

Vorhaben DAM Schutz und Nutzen - CONMAR: Konzepte zur Sanierung konventioneller Munitionsaltlasten in Nord- und Ostsee;
Vorhaben CONMAR-Impact: Risikobewertung von sprengstofftypischen Verbindungen in der deutschen Nord- und Ostsee, Umweltbundesamt
Förderkennzeichen: 03F0912G

Autoren: Dr. Anita Künitzer, Sandra Schelzig, Dr. Christian Polleichtner, Dr. Dieter Schudoma, Umweltbundesamt (UBA)

Teil I Kurzbericht

Aufgabenstellung:

CONMAR-Impact umfasste im Rahmen von CONMAR folgende Aufgaben:

- Arbeitspaket (AP)2 „Konzept für ein föderiertes Datenmanagement“, Aufgabe 2.3 „Management und Kuration von Projektdaten“
- AP4 „Ökologische und biologische Untersuchungen in Referenz- und Munitionsversenkungsgebieten“, Aufgabe 4.5 „Laborexposition: Auswirkung von sprengstoff-typischen-Verbindungen (STVs) auf den Metabolismus und die Gesundheit“
- AP6 „Toxikologische Risikobewertung von Munition im Meer“, Aufgabe 6.1 „Ökotoxikologische Risikoabschätzung“

Ablauf des Vorhabens und Ergebnisse:

An der Aufgabe 2.3 „Management und Kuration von Projektdaten“ wurde unter Leitung von GEOMAR mitgearbeitet.

- Es wurde die Einbindung der Meeresumweltdatenbank des UBAs in eine föderierte Datenhaltung eruiert. Parallel hatte das UBA angefangen, die Möglichkeiten einer Bund/Länder Datenhaltung zu Munition im Meer zu konzipieren. Dies ist wegen der sicherheitsrelevanten Daten problematisch und wurde wegen der Komplexität der Aufgabe aufgegeben, auch weil die Marine über sehr gute, interne Datensätze verfügt, die nicht dupliziert werden müssen und geheim sind.
- Toxikologische Daten, wie sie im Arbeitspaket 4 gewonnen wurden, wurden in der ETOX Datenbank des UBA gespeichert werden. Die ETOX Datenbank wurde 2024 in die große Bund/Länder Datenbank ChemInfo des UBA migriert. Die Daten zum AP 4 sind jetzt dort abrufbar. Im Bericht des Umweltbundesamtes zu den Ergebnissen des CONMAR Impact Projektes sind die gewonnenen Toxizitätsdaten zu STV im Ergebniskapitel über QR-Codes aus der ChemInfo-Datenbank abrufbar (Schelzig et al., 2025).

Die Aufgabe 4.5 „Laborexposition: Auswirkung von STVs auf den Metabolismus und die Gesundheit“ ist eine der beiden Kernaufgaben des UBA in CONMAR-Impact:

Es wurden Versuche zur Bestimmung der Ökotoxizität von TNT und seinen Metaboliten sowie weiteren sprengstofftypischen Verbindungen (STVs) aus der Liste der 13 relevanten STVs mit 2 marinen Kieselalgenarten (*Phaeodactylum tricornutum* und *Skeletonema marinoi*) durchgeführt. Dabei wurden in Monospezies-tests gemäß *DIN EN ISO 10253 (2016)* Dosis-Wirkungsbeziehungen bestimmt und auf deren Basis Effektkonzentrationen abgeleitet. Die Arbeiten sind in Schelzig et al., 2025 veröffentlicht.



