



# Hightech-Mission auf dem Meeresboden



Nicolas Rivet,  
Nord Stream  
Project Coordinator  
Hyperbaric Tie-Ins

## Warum wird die Nord Stream-Pipeline überhaupt in Teilstücken gebaut?

**Nicolas Rivet:** Der Druck des Gases in der Pipeline verringert sich auf seiner Reise von Russland nach Deutschland. Deshalb ist es möglich, auch die Wandstärke der Pipeline im Verlauf der Pipeline zu verringern. Gebaut haben wir drei Teilstücke, jedes davon hat eine unterschiedliche Wandstärke.

## Welche Vorteile hat der Bau in Teilstücken?

**NR:** Zum einen hat uns die Reduktion der Wandstärken geholfen, große Mengen an Stahl zu sparen. Zum anderen war es uns durch die Konstruktion in drei Teilen möglich, beim Bau drei Verlegeschiffe gleichzeitig einzusetzen. Nur so war es möglich, unseren äußerst ehrgeizigen Terminplan einzuhalten und gleichzeitig auf Umweltaspekte Rücksicht zu nehmen.

## Wie werden die drei Segmente miteinander verbunden?

**NR:** Die Teilstücke werden auf dem Meeresboden miteinander verschweißt, in einer Tiefe von 80 und 110 Metern. Dies ist eine technisch äußerst anspruchsvolle Aufgabe. Es kommt dafür ein Spezialschiff zum Einsatz: das Tauchschiff Skandi Arctic, das als modernstes Schiff seiner Liga gilt. Es wurde dafür entworfen, Taucheinsätze in bis zu 300 Metern Tiefe möglich zu machen. Und es verfügt über die nötige Ausrüstung, um die hunderte von Tonnen schweren Stahlrohre unter Wasser zu kürzen, zu schleifen, anzuheben und schließlich zu verschweißen.

## Ist es möglich, sämtliche Vorgänge von der Oberfläche aus zu steuern?

**NR:** Das Schweißverfahren ist tatsächlich weitgehend automatisiert. Aber ohne den Einsatz

von Tauchern geht es nicht. Diese installieren die Geräte am Meeresboden und überwachen die Vorgänge beim Beschneiden, Schleifen und Verschweißen der Pipeline-Segmente. Es ist eine hochkomplexe sowie körperlich und psychisch belastende Tätigkeit. Weltweit existieren nur rund 30 Taucher, die dafür ausgebildet sind, in einer Schweißstation unter Wasser zu arbeiten. Während der ganzen Arbeiten wohnen die Taucher in einem hermetisch verschlossenen Quartier. In diesem herrscht derselbe Druck wie am Meeresboden, so können lange Wartezeiten beim Auf- und Abtauchen vermieden werden.

## Woher stammen die speziellen Geräte für die Arbeiten unter Wasser?

**NR:** Nord Stream ist Mitglied des von Statoil organisierten Verbundes für Pipeline-Reparaturarbeiten. Durch diese Mitgliedschaft hat Nord Stream Zugang zu den für die Schweißarbeiten unter Wasser benötigten Gerätschaften.

## Wie gestaltet sich der Zeitplan bei den Schweißarbeiten?

**NR:** Der erste Leitungsstrang hat im November 2011 den Betrieb aufgenommen, nachdem im Juni die Unterwasser-Schweißarbeiten erfolgreich beendet wurden. Der Abschluss der Verlegearbeiten am zweiten Leitungsstrang ist für das Frühjahr 2012 vorgesehen. Anschließend, im Spätherbst, wird die erste Verschweißung unter Wasser in finnischen Gewässern stattfinden. Einige Wochen später folgt die zweite Verschweißung in der Nähe der schwedischen Insel Gotland.

