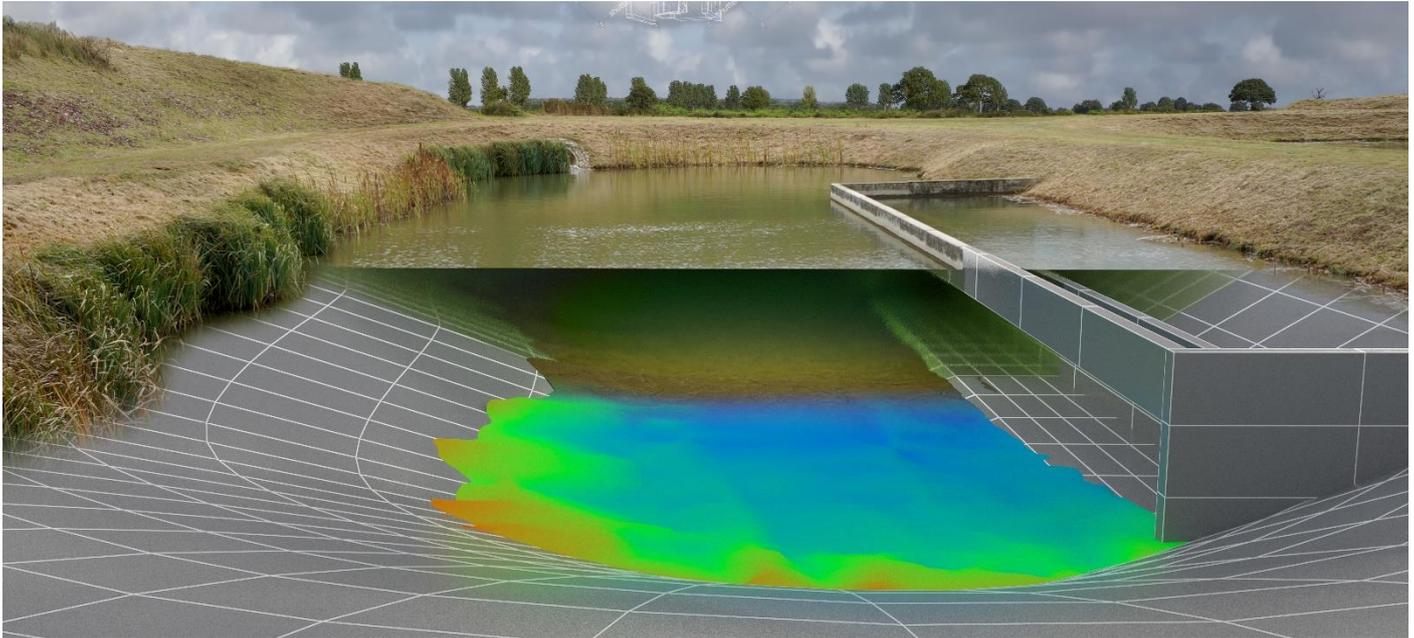


Absetzbecken: Grob fehlerhafte Bestimmungen des Sedimentvolumens durch übliche Stichproben-Messungen

Dipl.-Ing. David Mauro, Geospector München



Zur Sicherstellung der Rückhalte- und Absetzfunktion müssen Anlagen zur Regenwasser-Behandlung regelmäßig – meist jährlich – auf Sedimenteinträge überprüft werden. Beim Überschreiten von Ablagerungsdicken oder -volumina werden diese dann aufwendig und kostspielig gereinigt. Die genaue Erfassung der Sedimenteinträge ist v.a. bei Anlagen im Dauerstau schwierig und wird meist nur stichpunktartig gemacht. In Verbindung mit komplexen Becken-Geometrien kann diese Vorgehensweise zu grob fehlerhaften Ergebnissen führen und ist somit als Entscheidungs- und Planungsgrundlage oftmals untauglich. Im Folgenden werden die typischen Fallstricke anhand eines Beispiels aus der gelebten Praxis aufgezeigt und eine Lösung für genauere Erfassungen vorgestellt.

