

Auswertungsbericht zum Bildmaterial North Stream

November
30

2022

Auswertungsbericht mit Zustandsbeschreibung und
sprengstoffphysikalischer Interpretation des Bildmaterials zu einem Schaden
am Pipelinestrang.

Abkürzungsverzeichnis

cm ³	Kubikzentimeter
g	Gramm
kg	Kilogramm
kg/TNT	Kilogramm TNT-Äquivalent (Vergleichsgröße)
m	Meter
MPa	Megapascal
mm	Millimeter
NS	North Stream
N	Newton
TNT	2,4,6-Trinitrotoluol

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Arbeitshypothese	3
3	Beschreibung der Filme	6
4	Zusammenfassung	10

Auswertungsbericht zum Bildmaterial NS

Nachfolgend werden die auffälligen Sachverhalte unter Angabe der jeweiligen Sichtbarkeit nach Filmminuten aufgeführt.

1 Einleitung mit Beschreibung der Randbedingungen

Es werden Schadensbilder unter Wasser bei einer Tiefe von 70 m im Bornholmbecken mit einem Wasserdruck von ca. 0,7 MPa nach Augenschein ausgewertet. Beobachtungsgegenstand ist ein Abschnitt der Pipeline NS die an diesem Abschnitt zu etwa 80% bodengleich im Seeboden vergraben ist. Das verlegte Rohr besteht aus einem Stahlblechkernrohr mit Wandstärken von 25 – 40 Millimeter, Legierung S70 mit einer Zugfestigkeit von ca. 650 N/mm.

Der Betriebs-, bzw. Instandhaltungsinwendendruck wird auf 10 – 12 MPa geschätzt

Darüber liegt eine schwarze Korrosionsschutzschicht, zum Meer schließlich eine Betonlage mit Rechteckbewehrung den Aufbau ab.

Material-, oder Wasserproben liegen nicht vor. Eine chemisch - analytische Untersuchung ist damit nicht möglich, auch metallographische Auswertungen entfallen.

2 Arbeitshypothese

Es wird vermutet, dass das verlegte Rohrmaterial im gefilmten Abschnitt gezielt einem kurzzeitdynamischen Ereignis unterworfen worden ist. Die zum Ereignisablauf an geophysikalischen Stationen aufgezeichnete akustische Signatur legt dabei high order Detonationen von Sprengstoffmassen von ca. 200 - 500 kg nahe. Aus den Signalen ist nicht erkennbar, ob es sich dabei um eine, oder mehrere parallel gezündete Ladungen handelt. Die Beobachtung von mehreren Kratern an andere Stelle legt letzteres nahe.

In dem Kontext bekannte Überlegungen, dass die Leitung von Innen gesprengt wurde, erscheinen für den untersuchten Abschnitt als unwahrscheinlich. Die beobachtbaren Aufbiegungserscheinungen sind sehr wahrscheinlich auf den Innendruck und die lokale Kompression durch eine Stoßwelle zurückzuführen.

Ein für Schneidladungen, lineare und punktförmige, typische Metallantrag (s. Abb. 1 und 2), ist nicht erkennbar.

Sichere Auskunft über Impulsrichtung, relative Stärke etc. der Einwirkung ist nur durch metallografische Untersuchung von zweckmäßig entnommenen Materialproben möglich.



Abb.1: Typischer Materialantrag von Kupferlegierung an der Eintrittsstelle von Punktladungen

(BfUS, eigene Aufnahme)