- Die Ergebnisse zeigen, dass alle untersuchten Munitionsverbindungen und Metaboliten eine Toxizität gegenüber den verwendeten Kieselalgen aufwiesen. *S. marinoi* zeigte im Vergleich zu *P. tricornutum* eine deutlich höhere Empfindlichkeit gegenüber TNT. Insgesamt wies TNT, gefolgt von seinen Metaboliten, 2-ADNT und 4-ADNT, das höchste ökotoxikologische Potenzial aller in dieser Studie getesteten Munitionsverbindungen auf. 1,3-DNB zeigte eine ähnliche Toxizität wie die TNT-Metaboliten 2-ADNT und 4-ADNT. Die Toxizität von 2,6-DNT war etwa eine ganze Größenordnung geringer. Nach Literaturdaten werden RDX und HDX erst bei Konzentrationen im hohen mg/L-Bereich für aquatische Primärproduzenten toxisch und konnten auf Grund ihrer sehr geringen Löslichkeit nicht in diesen Konzentrationsbereichen getestet werden. Die Ergebnisse wurden in einer Arten Sensitivitätsverteilung (species sensitivity distribution, SSD) statistisch mit den SSDs von Lotufo et al. 2017 verglichen. Der Vergleich zeigte, dass die im UBA untersuchten Kieselalgen zu den empfindlichsten bisher getesteten Arten gegenüber STVs gehören.

Die Aufgabe 6.1 „Öko-toxikologische Risikoabschätzung“ ist die zweite Kernaufgabe des UBA in CONMAR-Impact:

Es wurden in CONMAR-Impact als ökotoxikologisch abgeleitete Grenzwerte für TNT in Wasser, Sediment und Biota Umweltqualitätsnormen abgeleitet, wie sie für die Wasserrahmenrichtlinie und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie Anwendung finden. Die Arbeiten und Ergebnisse dieser Aufgabe werden in Schudoma et al, 2025 beschrieben und veröffentlicht.

Da die Arbeiten sehr umfangreich waren, wurden UQNs nur für TNT für Wasser, Sediment, Biota und den Menschen abgeleitet. Da die Toxizität von 2-ADNT und 4-ADNT sehr ähnlich zur Toxizität von TNT ist, könnten deren Umweltkonzentrationen additiv mit TNT unter der UQN für TNT bewertet werden. Datenrecherche wurde in Stoff- und Literaturdatenbanken, Forschungsberichten nach Ergebnissen von Ökotoxizitäts- und Toxizitätstests, relevanten Daten zum Umweltverhalten wie z.B. Wasserlöslichkeit, Verteilungskoeffizienten, Biokonzentrationsfaktor und Abbau durchgeführt. Die Qualitätsbewertung der Effektdaten (CRED) und Ermitteln der Schlüsselstudien erfolgte nach Moermond et al., 2016: Testmethode, Testsubstanz, Testorganismus, Expositionsbedingungen, statistische Methoden, biologische Wirkung (Dosis-Wirkungsbeziehung).

Im Rahmen der Dossier-/Datenblätterstellung wurden Qualitätsstandards (Jahresmittelwert, AA-QS_{sw}, eco und Maximalwert MAC-QS_{sw}, eco) für die einzelnen Schutzgüter (Pelagiale und benthische Lebensgemeinschaften in Süßwasser, Brackwasser oder Meerwasser, Endglieder der aquatischen Nahrungskette (Otter, Flusseechwalbe), Gesundheit des Menschen via Fischkonsum und Trinkwasser) abgeleitet (berechnet) und begründet. Empfindlichste Schutzgüter wurden bestimmt und ein Vorschlag für mehrere schutzgutübergreifende Umweltqualitätsnormen erstellt. Peer Review des Datenblattes und der vorgeschlagenen Qualitätsstandards erfolgte durch die REACH Experten des Umweltbundesamtes sowie das Spurenstoffzentrum am UBA. Das MSRL D8/D9 Expertennetzwerk wird im Folgeprojekt um Stellungnahme gebeten.