Gängige Stichproben-Messungen mit Sondierungsstange

Die Sedimentstärke wird meistens mittels einer Sondierungsstange gemessen, im einfachsten Fall wird diese von der Wasseroberfläche aus bis zur Sohle vorgetrieben und beim Einholen zeigen die Anhaftungen direkt die Schlammdicke an. Die Wasser-

oberfläche von Becken im Dauerstau ist i.d.R. aber schwer zugänglich, nur selten lassen sich bei günstigen Geometrien oder Stegen auch vom Ufer aus die tieferen Bereiche der Anlage bis zur Sohle erfassen. Oftmals müssen daher umständlich und mit großem Sicherheitsaufwand Boote eingesetzt werden, um eine gleichmäßige Abdeckung der gesamten Anlagenfläche zu erhalten. Die Messungen bleiben gewöhnlich auf wenige Stellen beschränkt und werden bezüglich der Lage nur schematisch dokumentiert.

Grobe Fehler durch den Durchschnitts-Ansatz „Wasserfläche x Ø Sedimentdicke“

Nachdem die vermeintlich repräsentativen Stichproben erfasst worden sind, werden diese i.d.R. durch einfache Mittelwertbildung zu einer durchschnittlichen Sedimentdicke aggregiert und dann durch Multiplikation mit der Wasserfläche zu einem Sedimentvolumen verrechnet. Diese Vorgehensweise ist bei größeren Anlagen und Teichen durchaus zielführend, bei kleinen Becken und Teichen mit komplexen Sohlverläufen und schrägen Ufern können dabei aber grobe Fehler entstehen, die weit über das übliche Maß von Messunsicherheiten hinausgehen.

Das betrifft dabei besonders Absetzbecken, bei denen diese Merkmale üblicherweise vorhanden sind.

Diese Erkenntnis ergab sich in der letzten Zeit während der Durchführung realer Anlagenvermessungen durch das im Folgenden vorgestellte alternative Verfahren, das exakte Ergebnisse liefert. Der Vergleich mit Vermessungen der letzten Jahre, die mit dem Durchschnitts-Verfahren gemacht worden waren, zeigte Abweichungen bis zu 100% des berechneten Sedimentvolumens. Möglicherweise wurden dadurch in der Vergangenheit entweder unnötige Sanierungen initiiert oder tatsächlich notwendige unterlassen (die Volumen-Abweichungen können sowohl positiv als auch negativ sein), was den Autor motivierte, diesen Artikel zur Sensibilisierung für das Thema zu veröffentlichen.

Fehlerquellen und mögliche Verbesserungen des Durchschnitts-Verfahrens

Die alten und neu gemessenen Sedimentstärken der Anlagenvermessungen waren durchaus vergleichbar (kurzer zeitlicher Abstand), daher war der Fehler in der Verteilung der Stichproben und der Durchschnitts-Auswertung zu suchen. Zur Veranschaulichung ein abstrahiertes, aber reales Vermessungsbeispiel eines typischen Absetzbeckens:

Innerhalb der Wasserfläche wurden ursprünglich fünf halbwegs gleichverteilte Sondierungen vorgenommen (*Abbildung 1*), die Berechnung erfolgt **mit dem Durchschnittsverfahren (Tabelle 1)** und **ergibt einen Volumenwert von 202 m³**. Aus der Geometrie des Beckens und der Sedimenteinträge (*Abbildung 2*) ergibt sich jedoch **das tatsächliche Volumen zu 76,2 m³!**

Bei Betrachtung der Beckengeometrie fällt auf, dass die zunächst flächenmäßig halbwegs gleichverteilten Sondierungen in Wirklichkeit die tiefen Beckenbereiche mit höherer Sedimentbelastung stärker

gewichten und der Mittelwert somit nicht mehr repräsentativ ist.