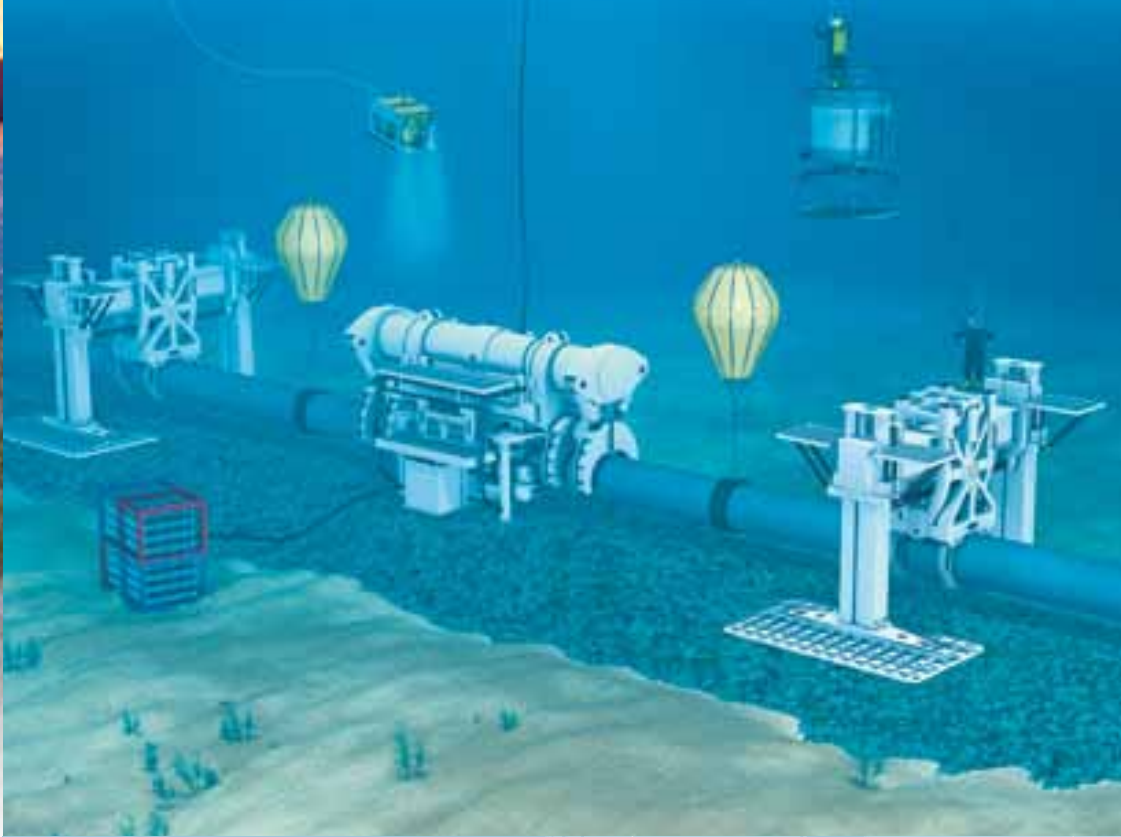
## Technip – ein erstklassiger und erfahrener Partner

Für die Verschweißungen unter Wasser arbeitet Nord Stream mit Technip zusammen. Technip ist eines der weltweit führenden Unternehmen im Bereich der Konstruktionsarbeiten für die Öl- und Gasindustrie. 1958 in Paris gegründet, beschäftigt das Unternehmen heute 30.000 Mitarbeiter in 48 Ländern. Technip verfügt über eine Flotte von insgesamt 30 Schiffen, die auf den Bau von Pipelines und Konstruktionsarbeiten unter Wasser spezialisiert sind.



# Schweißarbeiten auf dem Meeresgrund

Die Nord Stream-Pipeline wird in drei Teilstücken verlegt, die anschließend unter Wasser miteinander verbunden werden.



## Nord Stream AG

Die Nord Stream AG ist ein internationales Joint Venture von fünf großen Unternehmen, das zur Planung, zum Bau und zum anschließenden Betrieb der Erdgaspipeline durch die Ostsee gegründet wurde. Hauptaktionärin ist OAO Gazprom mit einer 51-Prozent-Beteiligung am Pipeline-Projekt. Die führenden deutschen Energieunternehmen Wintershall Holding GmbH und E.ON Ruhrgas AG sind mit jeweils 15,5 Prozent beteiligt, die niederländische N.V. Nederlandse Gasunie und die französische GDF Suez mit jeweils 9 Prozent. Die langjährige Erfahrung dieser Unternehmen garantiert hohe Standards bei Technik, Sicherheit und Unternehmensführung in diesem Projekt, das einen wichtigen Beitrag für die europäische Versorgungssicherheit leistet.

