



## Munition in Schweizer Seen Übersicht über die Erkenntnisse



### Thuner-, Briener- und Vierwaldstättersee: Versenkte Munition verbleibt im Seegrund

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts hatte die Schweizer Armee in Schweizer Seen Munition, Munitionsbestandteile und weiteres Armeematerial versenkt. Dies zeigten umfangreiche historische Abklärungen, die das Eidg. Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) 2004 in Auftrag gegeben hatte.

Die Menge des Materials, Forderungen, dieses zu bergen, und Beobachtungen auffälliger Organveränderungen bei Fischen im Thunersee bewogen das VBS 2005, die Gefährdung durch diese Abfälle vertieft abklären zu lassen. Unter Einbezug der kantonalen Umweltfachstellen befasste sich zwischen 2006 und 2010 ein vom VBS geleitetes, interdisziplinäres Spezialistenteam mit den offenen Fragen rund um die versenkte Munition und ihre möglichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Paral-

lel dazu ging das Fischereinspektorat des Kantons Bern den Ursachen der Organveränderungen von Fischen im Thunersee auf den Grund. Die gesammelten Erkenntnisse bilden die wissenschaftliche Grundlage für den Entscheid, auf die Bergung der versenkten Munition zu verzichten, denn

- 1 im Seegrund und im Wasser der Seen sind weder Explosivstoffe noch Abbauprodukte messbar, die von der Munition stammen,
- 2 die Munition wird wie bisher zunehmend mit natürlichen Seeablagerungen überdeckt,
- 3 es gibt keine Hinweise darauf, dass die versenkte Munition bei den Organveränderungen der Felchen im Thunersee eine Rolle spielt,
- 4 die Bergung der Munition würde grosse Risiken für das Ökosystem und – vor allem im Vierwaldstättersee – für das Trinkwasser mit sich bringen. Zudem wären die Bergungsarbeiten über Jahre mit erheblichen Immissionen verbunden.



## Schweizer Seen: einst Deponieraum und militärisches Zielgebiet

### Versenkte Munition

Die historischen Untersuchungen des Eidg. Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) von 2004 zeigten, dass im Laufe des letzten Jahrhunderts im Thuner- und im Brienersee sowie im Urnersee und im Gersauerbecken des Vierwaldstättersees insgesamt über 8000 Tonnen Munition und Munitionsrückstände versenkt worden waren. Dabei handelt es sich zum grössten Teil um Rückstände der beiden Munitionsfabriken Thun und Altdorf. Ein knappes Drittel besteht aus überalterter Munition aus der Zeit des Zweiten Weltkriegs, die der Bundesrat 1948 nach verheerenden Explosionen von zwei Munitionsmagazinen zur Entsorgung freigab. Die letzten Versenkungen fanden im Thunersee 1963, im Urnersee 1967 statt.

Flieger- und Artillerieschiessen. Diese wurden von Armeetruppen oder zu Testzwecken von Rüstungsbetrieben durchgeführt. Dabei kamen in der Regel Geschosse zum Einsatz, die keine Explosivstoffe enthielten. Schliesslich brachten die Untersuchungen zu Tage, dass vor allem im Alpengebiet in zahlreichen Kleinseen vereinzelt Blindgänger von Übungsschiessen versenkt wurden.

### Waffen, Flugzeugtrümmer und Blindgänger

Nebst Munition ist in verschiedenen Schweizer Seen auch anderes Armeematerial versenkt worden, im Walensee beispielsweise Waffen, Gasmaskenfilter im Alpnachersee oder Stacheldraht in den Seen auf dem Gotthardpass. Im Genfersee, im Greifensee, im Tütschensee (LU), im Vierwaldstättersee und im Neuenburgersee finden sich Trümmer von Flugzeugabstürzen oder Schiffsunfällen. Zahlreiche Seen dienten über längere Zeit als Zielgebiete von



## Im Seegrund sicher

Auch wenn die versenkte Munition als Ursache für die auffälligen Organveränderungen bei Felchen im Thunersee keine Rolle spielt, stellte sich doch die Frage, ob sie nicht eine Gefahr darstellt für das Ökosystem der betroffenen Seen oder für das Trinkwasser, das aus dem Vierwaldstättersee bzw. dem von der Aare gespeisten Grundwasser gewonnen wird. Immerhin enthalten die versenkten Geschosse grosse Mengen an ökologisch relevanten Substanzen wie den Sprengstoff TNT, Quecksilber oder Blei. In enger Zusammenarbeit mit den Umweltfachstellen der betroffenen Kantone liess das VBS deshalb im Thuner-, Brienz- und Vierwaldstättersee die Gefährdung des Wassers durch die versenkte Munition im Detail abklären.