Ein möglicher erster Versuch zur Verbesserung ist die Hinzunahme weiterer Sondierungen, v.a. in den Randbereichen (*Abbildung 3, links*).

Als letzte Korrektur wird anstelle der Wasserfläche die tatsächliche Sedimentfläche verwendet (*Abbildung 3, rechts*).

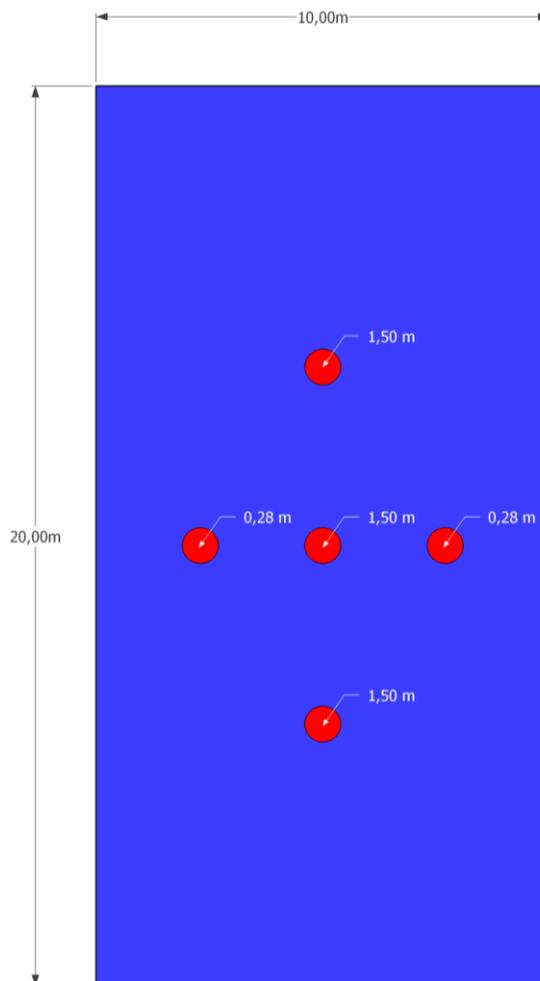


Abbildung 1: Draufsicht auf die Wasseroberfläche mit Lage der Sondierungen und der gemessenen Schlammstärke

	Ø (Sediment)dicke	Fläche	Volumen = Fläche * Ø Dicke
Ursprüngliche Messung (<i>Abbildung 1</i>)	$1/5 * (3 * 1,50 \text{ m} + 2 * 0,28 \text{ m})$ = 1,01 m	Wasser 10 m x 20 m = 200 m ²	200 m ² x 1,01 m = 202 m³
Erweiterte Messung (<i>Abbildung 3, links</i>)	$1/9 * (3 * 1,50 \text{ m} + 6 * 0,28 \text{ m})$ = 0,69 m	Wasser 10 m x 20 m = 200 m ²	200,00 m ² x 0,69 m = 137 m³
Mit Schlammfläche (<i>Abbildung 3, rechts</i>)	$1/9 * (3 * 1,50 \text{ m} + 6 * 0,28 \text{ m})$ = 0,69 m	Sediment 16 m x 6,40 m = 102,40 m ²	102,40 m ² x 0,69 m = 71 m³

Tabelle 1: Volumenberechnung mit schrittweiser Verbesserung des Ergebnisses

Dieser Wert entspricht schließlich dem tatsächlichen mit ausreichender Genauigkeit. Aus diesem Beispiel lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Obwohl flächig gleichmäßig verteilt, kann der **Mittelwert der Stichproben je nach Becken-Geometrie und Verteilung stark fehlgewichtet** sein und wird somit für eine Volumenbestimmung unbrauchbar
- Die **Beckengeometrie** ist daher bei der Sondierungsplanung und bei der Auswertung **zwingend zu berücksichtigen**
- Für eine sichere Volumenbestimmung sind **weitaus mehr Stützstellen notwendig**, als bislang üblicherweise verwendet.
- Als **Multiplikationsgröße ist bevorzugt** nicht die Wasserfläche zu verwenden, sondern **die Sedimentfläche**, insbesondere dann, wenn nicht bis an die Uferlinie sondiert werden kann (Untiefen, Unterwasservegetation, Schilfbereiche)