Die Nord Stream-Pipeline durch die Ostsee ist die direkteste Verbindung zwischen den riesigen Gasreserven in Russland und den Energiemärkten in der Europäischen Union. Zusammen werden die zwei 1.224 Kilometer langen Rohrstränge bis zu 55 Milliarden Kubikmeter Gas jährlich transportieren können und so über mindestens 50 Jahre Haushalte und Unternehmen in der EU versorgen. Ende 2012 werden beide Leitungsstränge in Betrieb sein. Da das Projekt den europäischen Energiemarkt und die Versorgungssicherheit stärkt, wurde es von der Europäischen Kommission, dem Europäischen Parlament und dem Europäischen Rat als „Vorhaben von europäischem Interesse“ eingestuft.

## Kontakt

Besuchen Sie unseren Pipeline-Info-Point an der Marina Lubmin.

Weitere Hintergrundinformationen:  
[www.nord-stream.com](http://www.nord-stream.com)

Fragen senden Sie an:  
[kontakt@nord-stream.com](mailto:kontakt@nord-stream.com)

Nord Stream AG  
Grafenauweg 2  
Postfach  
6304 Zug  
Schweiz

Unsere Telefonnummer:  
+41 41 766 91 91

# Ein Schiff im Zentrum des Geschehens

> Vom Tauchschiff Skandi Arctic aus werden alle Aktivitäten rund um die Schweißarbeiten unter Wasser geleitet. Das Schiff verfügt über die nötigen Gerätschaften und die Spezialisten, um solch eine Mission durchzuführen. Die Taucher, die in großer Tiefe arbeiten, wohnen in einem hermetisch abgeschlossenen Quartier.

Die Skandi Arctic ist das größte und modernste Tauchschiff der Welt. Es wurde für Einsätze in bis zu 300 Metern Tiefe entwickelt. Das Schiff wurde von STX Europe gebaut und lief 2009 vom Stapel. Es ist im Besitz von Doftech DA, einem Joint Venture der norwegischen Unternehmen DOF Subsea AS und Technip Norge AS. Das Schiff misst rund 160 Meter in der Länge und 27 Meter in der Breite. Es verfügt über einen Helilandplatz und wird mittels eines dynamischen Systems, also ohne Anker, positioniert. Der Kran am Ende des Schiffs kann Lasten von bis zu 400 Tonnen heben. Die Skandi Arctic hat zwei Tauchroboter (ROV) an Bord, dazu kommen die spezifischen Geräte für die Schweißarbeiten unter Wasser, die speziell an die Dimensionen der Nord Stream-Pipeline angepasst werden mussten.



Die Skandi Arctic wurde im norwegischen Hafen Haugesund für ihren Einsatz fit gemacht.



Rund um die Uhr überwacht eine spezielle Crew, dass in der Tauchkammer alles in Ordnung ist.



Der Kran am Heck der Skandi Arctic kann Lasten von bis zu 400 Tonnen heben.



In der Tauchkammer, die Raum für 24 Taucher bietet, herrscht ein konstanter Überdruck.

Vom druckbeaufschlagten Taucherquartier hinunter auf den Meeresgrund und zurück: Die Taucher leben und arbeiten während der Schweißarbeiten nonstop unter Hochdruck.

Die Teilstücke der Nord Stream-Pipeline werden in bis zu 110 Metern Tiefe verschweißt. Die Arbeiten unter Wasser sind hochspezialisiert, und nur rund 30 Taucher weltweit sind dafür ausgebildet, in einer Schweißstation unter Wasser zu arbeiten. In der Tiefe ist der Druck des Wassers so hoch, dass das Blut beim schnellen Auftauchen Blasen werfen würde, was zu schweren körperlichen Schäden führen würde. Um die langen Wartezeiten beim Ab- und Auftauchen zu vermeiden, leben die Taucher auf der Skandi Arctic in einem speziellen Quartier, in dem derselbe Druck herrscht wie auf dem Meeresboden. Jeweils drei Taucher werden zusammen in