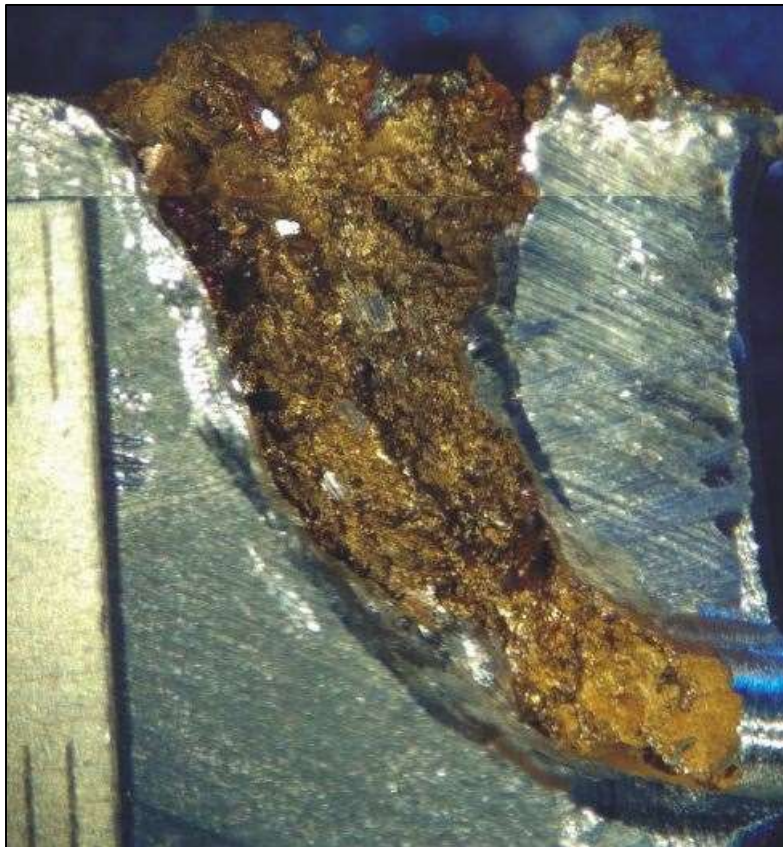


Abb. 2: Materialantrag im typischen Verlauf einer Schneidladung

(BfUS, eigene Aufnahme)

Das Videomaterial deutet mehr auf einen Zerstörungsmechanismus ähnlich Abb. 3 hin. Dabei werden eine lokal stark begrenzte Materialdeformation ohne Zerteilung desselben sowie randlich davon, eine Deformation mit langen Rissbildungen beobachtet.



Abb. 3: Deformiertes Blech aus Anspannung. Ladung in größerem Abstand zum Blech

(BfUS, eigene Aufnahme)

Um einen Deformationsschaden in der augenscheinlichen Größenordnung, bei zu ca. 80% eingegrabenem Rohrquerschnitt, durch eine auf den Seeboden aufgelegten Ladung zu bewirken, ist je nach Abstand zum Ziel eine erhebliche Sprengstoffmasse erforderlich.

Bei mehreren Ladungen, etwa in Reihe angeordnet, kommt noch das Erfordernis hinzu, weitgehend zeitgleich alle Ladungen auszulösen. Entsprechende Vorrichtungen, die auf Auslösung durch benachbarte Stoßwellen ansprechen, sind samt Zündern und Schlagladungen zur Aktivierung der Hauptladung(en) als für Staaten verfügbar anzusehen. Aufgrund der einfachen Komponenten kann auch eine Verfügbarkeit für nichtstaatliche Organisationen keinesfalls ausgeschlossen werden.

Nach unbestätigten Berichten verfügt Schweden über Fundstücke die als „Kunststoffteile mit Sprengstoffspuren“ beschrieben werden.

Es ist ausdrücklich darauf hingewiesen: Dieser Bericht verwendet zu Vergleichszwecken das Energieäquivalent in kg/TNT, was sich auf TNT der Dichte $1,6 \text{ g/cm}^3$ bezieht. Damit ist keinesfalls die Verwendung von TNT für die Aktion, allein, oder als Laborierung, wahrscheinlich oder nachgewiesen.

Welche Ladungsmassen in TNT – Äquivalenten erforderlich sind, um in ca. 70 Meter Wassertiefe eine Gasblase definierten Durchmessers zu bilden, geht aus Tabelle 1 hervor. Durch die Anordnung der Ladung im untersuchten Fall, auf dem Seeboden aufgelegt, kann der Durchmesser geringfügig größer ausfallen, die Ausbreitung erfolgt anfänglich eher halbkugelförmig.

TNT Äquivalent [kg]	Durchmesser Primärblase, ca. [m]
100	3,5
200	5
300	5,6
400	6,2
600	7

Tabelle 1: Durchmesser der Gasblase bei freier Ausbreitung. Kann auf dem Seeboden, und bei abweichenden Laborierungen 10 -25% größer ausfallen

3 Beschreibung der Filme

3.1 Film: 2ter-versuch-röhren-GH063357 Länge 8´53´´

05:06 Seeboden mit Auswurfspuren von Bodenmaterial, kenntlich als helle Brocken

Dazu Detritus mit schwacher Strömung über Grund, Parteien von Strömungsgrippeln

Interpretation: Für die Fläche ist ein außergewöhnliches Ereignis zu verzeichnen. Bodenmaterial des Hartgrundes ist kleinteilig zerbrochen und in der Fläche verteilt. Als Ursache für diese Auflockerung kommen etwa Druckspülungen oder eher Stoßwellen in Betracht. Letztere sind vorzugsweise geeignet eine solche Beschädigung zu bewirken.