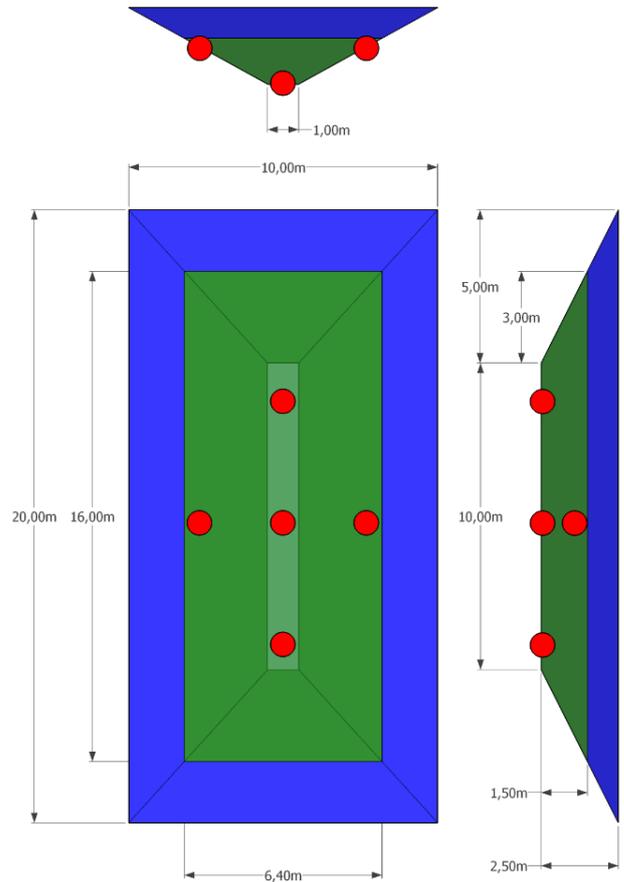


Abbildung 2: Geometrie des Beckens, des Wasserkörpers (blau) und der Sedimenteinträge (grün), deren Oberfläche als Ebene mit konstanter Höhe modelliert ist. Position der ursprünglichen Sondierungen (rot)

In der Praxis dürfte die Umsetzung dieser Empfehlungen mit großen Aufwänden verbunden oder gar unmöglich sein. Insofern bietet sich eine alternative Vorgehensweise an, die i.d.R. wesentlich schneller und günstiger ist und dabei exaktere Volumenwerte liefert.