Ein Vorschlag für die Matrix (Wasser, Sediment, Biota) zur Überwachung der UQN (empfindlichstes Schutzgut) wurde nach Vergleich der UQN mit Monitoringdaten gemacht. Da keine UQN für Sediment abgeleitet werden konnte und die Konzentrationen im Meerwasser unterhalb der UQN liegen, sollte in Biota gemessen werden. (Schelzig et al., 2025)



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

**Verbundvorhaben DAM Schutz und Nutzen - CONMAR: Konzepte zur Sanierung konventioneller Munitionsaltlasten in Nord- und Ostsee;
Vorhaben CONMAR-Impact: Risikobewertung von sprengstoff-typischen Verbindungen in der deutschen Nord- und Ostsee, Umweltbundesamt
Förderkennzeichen: 03F0912G**

Autoren: Dr. Anita Künitzer, Sandra Schelzig, Dr. Christian Polleichtner, Dr. Dieter Schudoma,
Umweltbundesamt (UBA)

Teil II Eigehende Darstellung CONMAR Impact

Aufgabenstellung:

CONMAR greift zentrale Themen des Bundesforschungsprogramms MARE:N auf. Wie viele Schadstoffe wirken sich auch explosive Verbindungen negativ auf die Funktion von Ökosystemen und die Artenvielfalt aus. Die Robustheit von Ökosystemen angesichts des kontinuierlichen Eintrags dieser Verbindungen in die Wassersäule und die Sedimente ist noch nicht gut erforscht. Das Projekt hat politischen Entscheidungsträgern mit lösungsorientierten Managementkonzepten geholfen und wurde durch die Einbeziehung von Stakeholdern validiert. Die Ergebnisse von CONMAR Impact wurden in mehreren Veranstaltungen innerhalb des Umweltbundesamtes unter anderem den Experten der Schadstoffbewertung, der Ableitung von Umweltqualitätsnormen, des Meeresschutzes und der Amtsleitung vorgestellt und diskutiert.

Die DAM zielt auf eine mehr angewandte Forschung, die direkt von den Stakeholdern genutzt werden kann, ab. CONMAR-Impact hat dazu speziell die Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO) Strukturen, die relevanten Arbeitsgruppen von OSPAR und HELCOM sowie der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) adressiert und über die Ergebnisse informiert.

CONMAR-Impact umfasste im Rahmen von CONMAR folgende Aufgaben:

- Arbeitspaket (AP)2 „Konzept für ein förderiertes Datenmanagement“, Aufgabe 2.3 „Management und Kuration von Projektdaten“
- AP4 „Ökologische und biologische Untersuchungen in Referenz- und Munitionsversenkungsgebieten“, Aufgabe 4.5 „Laborexposition: Auswirkung von sprengstoff-typischen Verbindungen (STVs) auf den Metabolismus und die Gesundheit“
- AP6 „Toxikologische Risikobewertung von Munition im Meer“, Aufgabe 6.1 „Ökotoxikologische Risikoabschätzung“

Ablauf des Vorhabens und Ergebnisse:

An der Aufgabe 2.3 „Management und Kuration von Projektdaten“ wurde unter Leitung von GEOMAR mitgearbeitet.

- Es haben zum Informationsaustausch Webinare stattgefunden, an denen Mitarbeiter*innen des Umweltbundesamtes (UBA) teilgenommen haben.
- Es wurde die Einbindung der Meeresumweltdatenbank des UBAs in eine förderierte Datenhaltung eruiert.
- Parallel hatte das UBA angefangen, die Möglichkeiten einer Bund/Länder Datenhaltung zu Munition im Meer zu konzipieren. Dies ist wegen der sicherheitsrelevanten Daten problematisch und wurde wegen der Komplexität der Aufgabe aufgegeben, auch weil die Marine über sehr gute, interne Datensätze verfügt, die nicht dupliziert werden müssen und geheim sind.
- Toxikologische Daten, wie sie im Arbeitspaket 4 gewonnen wurden, wurden in der ETOX Datenbank des UBA gespeichert. Die ETOX Datenbank wurde 2024 in die große Bund/Länder Datenbank ChemInfo des UBA migriert. Alle ETOX-Daten sind jetzt dort abrufbar. Im Bericht des Umweltbundesamtes zu den Ergebnissen des CONMAR Impact Projektes sind die gewonnenen Toxizitätsdaten zu STVs im Ergebniskapitel über QR-Codes aus der ChemInfo-Datenbank abrufbar (Schelzig et al., 2025). Ein Beispiel ist folgendes:

<https://redaktion.chemikalieninfo.de/dossier/citation/124180>



Die Aufgabe 4.5 „Laborexposition: Auswirkung von STVs auf den Metabolismus und die Gesundheit“ ist eine der beiden Kernaufgaben des UBA in CONMAR-Impact:

Es wurden Versuche zur Bestimmung der Ökotoxizität von TNT und seinen Metaboliten sowie weiteren sprengstofftypischen Verbindungen (STVs) aus der Liste der 13 relevanten STVs mit 2 marinen Kieselalgenarten (*Phaeodactylum tricornutum* und *Skeletonema marinoi*) durchgeführt. Dabei wurden in Monospezies-tests gemäß *DIN EN ISO 10253 (2016)* Dosis-Wirkungsbeziehungen bestimmt und auf deren Basis Effektkonzentrationen abgeleitet. Die Arbeiten beinhalteten im Einzelnen folgende Schritte und sind in Schelzig et al., 2025 veröffentlicht:

- Auswahl der sprengstofftypischen Verbindungen: Es wurden ökotoxikologische Untersuchungen mit 5 STVs (TNT, 1,3-DNB, 2-ADNT, 4-ADNT, 2,6-DNT) und 2 marinen Kieselalgenarten durchgeführt werden.
- Beschaffung der Testsubstanzen sowie aller notwendigen Chemikalien zur Durchführung der ökotoxikologischen Versuche.
- Kultivierung der marinen Kieselalgenarten *P. tricornutum* und *S. marinoi* im Labor. – Im Verlauf der experimentellen Arbeiten traten immer wieder und mit zunehmender Häufigkeit Schwierigkeiten bei der Kultivierung von *P. tricornutum* auf. Aus unbekanntem Gründen schwankten die Wachstumsraten in den Algenkulturen von *P. tricornutum* zwischen verschiedenen Versuchen stark, was immer wieder zu ungültigen (nicht validen) Versuchsergebnissen führte. Auch der wiederholte Bezug der Algenkultur von der SAG Göttingen konnte dieses Problem nicht nachhaltig lösen. Auch Versuche mit modifizierten Wachstumsmedien und Meerwasseransätzen (sowohl natürlich als auch künstlich) blieben erfolglos. Daher wurde gegen Ende des zweiten Projektjahres beschlossen, die experimentellen Versuche nur mit *S. marinoi* durchzuführen. Diese Art war geeignet, um während des gesamten Projektzeitraums gültige / valide Versuchsergebnisse zu erzielen. Die



Wachstumsraten von *S. marinoi* waren durchweg ausreichend, ohne große Schwankungen. Zudem zeigte der Vergleich beider Arten mit TNT, dass *S. marinoi* empfindlicher ist als *P. tricornutum*. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich diese Erkenntnis sehr wahrscheinlich auf die TNT-Metaboliten 2-ADNT und 4-ADNT übertragen lässt.

