> )	unsigned char	1 byte
Point Source ID	unsigned short	2 bytes
GPS Time	double	8 bytes
Red - normalized reflectivity <b>[optional]</b>	unsigned short	2 bytes
Green	unsigned short	2 bytes
Blue	unsigned short	2 bytes

Zusätzlich sind die Kenngrößen Amplitude und Echoweite anzugeben (siehe Abbildung auf der nächsten Seite). Intensity ist mit der Amplitude zu belegen. Amplitude und Intensität unterscheiden sich nur minimal. Daher können die Werte gleichgesetzt werden. User Data ist mit der Echoweite (Return width) zu belegen. Kann die Kenngröße Echoweite nicht geliefert werden,

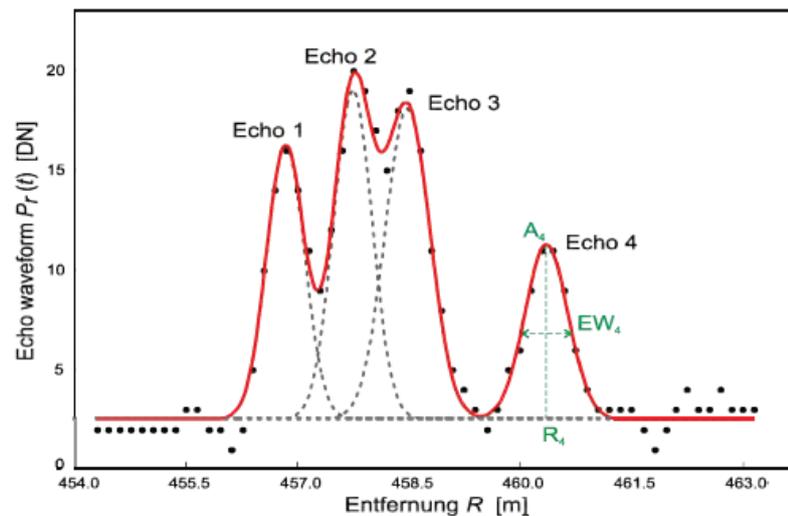
muss dies im Angebot angegeben werden. Dies wird in der Bewertungsmatrix berücksichtigt.

Die Kenngrößen Scan Direction Flag und Edge of Flight Line sind optional.

Als GPS-Time ist die Adjusted Standard Time (Satellit GPS Time minus  $1 \times 10^9$ ) anzugeben.

Sollten mehr als 7 Reflexionen registriert werden, sind diese ebenfalls in der LAS-Datei abzulegen. In der LAS-Version 1.2 (PDRF 3) kann Return 8, 9 usw. nicht mehr über die Kenngröße „Return Number“ unterschieden werden.

Synthetische Punkte erhalten einen „synthetic Flag“. Die Kenngrößen Return Number und Number of Returns sind auf „0“ zu setzen.



**Modellierung der verspeicherten Wellenform (schwarze Punkte) mittels der Summation von Gaußschen-Glockenkurven (Rot: Summer aller Glockenkurven, Grau gestrichelt: Individuelle Gauß-Kurve pro Echo); Neben der Entfernung  $R_i$  kann man die einzelnen Echos durch weitere Kenngrößen wie Amplitude  $A_i$  und die Echoweite  $EW_i$  charakterisieren (vgl. Echo 4)** [Quelle: DGPf Tagungsband 16 / 2007]

Auf dem Markt gibt es neue Scannermodelle (z.B. Riegl VQ 780i), welche die Intensität aufgrund des Auftreffwinkels korrigieren. Das Ergebnis ist die Reflexion. Die Kenngröße Reflexion ist optional.

- Die ASPRS Standard LIDAR Point Classes sind wie folgt zu belegen:
- Classification Value (Klasse) Beschreibung,  
(Klassifizierung gemäß aktueller Codeliste des Standards für 3D-Messdaten)
- "2" Bodenpunkte – DGM-relevante Punkte
- "9" Gewässer (explizit) – Land-Wasser-Grenze zu Bodenpunkten
- "5" Vegetation (explizit)
- "6" Gebäude (explizit)
- "17" Brücken (explizit)
- "27" Bauwerke (explizit)
- "24" Kellerpunkte (explizit)
- "20" Nicht-Bodenpunkte (allgemein: Vegetation, Gebäude, Brücken, Maste etc.) - DOM-relevante Punkte
- "1" sonstige Punkte (Stromleitungen, Vögel, Kfz etc.) – weder DGM-