einer Taucherglocke zum Meeresboden gebracht, wo sie acht Stunden am Stück arbeiten. Die Taucher assistieren beim Aufbau der Diamantsäge, bringen die Schweißstopfen an, installieren die Kantenfräsmaschine, bringen die Hebesäcke an und beaufsichtigen den eigentlichen Schweißvorgang. Zwischen den Tauchgängen erholen sie sich in ihrem Quartier, das aussieht wie eine kleine Raumstation. Es besteht aus sechs Kammern, die Raum bieten für insgesamt 24 Taucher. 14 Tage lang arbeiten die Taucher am Stück, dazu kommen bis zu sechs Tage für die Dekompression. Vor und nach jedem Einsatz werden sie medizinisch untersucht.

## Sechs Kammern für 24 Taucher

Da die Taucher in großer Tiefe arbeiten, verfügt die Skandi Arctic über eine spezielle Taucherunterkunft. Diese ist hermetisch abgeschlossen, und ein Gewirr von Leitungen, Pumpen und Ventilen gewährleistet, dass darin ein konstanter Überdruck herrscht – derselbe Druck, dem die Taucher am Meeresboden ausgesetzt sind. Die Unterkunft besteht aus sechs Kammern, die Raum bieten für insgesamt 24 Taucher. Die Kammern sind durch Luken und Tunnel untereinander verbunden. Dazu kommen zwei Dekompressionskammern, deren Druck langsam an den „normalen“ Druck der Außenwelt angepasst werden kann. Für den Notfall sind zwei Überdruck-Rettungsboote direkt aus der Tauchkammer erreichbar. Die Atemluft in der Unterkunft enthält Helium statt Stickstoff, da letzterer sich unter hohem Druck in ein für den Menschen giftiges Gas verwandelt. Helium hat den Nachteil, dass es Wärme abführt – damit die Taucher nicht dauernd frieren, wird der Thermostat im Taucherquartier ordentlich hochgedreht. Das Unterhaltungsprogramm für die Taucher ist bescheiden: es gibt einen Internetanschluss sowie eine Leinwand mit Beamer.

# So werden die Segmente verbunden

> Die Leitungsstränge der Nord Stream-Pipeline werden in je drei Teilstücken verlegt. Nach Beendigung der Bauarbeiten werden diese auf dem Meeresboden miteinander verschweißt. Das Verfahren ist weitgehend automatisiert, wird aber von Spezialtauchern begleitet.

Sind die drei Teilstücke eines Leitungsstrangs fertig verlegt, werden sie zuerst einem Drucktest unterzogen. Dazu werden sie mit behandeltem Meerwasser gefüllt und dann unter Druck gesetzt. Danach sind sie bereit für die Verschweißung, und damit kommt das Tauchschiff Skandi Arctic ins Spiel. Von diesem Spezialschiff aus werden nämlich sämtliche Schweißarbeiten ausgeführt – in einer Tiefe von 80 und 110 Metern. Die Skandi Arctic führt die nötige Ausrüstung mit und beherbergt außerdem eine Besatzung von Spezialisten. Verschweißt werden die Segmente in Schweißstationen, das Verfahren ist automatisiert, wird jedoch von Spezialtauchern unterstützt. Bevor die Geräte und die Taucher zum Meeresboden hinuntergelassen werden und die Schweißarbeiten beginnen können, wird eine Bestandsaufnahme vor Ort durchgeführt. Hierbei wird das Gebiet untersucht, um sicherzustellen, dass dort alles in Ordnung ist. Außerdem wird die genaue Position der Pipeline überprüft. Sind die Resultate zufriedenstellend, werden die riesigen Transporterüste zum Meeresboden hinuntergelassen.