### Immer tiefer im Seeuntergrund

Mit Hilfe von Ultraschall- und Magnettechnologie wurden in einem ersten Schritt die Bereiche ausfindig gemacht, wo sich versenkte Munition befindet. Dabei kam auch ein eigens dafür entwickelter Unterwasser-Metalldetektor zum Einsatz. Auf der Oberfläche des Seebodens liegen keine Geschosse mehr. Der grösste Teil der versenkten Objekte befindet sich mindestens 25 Zentimeter oder bis zu zwei Meter unter dem Seegrund. Entweder sind sie bei der Versenkung im Seeboden versunken oder wurden seither durch neue Seeablagerungen zugedeckt. Die natürlichen Seeablagerungen betra-

gen 3 bis 8 Millimeter pro Jahr. In 50 Jahren wird die versenkte Munition um weitere 15 bis 40 Zentimeter überdeckt sein.

### Munition gut erhalten

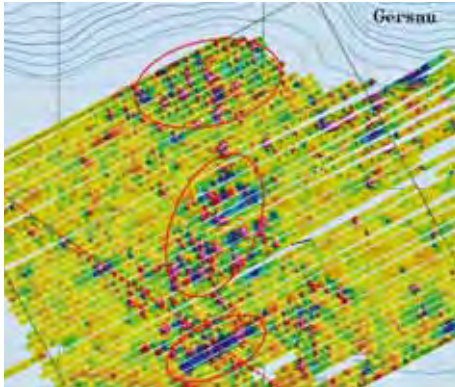
Für Detailuntersuchungen wurden mit grossem Sicherheitsaufwand einzelne Munitionsobjekte geborgen und an Land gebracht. Dabei zeigte sich, dass ein Teil der Geschosse praktisch neuwertigen Zustand hat und noch immer über entsprechende Spreng- und Splitterwirkung verfügt. Der in den Granaten enthaltene Sprengstoff ist weitgehend gut erhalten und kaum abgebaut. Die Hüllen von Geschossen, die unversehrt versenkt wurden, weisen kaum Spuren von Zersetzung (Korrosion) auf. Beschädigte und nicht detonierte Geschosse gibt es praktisch ausschliesslich im Thunersee, wo rund ein Zehntel der versenkten Objekte zu dieser Kategorie zählt. Sie stammen vom Explosionsunglück in Mitholz 1947 und weisen leichte Korrosionsschäden auf, die im Wesentlichen auf die hohe Belastung während des Explosionsunglücks zurückzuführen sind. Trotz der Korrosion sind mindestens 90 Prozent der ursprünglichen Dicke des Geschossmantels erhalten.

### Keine Belastung des Seewassers

Detaillierte Analysen der Seeablagerungen (Sedimente) und des Seewassers haben keine Hinweise auf Schadstoffe ergeben, die auf die

<< Historische Aufnahmen von der Munitionsentsorgung im Thunersee. Angaben zur Menge des versenkten Materials.

< Oben:  
 Roboter mit Spezialdetektor zur Munitionsortung im Seegrund.  
 Unten links:  
 Überwachung der Ortung.  
 Unten rechts:  
 probeweise Hebung einer Granate mit Spezialgreifer.



Flächenortung im Vierwaldstättersee: Die Kreise bezeichnen Ablagerungsstandorte mit erhöhter Konzen-

tration an Munition (Hotspots). Die rote Linie stellt ein Seekabel dar.



12-cm-Granate aus dem Vierwaldstättersee. Die Korrosionsspuren stammen vom Hebevorgang.



Granate aus dem Thunersee mit Korrosionserscheinungen, die auf das Explosionsunglück Mitholz zurückzuführen sind.



Versenkte Geschossüberreste vom Explosionsunglück Mitholz.

versenkte Munition zurückzuführen wären. An rund 20 Standorten wurden bis zu einem Meter lange Bohrkern aus dem Sediment entnommen und auf Sprengstoffe und Schwermetalle untersucht. In keinem davon wurden Sprengstoffe oder Abbauprodukte davon nachgewiesen. Die Schwermetallgehalte liegen im Bereich der natürlichen Belastung. Einzig in Sedimenten des Thunersees wurden in einer klar definierten Bodenschicht Spuren von Diphenylamin (DPA) festgestellt, ein Stoff, der als Stabilisator von Treibladungen eingesetzt wird. Alles deutet darauf hin, dass dieser Stoff aus der ehemaligen Eidg. Pulverfabrik Wimmis in den Thunersee gelangt ist.

