

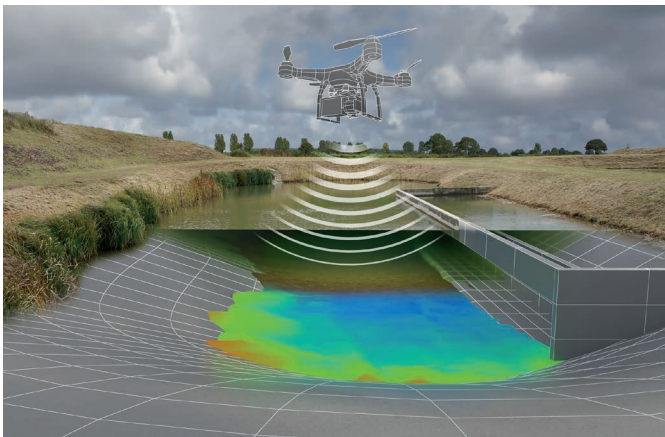
David Mauro

## Tiefenmessung von Gewässern mit Drohnen

**Der Einsatz ferngesteuerter Sensorik in der Luft, auf dem Wasser und auf dem Boden verspricht in den nächsten Jahren äußerst spannend zu werden – nicht nur als Alternative zur klassischen Vermessung, sondern auch durch die Ermöglichung vollkommen neuer Einsatzgebiete. Endlich ist auch eine effiziente Tiefenvermessung von natürlichen und künstlichen Kleingewässern möglich: Teiche, Seen und Becken können jetzt mit innovativer Drohnensensorik innerhalb kürzester Zeit vermessen und inspiziert werden. Besonders wichtig ist das bei kritischen und dynamischen Gewässern mit starken Sediment- und Schlamm einträgen. Insbesondere Kommunen, Betriebs- und Verantwortliche sowie Wasserbauer haben hier einen zunehmenden und oftmals drängenden, aber aufgeschobenen Bedarf.**

Bislang gab es da keine einfache Lösung: Für Sondierungen mussten Stege angelegt oder Kräne eingerichtet werden und der Einsatz von Booten war oftmals aufgrund fehlender Zufahrten unmöglich. Selbst unter optimalen Bedingungen war eine Messung nur an einzelnen Stellen – idealerweise an den kritischen – möglich und eine genaue Dokumentation manuell zu erstellen.

Hier bietet sich durch das neue Messverfahren DTS Acqua, entwickelt vom Spezialisten für Drohneneinsätze Geospector, eine Lösung an, die ab sofort als Dienstleistung zur Verfügung steht: Der Drohnen-Lasermapper von Geospector wurde um weitere Sensorik wie Sonar, einem effizienten Sondierungssystem und einer Unterwasserkamera zu DTS Acqua erweitert.



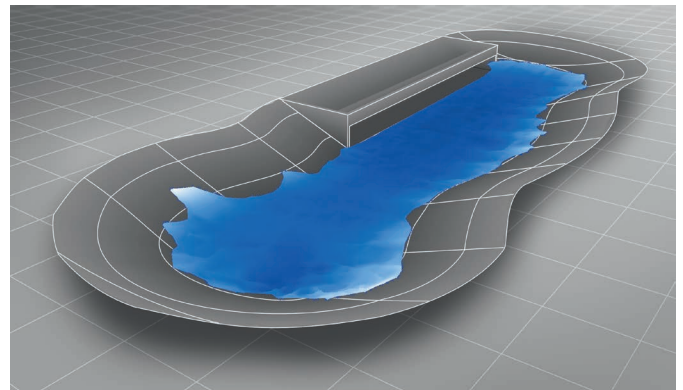
**Bild 1.** Sinnbildliche Darstellung (Quelle: Geospector)

Damit lassen sich ohne weitere Vorarbeiten innerhalb kürzester Zeit – im Gegensatz zu punktuellen Sondierungen – flächendeckende Tiefenmodelle vermessen. Die Genauigkeit liegt mittels GNSS-RTK bei einer Wassertiefe bis zu 25 m im Zentimeterbereich. Die Messdaten werden bereits während der Messung prozessiert, dokumentiert und unmittelbar auf einer Karte visualisiert, um bspw. kritische Bereiche detaillierter untersuchen zu können.