- Durchführung von Referenzprüfungen zur Sicherstellung der Integrität der Testmethode – Um die Integrität der Testsysteme sicherzustellen und zu überprüfen, dass die ausgewählten Testorganismen mit der erwarteten Empfindlichkeit auf die Testsubstanzen reagieren, wurden vor den ökotoxikologischen Experimenten Referenztests mit der Referenzsubstanz 3,4-Dichlorphenol (3,4-DCP) gemäß DIN EN ISO 10253 (2016) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Referenztests wurden mit den Ergebnissen eines internationalen Laborvergleichstests verglichen, der im Rahmen der Validierung der DIN EN ISO 10253 durchgeführt wurde (Ergebnisse in Baudo (2015)), sowie mit den Ergebnissen von Referenztests, die zuvor in der Ökotoxikologielabor des UBA durchgeführt wurden. Für den internationalen Laborvergleichstest wurde *Skeletonema costatum* verwendet, eine Kieselalgenart, die eng mit *S. marinoi* verwandt ist. Aufgrund ihrer engen Verwandtschaft wurde eine ähnliche Empfindlichkeit gegenüber der Referenzsubstanz 3,4-DCP angenommen. Die Ergebnisse der Referenztests bestätigen eindeutig die Integrität des Testsystems und die erwartete Empfindlichkeit der verwendeten Kieselalgenart.
- Probenahme und Analyse der Proben zur Bestimmung der eingesetzten Realkonzentrationen (Analytik erfolgte mit Hilfe des Projektpartners UKSH, Kiel) – Proben der Algensuspensionen aller getesteten Konzentrationen wurden bei jedem Versuch zu Expositionsbeginn und nach 72-stündiger Exposition genommen. Für die Analytik wurden die Proben vorbereitet, indem sie zusammen mit einem Standard über eine Chromatographiesäule eluiert wurden. Das Lösemittelvolumen wurde anschließend im Rotationsverdampfer reduziert und die Proben in Probengefäße abgefüllt. Für ausgewählte Proben wurde zusätzlich die Biomasse von der Wasserphase getrennt und vor dem aufbringen auf die Säule mechanisch aufgeschlossen.
- statistische Auswertung und Interpretation der Testergebnisse – Mit der Software ToxRat Professional XT, Version 3.3.0 wurden Dosis-Wirkungsbeziehungen abgeleitet und Effektkonzentrationen bestimmt. Als Modell wurde eine 3-parametrische normal CDF (cumulative distribution function) gewählt. LOEC und NOEC wurden ebenfalls mit dem Programm ToxRat Professional XT, Version 3.3.0 bestimmt. Nach einem Test auf Normalverteilung und einem Test auf Varianzhomogenität wurden signifikante Unterschiede der verschiedenen Prüfansätze im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle mit Hilfe eines t-Testes bestimmt. Auf Basis der ermittelten signifikanten Unterschiede konnten jeweils Werte für LOEC und NOEC festgelegt werden.
- D4.5-6 Bericht zur STV-Toxizität an Kieselalgen – Die in CONMAR Impact durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse sind in Schelzig et al. (2025) veröffentlicht. Die Ergebnisse zeigen, dass alle untersuchten Munitionsverbindungen und Metaboliten eine Toxizität gegenüber den verwendeten Kieselalgen aufwiesen. *S. marinoi* zeigte im Vergleich zu *P. tricornutum* eine deutlich höhere Empfindlichkeit gegenüber TNT. Insgesamt wies TNT, gefolgt von seinen Metaboliten, 2-ADNT und 4-ADNT, das höchste ökotoxikologische Potenzial aller in dieser Studie getesteten Munitionsverbindungen auf. 1,3-DNB zeigte eine ähnliche Toxizität wie die TNT-Metaboliten 2-ADNT und 4-ADNT. Die Toxizität von 2,6-DNT war etwa eine ganze

Größenordnung geringer. Nach Literaturdaten werden RDX und HDX erst bei Konzentrationen im hohen mg/L-Bereich für aquatische Primärproduzenten toxisch und konnten auf Grund ihrer sehr geringen Löslichkeit nicht in diesen Konzentrationsbereichen getestet werden. Die Ergebnisse wurden in einer Arten Sensitivitätsverteilung (species sensitivity distribution, SSD) statistisch mit SSDs von Lotufo et al. (2017) verglichen. Der Vergleich zeigte, dass die getesteten Algen zu den empfindlichsten, bisher untersuchten Arten gegenüber STV gehören (Abbildung 1).