Im Wasser direkt über dem Seeboden wurden Sprengstoffe nur in kaum nachweisbaren Konzentrationen gemessen. Die Konzentrationen lagen meist wesentlich tiefer als in höheren Wasserschichten. Dies deutet darauf hin, dass die entsprechenden Stoffe nicht von der versenkten Munition, sondern von ausserhalb des Sees stammen, etwa aus Industriebetrieben oder von Munitionsvernichtungs- und Schiessplätzen im Einzugsgebiet der Zuflüsse.

### Bergung problematisch

Das VBS liess Möglichkeiten zur Bergung der versenkten Munition untersuchen. Die Abklärungen, die auch im Ausland erfolgten, zeig-

ten: Weltweit steht keine erprobte Technologie zur Verfügung, um über so grosse Flächen verteilte Munition aus derart grosser Tiefe zu bergen. Das Heben aus dem Seegrund würde den Seegrund stark aufwirbeln und damit das Ökosystem während Jahrzehnten in Mitleidenschaft ziehen. Auch könnten dabei im Seegrund eingelagerte Schadstoffe ins Wasser gelangen und eine unkontrollierbare Gewässerverschmutzung verursachen. Auf dem See müssten während langer Zeit Störungen, insbesondere Lärm, in Kauf genommen werden. Schliesslich besteht bei einer Bergung auch Explosionsgefahr mit entsprechendem Risiko für Menschen, Wasserfauna und Ökosystem. Wahrscheinlich müsste das Seegebiet weiträumig abgesperrt und der Schiffsverkehr eingestellt werden. Für die Entsorgung der geborgenen Munition müsste direkt am jeweiligen Seeufer oder an geeigneter zentraler Lage eine entsprechend gesicherte Anlage erstellt werden, wobei eine zentrale Anlage mit risikoreichen Landtransporten verbunden wäre. Angesichts dieser Schwierigkeiten und des ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnisses hat das VBS in Absprache mit den kantonalen Fachstellen entschieden, auf eine Bergung zu verzichten. Eine regelmässige Überwachung stellt sicher, dass rechtzeitig reagiert werden kann, falls sich die Situation entgegen den Erwartungen verändern sollte.



< Blick auf Thuner- (vorne) und Brienzsee (hinten).

> Stark veränderte Geschlechtsorgane (links) von Felchen (rechts) aus dem Thunersee.

Unten:  
Fischer auf dem Thunersee.

© www.natur-welten.ch

## Verzicht auf Bergung als beste Lösung

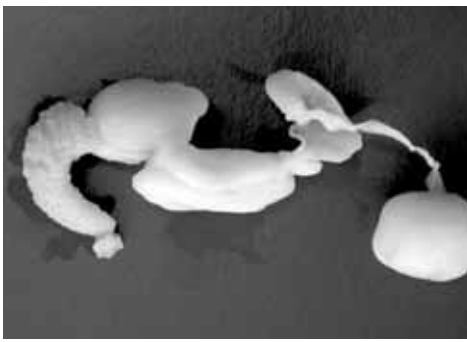
Zusammen mit den Umweltfachstellen der Kantone Bern, Luzern, Nid- und Obwalden, Schwyz und Uri sowie mit Hilfe externer Spezialisten untersuchte das VBS 2004 bis 2010 die Munitionsablagerungen im Thuner-, Brienz- und Vierwaldstättersee im Detail. Die Ergebnisse zeigen: Von der versenkten Munition geht keine Gefahr für das Seewasser aus. Die Munition ist im Seegrund sicher und stabil gelagert.

Aus den folgenden Gründen wird davon abgesehen, die Munition zu bergen und an Land zu entsorgen:

- 1 Es besteht kein Hinweis darauf, dass die Seen durch die Munitionsablagerungen belastet werden.
- 2 Die Munition ist in gutem Zustand und weist bereits eine grosse und zunehmende Überdeckung durch Seeablagerungen auf.
- 3 Die Gefahr, dass jemals Stoffe ins Seewasser freigesetzt werden, nimmt laufend ab.
- 4 Die selbstständige Detonation eines versenkten Objekts kann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden und ist auch in internationalen Fachkreisen nicht bekannt. Sollte dieser Fall dennoch eintreten, würde aufgrund der Dämmwirkung der Umhüllung und aufgrund der verstreuten Lage der einzelnen Munitionsobjekte keine Kettenreaktion ausgelöst.