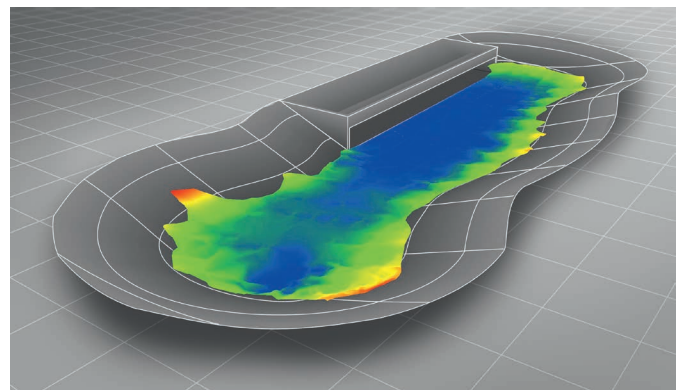
Somit bietet dieses Messverfahren einen vollkommen neuen Ansatz für Gewässervermessung: Noch nie war es so einfach – bei gleichzeitig niedrigsten Kosten – exakte

und flächendeckende Tiefenmodelle zu erzeugen. Die Messdaten können zu Punktwolken und CAD-Modellen weiterprozessiert und für Soll-Ist-Vergleiche und Volumenbestimmungen verwendet werden.

Das Tiefenmodell eines durchschnittlichen Kleingewässers kann innerhalb 1 h über die gesamte Fläche erfasst werden. Der anschließende Abgleich mit den Sollprofilen (geometrische Becken oder naturnahe Teiche) liefert über die flächenhafte Verteilung von Schlamm- bzw. Sedimentdicken das Minderungsvolumen.



**Bild 2.** Ablagerung von eingetragenen Sedimenten und Schlamm am Beckenboden (Quelle: Geospector)



**Bild 3.** Tiefenmessung der Beckensohle (Quelle: Geospector)

### Erläuterung des Verfahrens am Beispiel eines Regenrückhaltebeckens (RRB)

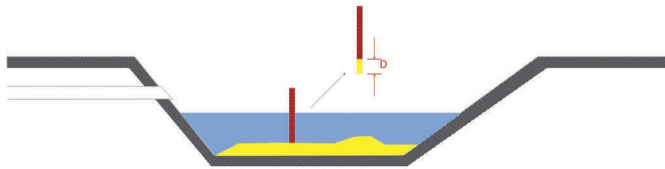
**Bestimmung der Schlammdicke und Volumenminderung**  
Regenrückhalteanlagen benötigen für den sicheren Betrieb ein Mindest-Fassungsvolumen, das sich im Laufe der Zeit durch den Eintrag von Schlamm und Sedimenten vermindert. Daher ist eine kontinuierliche Überprüfung notwendig, die bei Anlagen mit Dauerwasserstau bislang sehr aufwendig war (Sondierung mit Schlauchbooten, Steganlagen) und daher – wenn überhaupt – meist nur punktuell an wenigen Stellen durchgeführt wurde.

Oftmals wurden die Anlagen vor vielen Jahrzehnten gebaut und es gibt große Unsicherheiten im Sohlverlauf, da exakte Pläne fehlen, Umbaumaßnahmen nicht ausrei-

chend dokumentiert und keine Nullmessungen gemacht wurden. DTS Aqua kann daher auch den Sohlverlauf bestimmen, fehlende Nullmessungen nachholen und ungenaue Pläne aktualisieren. Mit dieser zuverlässigen Entscheidungsgrundlage lassen sich die Kosten von Sanierungs- und Reinigungsmaßnahmen minimieren und im Idealfall sogar komplett vermeiden.

**Klassische Vorgehensweise: Sondierung**

Bisher gab es nur die Möglichkeit der Sondierung. Ein Sondierstab (vom Ufer, Steg oder Boot aus) wird an ausgewählten Stellen durch die Ablagerung senkrecht bis zur Gewässersohle gestoßen und nach dem Zurückholen des Stabs die Ablagerungsdicke  $D$  direkt über die Anhaftungen bestimmt. Im Falle von Kies o. ä. Material versagt diese Methode und es kann versucht werden, über den abgelesenen Wasserstand bei Berührung der Ablagerungsoberfläche die Dicke zu schätzen. Eine automatische Dokumentation von Lage und Dicke erfolgt dabei nicht und insgesamt ist das Vorgehen i. d. R. auf wenige Stichproben beschränkt.



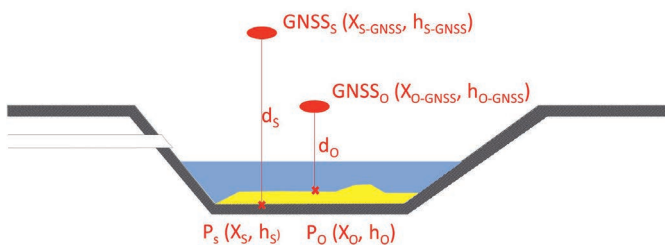
**Bild 4.** Herkömmliche Sondierung (Quelle: Geospector)

**Vorgehensweise DTS Aqua**

Im Gegensatz zur klassischen Sondierung werden die Ablagerungsoberfläche und das Sohlniveau getrennt vermessen. Dabei steht je nach örtlichen Gegebenheiten eine Vielzahl von drohnengestützten und manuellen Verfahren (Laserscan, Sonar, automatische Sondierung etc.) zur effizienten und flächenhaften Erfassung zur Verfügung. Neben den vertikalen Distanzen  $h$  werden mittels GNSS-RTK bei allen Verfahren einheitlich die zentimetergenauen Lagekoordinaten  $X$  erfasst und in Echtzeit auf einen Server zur Weiterverarbeitung übertragen.