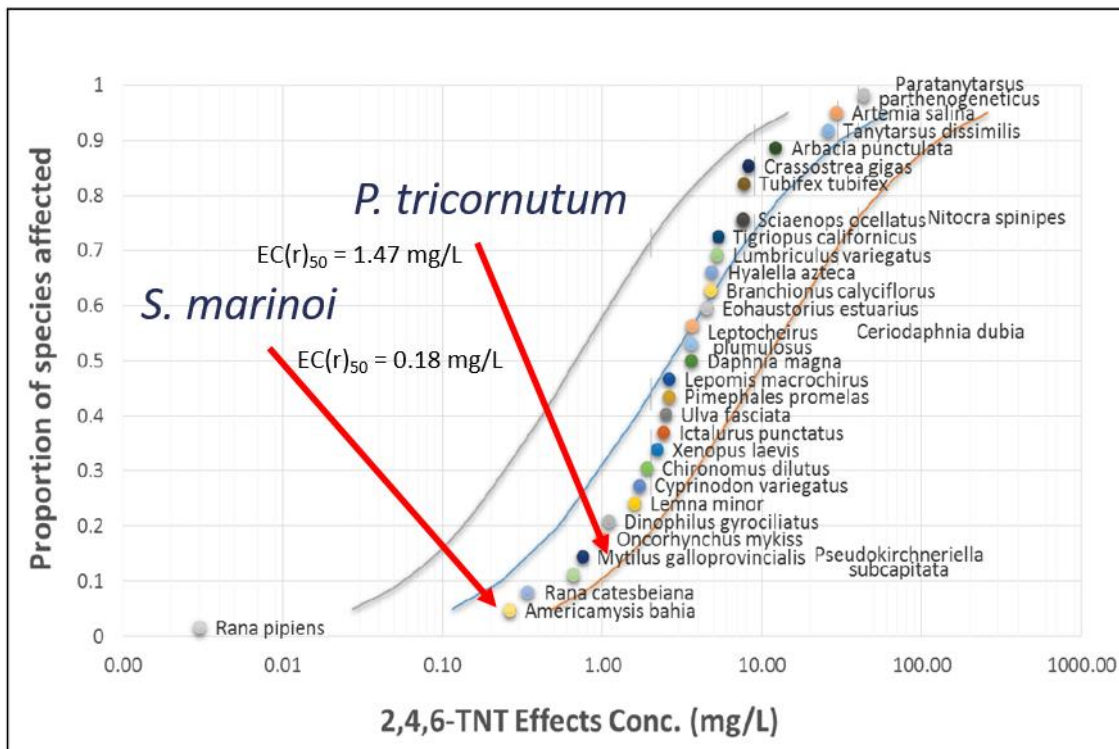


Abbildung 1: Arten Sensitivitätsverteilung (SSD) für TNT von Lotufo et al., 2017, ergänzt durch Daten für *S. marinoi* und *P. tricornutum*

Die Aufgabe 6.1 „Ökotoxikologische Risikoabschätzung“ ist die zweite Kernaufgabe des UBA in CONMAR-Impact:

Dazu wurde in CONMAR-Impact als ökotoxikologisch abgeleitete Grenzwerte für TNT in Wasser, Sediment und Biota Umweltqualitätsnormen (UQNs) abgeleitet, wie sie für die Wasserrahmenrichtlinie und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie Anwendung finden. Die Arbeiten und Ergebnisse dieser Aufgabe werden in Schudoma et al, 2025 beschrieben und veröffentlicht.

Um die Gefährdung von Organismen durch Schadstoffe im Wasser abzuschätzen und Grenzwerte für die Bewertung festzulegen, wurde auf europäischer Ebene ein Leitfaden für die Ableitung von Umweltqualitätsnormen) unter der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) fest gelegt, das s.g. Technical Guidance Document 27 (European Commission 2018). Das Umweltbundesamt hat aus seinen eigenen

Datenbanken und der ECHA Datenbank von REACH in einer Voranalyse die entsprechenden ökotoxikologischen Daten für STVs extrahiert. Dabei zeigte sich, dass für sprengstofftypische Verbindungen kaum ökotoxikologische Daten vorliegen und/oder die wenigen vorhandenen Daten sehr alt sind sowie teilweise nicht valide oder nicht validierbar sind und daher nicht für eine Bewertung verwendet werden können. Es wurden daher im AP4 weitere ökotoxikologische Untersuchungen durchgeführt und deren sowie weitere Ergebnisse dieses Projekts in die ökotoxikologische Risikobewertung und Ableitung von Umweltqualitätsnormen einbezogen. Die im Projekt abgeleiteten UQNs können im Rahmen der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) international von Deutschland für die Bewertung von STVs vorgeschlagen werden.