## Millimetergenaue Arbeit

Nach der Beendigung der Verlegung liegen die zwei Pipeline-Segmente, die aufeinander treffen, parallel zueinander. Die Enden überlappen sich und müssen von den Tauchern auf die passende Länge gekürzt werden. Dies tun sie mithilfe einer Diamantdrahtsäge, die vier Zentimeter dicken, hochfesten Stahl schneiden kann. Jeder Schnitt dauert eineinhalb Stunden, zum Schluss müssen die Längen der beiden Pipelines auf den Millimeter genau stimmen – trotz Tiefe, Kälte und Dunkelheit. Sind die Pipelines beschnitten, wird in jedes Ende ein Schweißstopfen eingebracht. Dieser verhindert, dass später Wasser aus den Pipe-

lines in die Trockenzone der Schweißstation eindringt. Damit die Stopfen perfekt abdichten, werden sie aufgeblasen. Anschließend verleiht eine Kantenfräsmaschine den Pipeline-Enden eine glatte Oberfläche und bereitet sie damit auf das Verschweißen vor. Vor dem Verschweißen wird noch einmal überprüft, ob die Oberflächen den Vorgaben entsprechen. Drei Pipeline-Transporterüste positionieren die Pipeline-Enden. Sie werden benötigt, um die Segmente anzuheben und für das Verschweißen in eine Linie zu bringen. Die Transporterüste können bis zu 150 Tonnen heben und die Segmente vertikal und horizontal verschieben. Ebenfalls an den Segmenten befestigt ist eine Reihe von Hebesäcken, die helfen, die Rohrenden anzuheben. Mit Luft gefüllt beträgt ihre Hebeleistung bis zu 20 Tonnen.

## Trockenzone am Meeresgrund

Nun wird die große Schweißstation von Bord in die Tiefe gelassen und genau über den beiden Rohrenden in Position gebracht. Sie ist eine sogenannte Trockenstation, in der keine Tauchausrüstung nötig ist: Mit komprimiertem Atrungsgas wird das Wasser aus der unten offenen Station gepresst. Damit liegen nun auch die beiden Pipeline-Enden im Trockenen, im Wasser könnte der Stahl nicht verschweißt werden. Nun beginnt der Schweißvorgang: rund 24 Stunden lang kreist ein 25 Kilogramm schwerer Schweißkopf um die aneinandergefügte Pipeline-Enden, ferngesteuert von der Skandi Arctic. Die Taucher überwachen den Vorgang. Die fertige Schweißnaht wird mit Ultraschall kontrolliert. Ist sie einwandfrei, wird die Schweißstation zurück an Bord der Skandi Arctic gezogen. Die Transporterüste senken die Pipeline auf den Meeresboden ab, und ein Tauchroboter inspiziert das Gebiet. Nach einer gesamten Verweildauer von 17 Tagen ist die Arbeit der Skandi Arctic getan.

## Warum die Pipeline in drei Teilstücken verlegt wird

Das Gas, das in Russland in die Pipeline eingespeist wird, hat nicht denselben Druck wie das Gas, das in Deutschland wieder aus der Pipeline fließt. Unterwegs verliert es nämlich erheblich an Druck: In der Bucht von Portowaja beträgt der Druck bis zu 220 Bar, im Mittelstück der Pipeline bis zu 200 Bar, und im Endstück nur noch 100 Bar. Parallel zur Druckabnahme nimmt auch die Wandstärke der verwendeten Rohre ab. Am dicksten sind die Wände am Ausgangspunkt der Pipeline, am dünnsten am Endpunkt. Zum ersten Mal ändern sich die Wandstärken 297 Kilometer vom Ausgangspunkt in Portowaja entfernt, und

dann nochmals auf gut halber Strecke, 675 Kilometer von Portowaja. Dadurch, dass die Pipeline nicht durchgehend gleich dick gebaut wurde, konnten beim Bau große Mengen an Stahl eingespart werden. Durch die Konstruktion in drei Teilen war es außerdem möglich, drei verschiedene Verlegeschiffe gleichzeitig einzusetzen und damit den äußerst ehrgeizigen Bauplan einzuhalten. Musste zudem die Bautätigkeit in einem gewissen Gebiet aus ökologischen Gründen eingestellt werden, wie etwa zur Paarungszeit der Seehunde, konnte an einem anderen Teilstück der Pipeline dennoch weiter gebaut werden.



Die Teilstücke der Pipeline werden 297 und 675 Kilometer von Portowaja entfernt verschweißt.