Die Ablagerungsdicke  $D$  ergibt sich danach durch Differenzbildung der absoluten Höhen zwischen Oberkante der Ablagerung und der Gewässersohle (Gl. (1)):

$$D = h_O - h_S = h_{O-GNSS} - d_O - (h_{S-GNSS} - d_S) \quad (1)$$

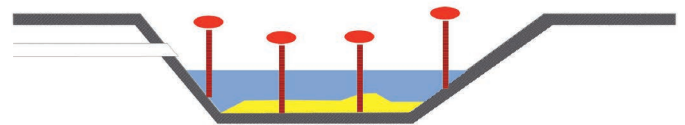


**Bild 5.** Ablagerungsdicke  $D$  (Quelle: Geospector)

In der Praxis liegen meist CAD-Pläne oder Handskizzen der Gewässergeometrie vor, sodass nur wenige Messungen des Sohlverlaufs zur Plausibilisierung und ggf. Korrektur der Pläne benötigt werden. In diesem Fall ist die Vorgehensweise wie folgt:

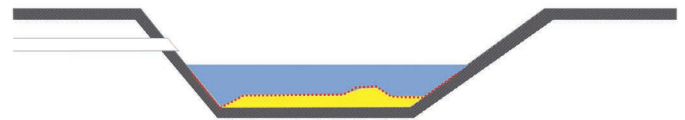
1. Punktuelle Messung des Sohlverlaufs
2. Flächenhafte Messung der Ablagerungsoberfläche
3. Festlegung der Höhen- und Georeferenz zum Abgleich der CAD-Daten mit den GNSS-Messungen
4. Modellierung Gewässersohle, dabei Plausibilisierung durch Schritt 1 und ggf. Korrekturen
5. Bestimmung der Ablagerungsdicken durch Differenzbildung
6. Weitere Auswertungen wie Volumenbestimmungen

1) Punktuelle Messung des Sohlverlaufs  
Mittels der Sondierungsdrohne werden mehrere Quer- und Längsprofile aufgenommen. Im Falle einer unbekanntenen oder natürlichen Sohlgeometrie kann durch entsprechende Verdichtung auch auf bestehende CAD-Pläne verzichtet und die Sohlgeometrie ausschließlich durch die automatisierten Sondierungen bestimmt werden.



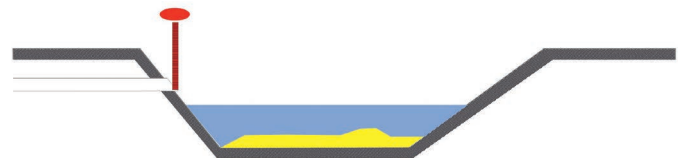
**Bild 6.** Punktuelle Messung des Sohlverlaufs (Quelle: Geospector)

2) Flächenhafte Messung der Ablagerungsoberfläche  
Über Sonar oder bathymetrischen Laserscan wird die gesamte Ablagerungsfläche dicht erfasst, um auch lokale Anhäufungen oder Ausspülungen detailliert ausmachen zu können.



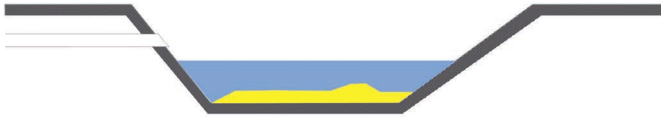
**Bild 7.** Messung der Ablagerungsoberfläche (Quelle: Geospector)

3) Festlegung der Höhen- und Georeferenz  
Es werden mehrere Geländepunkte mittels GNSS-RTK eingemessen, bei welchen in den CAD-Plänen Höhenangaben vorhanden sind (z. B. Unterkante Zulauf). Nach einer Plausibilisierung werden die Transformationsparameter vom CAD-Plan in das aktuelle GNSS-System festgelegt.