- 5 Eine Bergung der Munition würde zu einer erheblichen Störung des Seegrunds, zu Aufwirbelungen und damit über längere Zeit zu einer Trübung und zur Störung des Wasserökosystems führen.
- 6 Eine Bergung wäre mit der Gefahr verbunden, dass im Seeboden eingelagerte Schadstoffe ins Seewasser gelangen und eine Gewässerverschmutzung verursachen.
- 7 Die Bergung würde Jahrzehnte andauern.
- 8 Beim Heben und Entsorgen der Munition besteht Explosionsgefahr. Das Risiko für Mensch, Seefauna und das Ökosystem wäre erheblich und würde über Jahrzehnte weitreichende Sicherheitsmassnahmen erfordern.

Aus heutiger Sicht ist der Seegrund mit Gewissheit nicht der geeignete Ort für die Ablagerung alter Munition. Aufgrund der umfangreichen Abklärungen ist es dennoch am sinnvollsten, die versenkte Munition an den bisherigen Standorten zu belassen. Eine regelmässige Überwachung stellt sicher, dass rechtzeitig reagiert werden kann, falls sich eine nicht zu erwartende Änderung der Situation einstellen sollte.



## Das Fisch-Rätsel vom Thunersee

Im Sommer 2000 stellten Berufsfischer des Thunersees bei Felchen erstmals rätselhafte Veränderungen der Geschlechtsorgane fest. In einem umfangreichen Projekt versuchte das Fischereiinspektorat des Kantons Bern in Zusammenarbeit mit anderen Fachstellen die Ursachen dafür aufzudecken. Die Untersuchungen zeigten, dass ein gutes Drittel der Felchen im Thunersee Veränderungen an den Geschlechtsorganen aufweisen. Auch bei Felchen anderer Seen können solche Veränderungen vorkommen, jedoch nicht in dieser Häufigkeit und in dieser spezifischen Ausprägung.

Als mögliche Ursachen dieser Veränderungen standen unter anderem verschiedene chemische Substanzen im Verdacht, etwa hormonaktive Stoffe, Explosivstoffe der im Thunersee versenkten Munition oder Bauchemikalien und Sprengmittel, wie sie auf der NEAT-Baustelle am Lötschberg zum Einsatz kamen. Wasseranalysen zeigten aber, dass die in Frage kommenden Substanzen im Thunersee nur in äusserst geringen Spuren vorkommen.

Die Wirkung von Sprengstoffen prüften Forschende des Zentrums für Fisch- und Wildtiermedizin an der Universität Bern (FIWI) unter anderem dadurch, dass sie die Situation im Thunersee im Labor nachahmten und Felcheneier auf Original-Sediment erbrüteten,

dem Explosivstoffe beigemischt wurden. Die danach aufgezogenen Fische bildeten jedoch keine der typischen Organveränderungen aus.

### Fischnahrung im Fokus

Die verschiedenen Untersuchungsergebnisse lassen keinen Zusammenhang zwischen den Munitionsdeponien und den beobachteten Organveränderungen erkennen. Aus weiteren Experimenten gewannen die Forschenden aber die Erkenntnis, dass die Nahrung der Felchen eine entscheidende Rolle für die Veränderungen spielt. Fütterten sie Felchen mit Nahrung – sogenanntem Zooplankton – aus dem Thunersee, entwickelten diese die typischen Veränderungen der Geschlechtsorgane. Erhielten die Fische hingegen kommerzielles Fischfutter, war dies nicht der Fall. Auch Felchen aus anderen Seen entwickelten diese Veränderungen, wenn sie mit Plankton aus dem Thunersee gefüttert wurden. Die Forschenden schliessen daraus, dass es sich bei den beobachteten Veränderungen nicht um erblich bedingte Schäden handelt. Weshalb die Aufnahme von Zooplankton aus dem Thunersee bei den Felchen zu Veränderungen der Geschlechtsorgane führt, bleibt aber nach wie vor unklar und wird weiter erforscht.