# Nord Stream Verschweißung unter Wasser

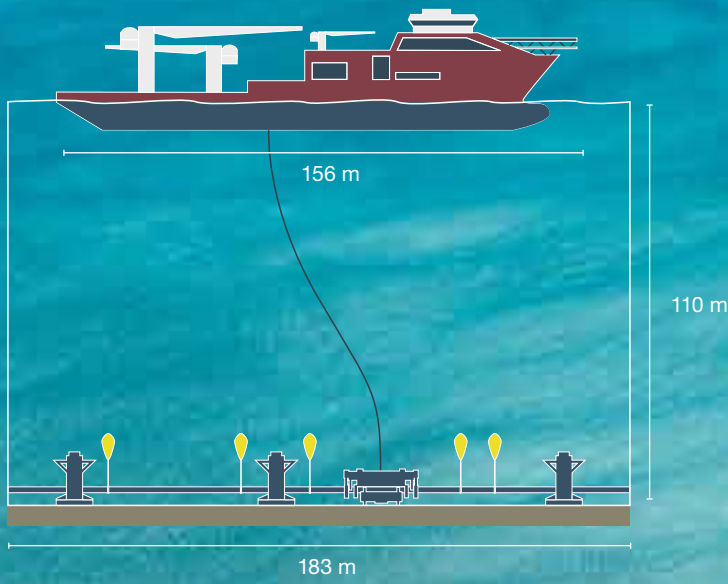
> Die beiden Leitungsstränge der Nord Stream-Pipeline werden in je drei Teilstücken gebaut, die nach ihrer Fertigstellung verschweißt werden. Verbunden werden die Teilstücke in Schweißstationen auf dem Meeresboden. Sämtliche Schweißarbeiten werden von einem Versorgungsschiff aus gesteuert, einzelne Arbeitsschritte allerdings werden von Tauchern ausgeführt oder überwacht.

Auf seiner Reise von Russland nach Deutschland verringert sich der Druck des Erdgases in der Nord Stream-Pipeline. Deshalb haben die drei Teilstücke der Pipeline unterschiedliche Wandstärken. Am dicksten sind die Wände der Rohre beim Ausgangspunkt der Pipeline in der Bucht von Portowaja, am dünnsten beim Endpunkt in Lubmin. Nach ihrer Fertigstellung werden die Segmente erst inspiziert und einem Drucktest unterzogen. Dann kommt das Spezialschiff Skandi Arctic ins Spiel, von welchem aus die Verbindung der Teilstücke unter Wasser erfolgt. Die erste Verbindungsstelle liegt in 80 Metern Tiefe in finnischen Gewässern, 297 Kilometer vom Ausgangspunkt der Pipeline

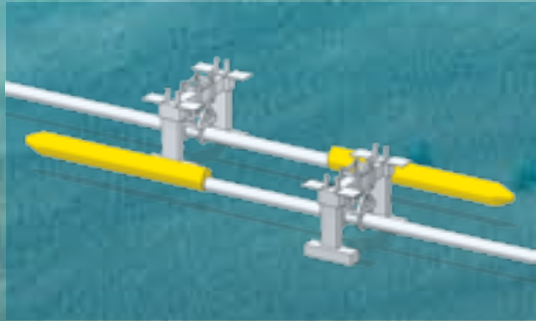
entfernt; die zweite Verbindung erfolgt in einer Tiefe von rund 110 Metern, in der Nähe der schwedischen Insel Gotland, 675 Kilometer von Portowaja entfernt. Die Skandi Arctic transportiert und steuert sämtliche Geräte, die benötigt werden, um die Pipeline-Segmente anzuheben, zu beschneiden und miteinander zu verschweißen. Die Segmente werden in Schweißstationen unter Wasser verbunden. Das Verfahren ist automatisiert, wird jedoch von Spezialtauchern unterstützt. Nach Abschluss der Arbeiten werden die Schweißnähte mit Ultraschall kontrolliert, dann wird die Unterwasserausrüstung wieder eingeholt. Die Schweißarbeiten an den zwei Leitungssträngen werden im Sommer 2011 respektive 2012 abgeschlossen.