Das sehr dunkle Bildmaterial begrenzt die Interpretationsmöglichkeiten

3.2 Film: bluerovlate25_Pipe-sticking_up Länge 24´26´´

07:33 Grundberührung

07:55 Kraterartige Bodenvertiefung mit zahlreichen Bodenfragmenten, die Vertiefung zeigt einen flachen elliptischen Kegel in den einige Fragmente zurückgefallen sind. Der Boden ist nicht sichtbar.

Interpretation: Begründeter Verdacht für eine Sprengstoffumsetzung. Die Kratergeometrie kann auf eine längliche Ladung, und/oder auf eine seitliche Schlagladung zur Zündung hindeuten.

08:10 Stehendes Rohr wird erkennbar

08:29 Rohr mit Betonmantel und Bewuchs

Interpretation: Rohr nicht in Verlegeposition, sondern absehbar durch Krafteinwirkung verstellt. Bewuchs zeigt, dass der Rohstrang nicht vollständig mit Bodenmaterial abgedeckt worden ist. Ca. 20% des Querschnitts ragen über den Seeboden hinaus.

09:02 Grenze der Betonhülle am stehenden Rohr, darüber etwas deformierte Bewehrung, Betonschicht nahezu vollständig abgelöst. Bewehrung charakteristisch zu den Seiten verbogen.

Interpretation: Der betonfreie Rohrabschnitt hat diesen Schutz durch starke Erschütterung/Schwingungen verloren. Bis zur eigentlichen Defektstelle hat das Stahlrohr hier elastisch reagiert, da keine bleibenden Formänderungen erkennbar sind. Das deutet auf den Randbereich eines sehr dynamischen Lastfalls hin, die Wirkung einer Anspannung ist diesem Defekt ähnlich.

10:15 Oberes Ende des Rohrabschnitts zeigt ROV-seitig eine starke plastische Deformation die sattelartig wirkt. Das Rohrmaterial ist nach Innen gedrückt. Die abgewandte Seite des Rohrs weist große nach Außen weisende Blechsegmente auf. Die Innenseite des Gasrohrs ist rot beschichtet, beide aufgebogenen Flügel, links und rechts des GP-Zeichens, sind durch die Kombination der Stoßwelle mit dem Innendruck verbogen worden

Interpretation: Dieses Rohrende ist stark deformiert. Es kam sehr wahrscheinlich zu einem nicht vorhergesehene Lastfall der einerseits eine radiale Abtrennung bewirkte, andererseits zu der starken Deformation mit Sattelformbildung führte. Diese Deformation kann als Resultat der Einwirkung einer größeren Sprengladung betrachtet werden. Das Spurenbild legt dabei nahe, dass diese Ladung nicht kraftschlüssig anlag. Sie muss sich aber in kurzer Distanz zum verlegten Rohr befunden haben. Die Abrisskanten des Rohrblechs zeigen keine Anzeichen von Schneidladungen, Fahnenbildung deutet auf Bruchdehnung hin.

In der Ausgangsposition scheint das verlegte Rohr seitlich durch eine Sprengladung größerer Masse mit einer Stoßwelle beaufschlagt worden zu sein. Deren Brisanz war nicht mehr übermäßig hoch, was durch Abstand, Betonmantel und Sprengstofflaborierung erklärt werden kann.

Über die Mechanismen kann genauer nur durch zweckmäßige Entnahme von Metallproben für die metallografische Untersuchung Auskunft gegeben werden. Die Entnahme ist allerdings nicht trivial, da dafür das Probenmaterial nicht in seinem Gefüge verändert werden darf, also kalt, bei Umgebungstemperatur geschnitten werden muss.

11:04 Risskanten erscheinen glatt, oder mit kleiner Fahne an der Ablösungsseite.

Interpretation: Dehnungsrisse die möglicherweise an der Übergangzone von der plastischen zur elastischen Deformation liegen können. Metallografie mit Nachweis entsprechender Lüdersbänder wäre hier ein zweckmäßiger Nachweis.

13:38 Abstieg zum Seeboden

14:50 Es ist nicht erkennbar, ob der stehende Rohrabschnitt noch am Strang hängt, oder durch die Einwirkung komplett abgetrennt wurde und schließlich in das Sediment eingedrungen ist.

Interpretation: Die Verstellung allein spricht schon für eine beachtliche Energiefreisetzung, sollte der Abschnitt komplett abgetrennt sein, war der Sprengungsansatz sehr erfolgreich. Grundkenntnisse der Sprengtechnik mit Ladungsbemessung und Positionierung müssen bekannt gewesen sein, ebenso die Einschätzung welche Mindestenergie erforderlich ist, um den beobachtbaren Schaden herbeizuführen.

16:12 Ab diesem Zeitpunkt zu dunkel für Auswertung.