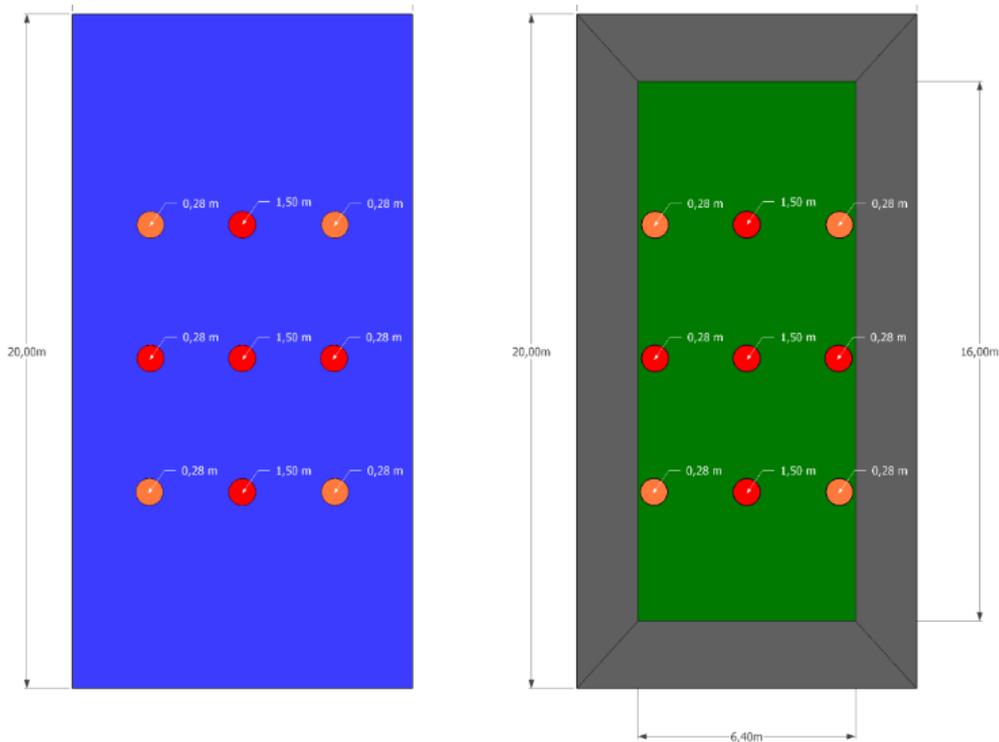


Abbildung 3: Schrittweise Verbesserungen. Zusätzliche Sondierungen (links) und Verwendung der Sedimentfläche (rechts)

Die Lösung: Flächendeckende Vermessung mit Geospector DTS Acqua

Aus den obigen Schlussfolgerungen ergibt sich folgender Lösungsansatz:

- Hochaufgelöste und flächendeckende Messung anstatt einzelner Stützstellen
- Berücksichtigung des tatsächlichen Sohlverlaufs bei der Auswertung

Im Gegensatz zu einzelnen, manuellen Sondierungen beim Durchschnitts-Ansatz werden alle Messungen gesamthaft und detailliert mit spezialisierter Drohnen-Sensorik (Luft, Wasser, Unterwasser) automatisiert vorgenommen (*Abbildung 4*).

Zunächst wird der Sohlverlauf bzw. die Geometrie des Beckens durch automatisierte Sondierungen (Quer- und Längsprofile) rekonstruiert (*Abbildung 5*). Sind bereits Pläne vorhanden, werden diese zunächst durch Messungen plausibilisiert und einbezogen. Das Ergebnis ist ein genaues Modell des künstlich oder natürlich angelegten Sohlverlaufs.

Im zweiten Schritt wird der Sedimentspiegel über die gesamte Wasserfläche deckend und hochdetailliert erfasst (*Abbildung 6*). In schwer zugänglichen Bereichen (z.B. Schilfgürtel) wird dazu eine spezialisierte Flugdrohne eingesetzt. Als Ergebnis entsteht ein genaues Tiefenmodell der Ablagerungen und es lassen sich z.B. kritische Stellen mit hohen Einträgen leicht identifizieren.

Im letzten Schritt werden die beiden Modelle gerastert (typisch 0,50 m x 0,50 m) und die gegenseitigen Höhendifferenzen gebildet, die den Sedimentstärken an den jeweiligen Rasterpunkten entsprechenden. Die Integration über die gesamte Anlagenfläche ergibt dann das exakte Sedimentvolumen (*Abbildung 7*).

Diese Grundlagendaten können dann je nach Anforderungen zu 2D- und 3D-Plänen, Zustandsberichten, Visualisierungen, etc. weiterverarbeitet werden.

Durch den Einsatz neuester Drohnen- und Sensortechnologie ist diese Vorgehensweise tatsächlich schneller und wirtschaftlicher durchzuführen als herkömmliche Verfahren – bei gleichzeitig unerreichter Präzision.