Für die Berechnung des ökotoxikologischen Risikos von STVs wurden vier verschiedene Datensätze benötigt:

1. Ergebnisse aus Laborexperimenten mit verschiedenen Biota (Fische, Muscheln, Krebstiere, Algen), in denen die toxikologischen Endpunkte sowie die EC50 und LC50-Werte bestimmt wurden (AP4)
2. Literaturdaten zu EC50-, EC10- und NOEC-Werten für aquatisch oder benthisch lebenden Arten sowie LD50- und NOAEL-Werte für Säuger und Vögel für die Ableitung eines Qualitätsstandards für Biota (secondary poisoning).
3. Konzentrationen von STVs in der Meeresumwelt (Biota, Wasser und Sedimenten) aus AP4.

Die Aufgaben des UBAs beinhalteten folgende Arbeiten zur Ableitung von Umweltqualitätsnormen für STVs:

- Auswahl der zu bearbeitenden Stoffe, Teambildung und Vorbereitung: Da die Arbeiten sehr umfangreich sind, wurden UQNs nur für TNT für Wasser, Sediment, Biota und den Menschen abgeleitet. Da die Toxizität von 2-ADNT und 4-ADNT sehr ähnlich zur Toxizität von TNT ist, könnten deren Umweltkonzentrationen additiv mit TNT unter der UQN für TNT bewertet werden.
- Datenrecherche: Recherche in Stoff- und Literaturdatenbanken, Forschungsberichten nach Ergebnissen von Ökotoxizitäts- und Toxizitätstests, relevanten Daten zum Umweltverhalten wie z.B. Wasserlöslichkeit, Verteilungskoeffizienten, Biokonzentrationsfaktor und Abbau.
- Datenbewertung: Qualitätsbewertung der Effektdaten (CRED) und Ermitteln der Schlüsselstudien nach Moermond et al., 2016: „Testmethode, Testsubstanz, Testorganismus, Expositionsbedingungen, Statistische Methoden, Biologische Wirkung (Dosis-Wirkungsbeziehung)“.
- Dossier-/Datenblätterstellung: Qualitätsstandards (Jahresmittelwert, AA-QS_{sw}, eco und Maximalwert MAC-QS_{sw}, eco) für die einzelnen Schutzgüter (pelagiale und benthische Lebensgemeinschaften in Süßwasser, Brackwasser oder Meerwasser, Endglieder der aquatischen Nahrungskette (Otter, Flussseseschwalbe), Gesundheit des Menschen via Fischkonsum und Trinkwasser) wurden abgeleitet (berechnet) und begründet.
- Empfindlichste Schutzgüter wurden bestimmt und ein Vorschlag für mehrere schutzgutübergreifende Umweltqualitätsnormen erstellt.
- Monitoringdaten zu TNT wurden abgefragt und bereitgestellt.
- Peer Review des Datenblattes und der vorgeschlagenen Qualitätsstandards erfolgte durch die REACH Experten des Umweltbundesamtes sowie das Spurenstoffzentrum am UBA. Das MSRL D8/D9 Expertennetzwerk wird im Folgeprojekt um Stellungnahme gebeten.



- Ein Vorschlag für die Matrix (Wasser, Sediment, Biota) zur Überwachung der UQN (empfindlichstes Schutzgut) wurde nach Vergleich der UQN mit Monitoringdaten gemacht. Da keine UQN für Sediment abgeleitet werden konnte und die Konzentrationen im Meerwasser unterhalb der UQN liegen, sollte in Biota gemessen werden. (Schelzig et al., 2025)

Ziel für das Folgeprojekt ist es, einen nationalen MSRL-D8 Indikator zu STVs im Rahmen der Meeresstrategie Rahmenrichtlinie (MSRL) zu entwickeln bzw. dies über OSPAR und HELCOM Stakeholder Strukturen international voranzutreiben sowie die abgeleitete UQN für TNT durch das MSRL Expert Network on Contaminants D8/D9 begutachten zu lassen und bei Akzeptanz für die Bewertung der gemessenen STV Konzentrationen im Monitoring zur Bewertung von TNT zu nutzen. Weiterhin können die vorgelegten Arbeiten von Stakeholdern zur Entscheidung über Notwendigkeit der Festlegung einer rechtsverbindlichen UQN für TNT genutzt werden.