3.3 Film: Dropping_GH023358 Länge 8' 57''

Insgesamt schlechte Bildqualität, die Motive kommen in 3.2 deutlicher heraus, der Deformationsgrad aus 3.2 bestätigt sich.

3.4 Film: looking-after-drop-GH033358 Länge 8' 50''

00:21 Blanke Bruchkante in der Sattelregion. Der Abriss mit Bruchdehnung ist erkennbar.

07:20 Große Längsrisse

Interpretation: Die Defekte erscheinen im Bild recht hell, Korrosion der Bruchflächen hat noch keinen erheblichen Umfang angenommen. Üblicherweise würden Rückstände von Nitroaromaten solche Flächen in wenigen Stunden mit Oxiden überziehen. Ob Korrosionsspuren vorhanden sind, ist nur mikroskopisch/elektronenmikroskopisch abklärbar.

Nachfolgende Bilder sind für eine Auswertung zu dunkel.

3.5 Film: NS1_Versuch2_Röhre folgen Länge 54' 51''

25:41 Helle Lockermassen auf dunklem Seeboden verteilt

28:16 Klare Sicht auf Seeboden zeigt Strömungsrippeln

Interpretation: Spuren eines kürzlich erfolgten Umlagerungsereignisses. Das verteilte Material kann Auswurfmasse einer Sprengung sein. Der Seeboden zeigt durch die Rippeln Vorzugsströmungsrichtungen über Grund. Vorherrschende Strömungsrichtungen sind bei weiter gehenden Untersuchungen zu berücksichtigen. Schadstoffe oder Umsetzungsrückstände können durch Strömung weit verlagert, verdünnt oder auf dem Transport bis zur Mineralisierung zerstört werden. Allerdings sind diese Vorzugsrichtungen der Strömung auch als Schwerpunkt für die Suche nach Materialrückständen, etwa Zünd- und Auslösesystem, oder Hülle der Schlagladung(en) zu betrachten.

34:50 Rostbraunes, dünnwandig erscheinendes Blechteil, durchgebogen und mittig von Sediment bedeckt.

38:20 Vertiefungen/Eindrücke auf dem Seeboden

Interpretation: Das Blech ist nicht zuzuordnen, die stark korrodierte Oberfläche lässt Metallschrott vermuten. Genauen Aufschluss kann auch hier nur die Probengewinnung bringen. Die Eindrücke legen nahe, dass hier Bleche, oder zylindrische Objekte, gelegen haben, die aktuell entfernt worden sind.

47:22-41 Lockermassen um eine irreguläre Vertiefung.

Interpretation: Möglicherweise eine durch Umsetzung einer Sprengladung bewirkte Zerstörung. In wie weit dabei die ungleichförmige Zusammensetzung des Untergrundes die Form der Vertiefung bestimmt, bleibt ohne Sedimentproben ungeklärt.

4 Zusammenfassung

Das Bildmaterial legt nahe, dass die untersuchten Leitungsabschnitte durch eine Sprengung mittels in der Nähe abgelegter Ladung so stark beschädigt worden sind, dass einzelne Rohrteile herausgetrennt und erheblich verstellt wurden. Am mutmaßlich größten Krafteinwirkungspunkt war das Rohrmaterial besonders stark deformiert, allerdings ohne Splitterbildung, wie etwa durch eine kraftschlüssig angelegte Ladung bewirkt, erkennbar wäre.

Für eine vollumfängliche Einschätzung fehlen zahlreiche Daten. Sedimentzusammensetzung, Strömung, geophysikalisch Erfassung von Seeboden und bis 10 m darunter, schließlich die chemisch - analytisch Spurenbeprobung und die metallografische Einordnung.

Diese Kurzbetrachtung lässt hinsichtlich der angewendeten Zerstörungstechnik nur eine Einschätzung zu. Für die Realisation der Zerstörung kann dies nur auf eine Fähigkeitsanalyse hinauslaufen. Im optimalen Fall werden die benutzten Komponenten aufgefunden oder nachgewiesen. Mittels chemischem Fingerprint besteht zumindest die Aussicht, auch Hersteller entsprechender Komponenten zuzuordnen.

Auch wenn alle erforderlichen Daten und Informationen erhoben sind, lässt sich daraus zwar der modus operandi rekonstruieren, aber keinesfalls ist das Ereignis auf diesem Weg einer bestimmten Gruppe, Organisation oder einen Staat zuzuordnen.

Allgemeine Warnung: Die Anwesenheit von versenkten energetischen Substanzen und Kampfstoffen, als Kampfmittelfüllung, oder in Bulkmenen, kann nicht per se ausgeschlossen werden.

Mit freundlichen Gruß,



Dipl. Geologe