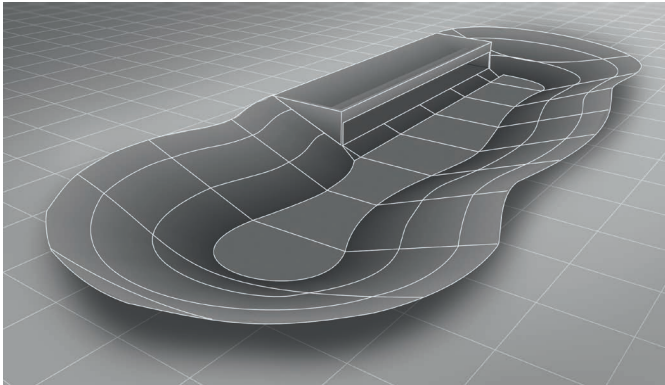


**Bild 8.** Festlegung Höhen- und Georeferenz (Quelle: Geospector)

4) Modellierung Gewässersohle  
Die CAD-Pläne werden transformiert und mittels der Sohlsondierungen plausibilisiert, eventuelle Abweichungen werden korrigiert und ein 3D-Tiefenmodell der Gewässersohle erstellt.



**Bild 9.** Modellierung Gewässersohle (Quelle: Geospector)

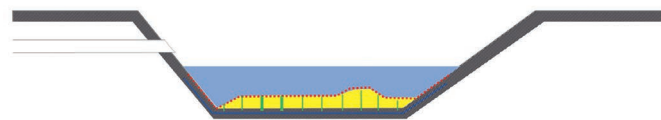


**Bild 10.** Die Geometrie des Rückhaltebeckens nach dem Bau im leeren Zustand (Quelle: Geospector)

### 5) Bestimmung der Ablagerungsdicken $D$

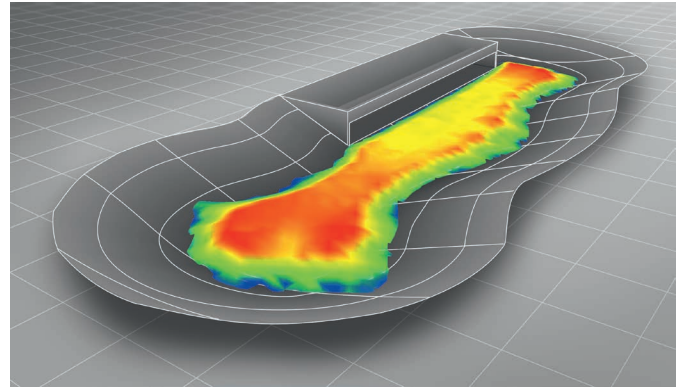
Von den Höhenwerten  $h_O$  aller Oberflächenmessungen werden die entsprechenden Höhenwerte des Sohlmodells abgezogen und es ergibt sich der jeweilige Wert für die Ablagerungsdicke  $D$ . Da gleichzeitig die Lagekoordinaten  $P_O$  bekannt sind, ergibt sich somit eine flächenhafte Darstellung der Ablagerungshöhen auf der Gesamtfläche der Gewässersohle.

### 6) Weitere mögliche Auswertungen



**Bild 11.** Bestimmung der Ablagerungsdicken  $D$  (Quelle: Geospector)

Die grundlegende Auswertung der Messungen bis zur flächenhaften Bestimmung der Ablagerungshöhen ist damit abgeschlossen. Je nach Aufgabenstellung sind weitere Auswertungsschritte sinnvoll:



**Bild 12.** Der Abgleich mit der Soll-Geometrie ergibt Ablagerungsdicke und -volumen (Quelle: Geospector)

#### – Bestimmung Ablagerungsvolumen:

Die einzelnen Ablagerungsdicken  $D$  werden auf der Fläche der Gewässersohle gerastert (z. B. 1 m x 1 m) und dann aufsummiert. Es ergibt sich das Gesamtvolumen der Ablagerungen in  $m^3$ . Nicht vermessene Bereiche (z. B. aufgrund von Vegetation) können i. d. R. plausibel abgeschätzt und bei der Volumenbestimmung berücksichtigt werden.

#### – Bestimmung Leervolumen:

Das Sohlmodell kann dazu verwendet werden, das Leervolumen des Beckens ohne Ablagerungen zu bestimmen (bei Normal- oder Maximal-Wasserstand).

#### – Bestimmung Restvolumen:

Das Restvolumen kann aus dem Leer- oder Ablagerungsvolumen sowohl absolut in  $m^3$  oder prozentual angegeben werden.

#### **Autor**

Dipl.-Ing. David Mauro  
Stellasolar Engineering GmbH  
Kronstadter Straße 4  
81677 München  
www.geospector.de

Das Sonderheft **Messtechnik im Bauwesen 2023** kann hier bestellt werden:  
<https://www.ernst-und-sohn.de/sonderhefte/messtechnik-im-bauwesen-2023>