Literaturverzeichnis

- Baudo R., 2015. Report on the International Interlaboratory Comparison of the Marine Algaltoxit. In: Publications – Reports on the website www.microbiotests.be
- Bentley, R. E., G. A. LeBlanc, T. A. Hollister, and B. H. Sleight, III. (1977). "Acute toxicity of 1,3,5,7-tetranitro-octahydro-1,3,5,7-tetrazocine (HMX) to aquatic organisms." Final Report. Prepared for the U.S. Army Medical Research and Development Command, Washington, D.C. DTIC Accession No. ADA061 730. Wareham, MA: E G and G, Bionomics
- Bentley, R. E., J. W. Dean, S. J. Ells, T. A. Hollister, G. A. LeBlanc, S. Sauter, and B. H. Sleight (1977). "Laboratory evaluation of the toxicity of cyclotrimethylene trinitramine (RDX) to aquatic organisms." Final Report. Prepared for U.S. Army Medical Research and Development Command, Fort Detrick, MD. DTIC Accession No. ADA061730. Wareham, MA: E G and G Bionomics
- Burton, D. T., Turley, S. D., & Peters, G. T. (1994). „The toxicity of hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine (RDX) to the freshwater green alga *Selenastrum capricornutum*." *Water, Air, and Soil Pollution*, 76, 449-457. DOI <https://doi.org/10.1007/BF00482717>
- DIN EN ISO 10253 (2016) "Water quality - Marine algal growth inhibition test with *Skeletonema sp.* and *Phaeodactylum tricornutum*". DOI <https://dx.doi.org/10.31030/2529892>
- European Commission 2018: Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards. Guidance Document No. 27 (Updated version 2018). Document endorsed by EU Water Directors at their meeting in Sofia on 11-12 June 2018. European Commission, Publication Office. <https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/7573707d-410b-4ea0-aa84-6ef762e40ecd/details>
- Lotufo, G. R., M. A. Chappell, C. L. Price, M. L. Ballentine, A. A. Fuentes, T. S. Bridges, R. D. George, E. J. Glisch and G. Carton , 2017. "Review and Synthesis of Evidence Regarding Environmental Risks Posed by Munitions Constituents (MC) in Aquatic Systems Review and Synthesis of Evidence Regarding Environmental Risks Posed by Munitions Constituents (MC) in Aquatic Systems." Environmental Laboratory, U.S. Army Engineer Research and Development Center. ERDC/EL TR-17-17. [PDF: DEFENSE TECHNICAL INFORMATION CENTER] DOI:[10.21079/11681/25402](https://doi.org/10.21079/11681/25402)



- Schelzig, S. 2023: Prüfung der Toxizität von TNT auf marine Kieselalgen der Art *Skeletonema marinoi* (Test no. C13Sm). Umweltbundesamt, Ökotoxikologielabor, Prüfungscode C13Sm. <https://recherche.chemikalieninfo.de/etox/zitat/122650>
- Schelzig et al. 2025: Risk assessment of munition compounds in the German North and Baltic Seas (CONMAR-Impact) - Contribution to the CONMAR Project (CONcepts for conventional MARine Munition Remediation in the German North and Baltic Sea). UBA TEXTE xxx/2025, in press.
- Schudoma D, K. Bauer, L. Baumgartner, F. Hartwig. 2025. EQS DATASHEET - ENVIRONMENTAL QUALITY STANDARD for 2,4,6-Trinitrotoluol. Umweltbundesamt TEXTE xx/2025, in press.
- Sullivan, Jr., J. H., H. D. Putnam, M. A. Keirn, B. C. Pruitt, Jr., J. C. Nichols, and J. T. McClave. (1979). "A summary and evaluation of aquatic environmental data in relation to establishing water quality criteria for munitions unique compounds – Part 2. Nitroglycerin." Final Report. DTIC Accession No. ADA082437. Contract No. DAMD 17-77-C-7027. Gainesville, FL: Water and Air Research, Inc.