		<p>noch DOM-relevant</p> <p>Hinweis: Sämtliche Echos neben First- und Last-Return sind aufzuzeichnen, inkl. Reflexionsintensitätswert!</p> <p>13 Datensatz der Reflexionsintensitäten der aufgezeichneten LIDAR-Signale. Die minimal darzustellende spektrale Auflösung beträgt 8 bit (256 Werte).</p> <p>14 DGM, 1m-Gitter, XYZ, ASCII-Text</p> <p>15 DOM, 1m-Gitter, XYZ, ASCII-Text</p> <p>16 Graustufen-Schummerung DGM, 1m Pixel, tif und tfw</p> <p>17 Intensitätsbilder, 0,5m Pixel, tif und tfw</p> <p>18 Metadaten</p> <p>19 Sofern das Projektgebiet in Teilprojektgebiete unterteilt wurde oder im Rahmen der Bearbeitung unterteilt wird, sind immer teilprojektgebietsübergreifend, für alle angeforderten Bezugs- und Projektionssysteme, vollständig gefüllte Kacheln zu liefern, so dass redundante Kacheln vermieden werden.</p> <p>20 Alle digitalen Laserdaten sind mit Rechtswert, Hochwert, Höhe, Intensitätswert und Zeitstempel zu bestimmen. (Softwareabhängig im bin-Format der Terrasolid Applikation Terrascan)</p> <p>21 Die Daten in den Streifenüberlappungen sind nach Streifenanpassung zu kürzen, so dass ein optimierter Datensatz entsteht.</p> <p>22 Die Daten in den Streifenüberlappungen sind nach Streifenanpassung zu belassen, so dass in den Überlappungen ein dichter Datensatz entsteht.</p>
<b>Dokumentation</b>	<p>1 Erstellung und Abgabe eines ausführlichen Projektberichtes mit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- der ausführlichen Beschreibung der Prozesskette (<i>incl. Benennen der eingesetzten Softwarelösungen</i>).</li> <li>- Aussagen zur Laserscanaufnahme, inkl. evtl. Besonderheiten und Problemen (<i>Datum, Zeit, Wetter, durchschnittliche Flughöhe, Fluggeschwindigkeit, GNSS, INS, Scanner, Scanfrequenz, Scanwinkel, Streifen- und Überlappungsbreite</i>).</li> <li>- Aussagen zur Laserscanauswertung, inkl. evtl. Besonderheiten und Problemen (<i>Programme</i>).</li> <li>- Aussagen zur erreichten Messpunktdichte (<i>empfohlen wird eine flächenhafte Ausweisung</i>).</li> <li>- Aussagen zur Genauigkeit zwischen den Flugstreifen, wobei die Differenzen an diesen abzubilden sind.</li> <li>- dem Nachweis der durchgeführten Kontrollen an Referenzobjekten (<i>mit statistischer Auswertung</i>).</li> <li>- aktuellem Kalibrierungszertifikat des ALS-Systems.</li> <li>- aktuellem Kalibrierungszertifikat des Herstellers des INS.</li> <li>- einer Erklärung, dass die unter dem Punkt „Datenerfassung und Spezifikationen“ angegebenen Vorgaben eingehalten wurden.</li> </ul> <p>2 Erstellung und Abgabe einer aussagekräftigen Flugstreifenübersicht mit Zeitangabe (<i>Normal- und GNSS-Zeit</i>), Nummerierung und den Koordinaten des Flugweges als PDF und ESRI Shape File.Tag farblich differenziert</p> <p>3 Alle Arbeitsschritte sind ausführlich und leicht nachvollziehbar zu dokumentieren. Die Dokumentation ist in schriftlicher und in digitaler Form zu liefern.</p>	
<b>Qualitätskontrolle AN</b>	<p>1 Der AN liefert nur Daten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die vor Abgabe auf offensichtliche Fehler überprüft wurden.</li> </ul>	

	2	- die für den genannten Zweck uneingeschränkt verwendbar sind. Ergibt sich während der Abnahmekontrollen des AG, dass derartige offensichtliche Fehler bereits bei Abgabe vorgelegen haben, hat der AG das Recht, Ersatz für die entstandenen Aufwendungen zu verlangen.
<b>Qualitätskontrolle AG</b>	1	auf Vollständigkeit und Lesbarkeit der Summe der Lieferergebnisse
	2	auf vollständige Erfassung des Fluggebietes
	3	auf die Einhaltung der geforderten Punktdichte ( <i>empfohlen wird eine flächenhafte Prüfung bzw. Ausweisung der Punktdichte</i> )
	4	auf mögliche Streifenstörungen zwischen den Überlappungszonen der Flugstreifen
	5	auf Lage und Höhengenaugigkeit der Messwerte im Vergleich zu den bereitgestellten Referenzdaten und weiteren unabhängigen Kontrolldaten ( <i>siehe Leitfaden Qualitätssicherung ALS</i> )
	6	auf die Qualität der Klassifizierung
	7	auf die Kontrolle der Projektdokumentation ( <i>siehe Lieferung Dokumentation</i> )
	8	Die vorläufige Prüfung und Abnahme der Teil-/Endlieferung erfolgt innerhalb von 8 Wochen nach Eingang der Lieferung. Die vorläufige Abnahme bestätigt keine Mängelfreiheit. Bei geringeren Mängeln kann eine Nachbesserung innerhalb von 5 Wochen gefordert werden. Werden gravierende Mängel festgestellt, kann die Leistung abgelehnt werden. Ein Anspruch auf eine Zahlungsleistung des AG besteht in diesem Fall nicht.
<b>Datensicherung, Aufbewahrungsfrist</b>	1	Der AN verpflichtet sich, eine Sicherung der gelieferten originären und der aufbereiteten Daten für die Dauer von mindestens 2 Jahren (entsprechend der Gewährleistungsfrist) nach Abnahme der Leistung aufzubewahren. Nach Ablauf dieser Frist hat der AN die von ihm vorgehaltenen Daten und Ergebnisse der Leistungen zu vernichten.
	2	Auf Verlangen des AG werden bei Datenverlusten die Daten ganz oder auch in Teilen durch den AN wieder bereitgestellt.
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>		
AdV		Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
AG		Auftraggeber
ALS		Airborne Laserscanning
AN		Auftragnehmer
ASCII		American Standard Code for Information Interchange
ATKIS		Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
DGM		Digitales Geländemodell
DOM		Digitales Oberflächenmodell
DOP		Digitales Orthophoto
GNSS		Global Navigation Satellite System
INS		Inertiales Navigationssystem
LAS		Freies Datenformat für den Austausch 3-dimensionaler LIDAR-Punktwolken
RINEX		Receiver Independent Exchange Format
SAPOS		Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung
USB		Universal Serial Bus
UTM		Universal Transverse Mercator

VOL

Vergabeordnung der Länder