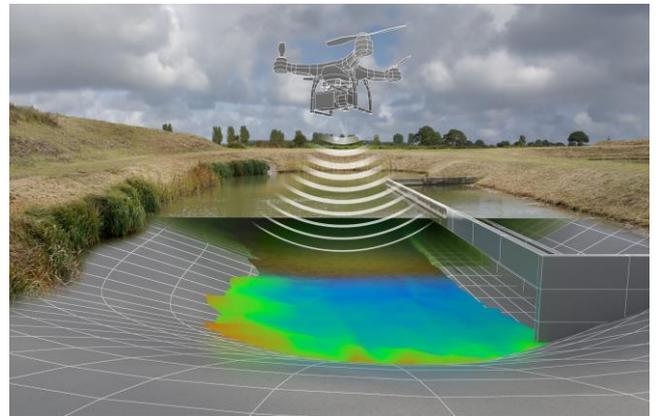


Abbildung 4: Geospector DTS Acqua (Symbolbild)

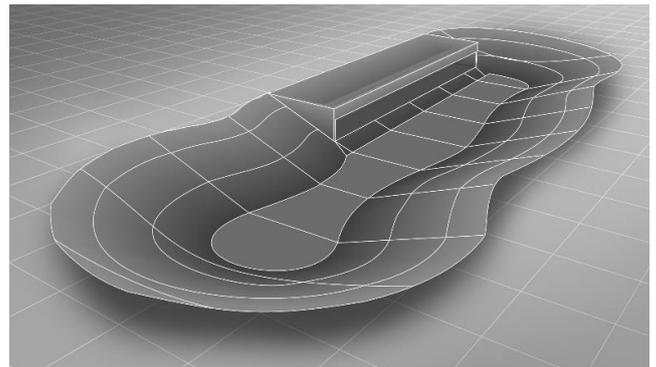


Abbildung 5: Modell des Sohlverlaufs

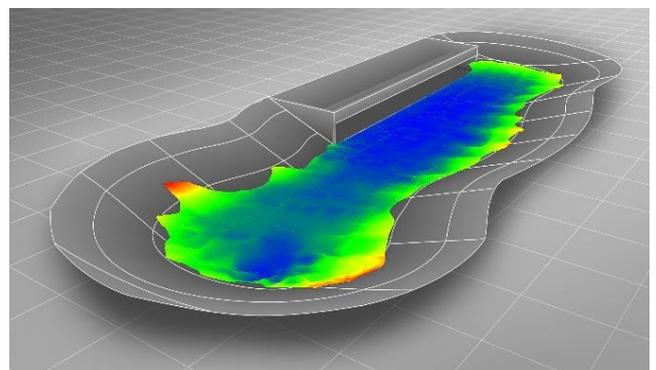


Abbildung 6: Oberfläche der Sedimenteinträge

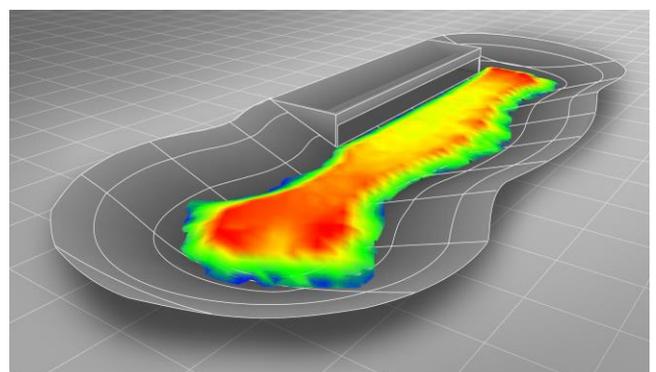


Abbildung 7: Sedimentdicken und -volumen nach Rasterung, Differenzbildung und Integration