## Organisation

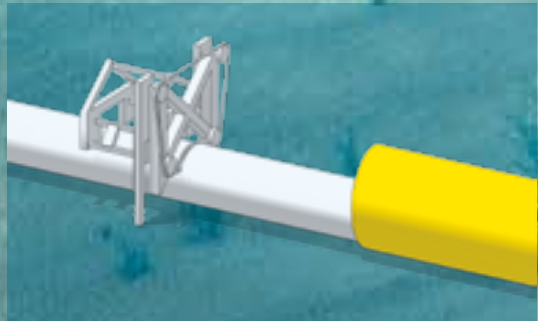
Alle Aktivitäten rund um die Schweißarbeiten unter Wasser werden vom Versorgungsschiff Skandi Arctic aus geleitet. Es führt die nötige Ausrüstung mit und beherbergt eine Besatzung von Schweiß- und Tauchspezialisten. Sämtliche Arbeitsgeräte, darunter Pipeline-Transportgerüste, Hebesäcke, Schneidwerkzeug und Schweißstationen werden vom Schiff aus installiert und kontrolliert.



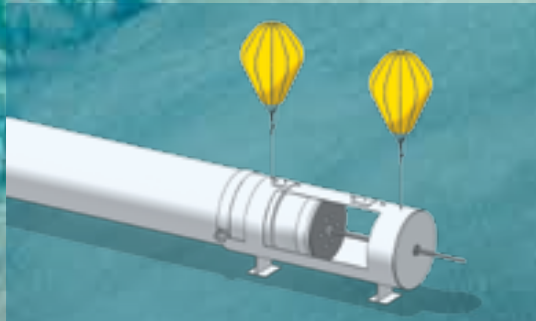
## Ablauf der Schweißarbeiten



**1. Bestandsaufnahme vor Ort**  
Bevor die Taucher zur Schweißstelle gebracht werden, wird das Gebiet untersucht, um sicherzustellen, dass dort alles in Ordnung ist. Dabei wird auch die genaue Position der Pipeline überprüft.



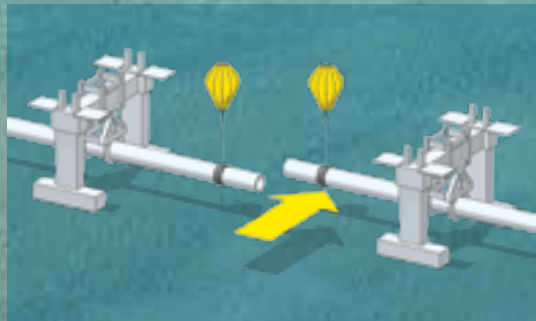
**2. Die Pipeline wird beschnitten**  
Die Segmente liegen parallel zueinander, wobei sich die Enden überlappen. Damit die Segmente in Position gebracht werden können, werden die Enden mit einer Diamantdrahtsäge abgeschnitten.



**3. Einbringen des Schweißstopfens**  
In die Pipeline-Segmente wird ein Schweißstopfen eingeführt, der verhindert, dass Wasser aus den Segmenten in die Trockenzone eindringt. Damit sie perfekt abdichten, werden die Stopfen aufgeblasen.



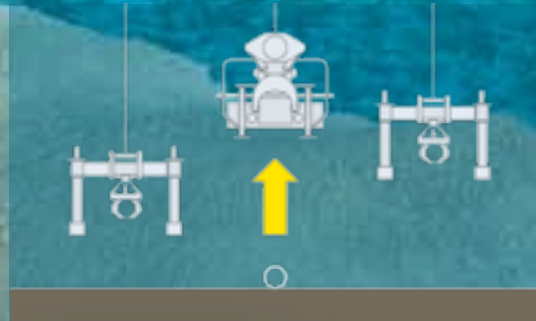
**4. Der letzte Schliff (Anfasen)**  
Eine Kantenfräsmaschine verleiht den Pipeline-Enden eine glatte Oberfläche und bereitet sie so auf das Verschweißen vor. Es wird überprüft, ob die Oberflächen den Vorgaben entsprechen.



**5. Anheben und positionieren**  
Drei Transportgerüste bringen die Enden der Pipeline in Position. Die Gerüste werden benötigt, um die Segmente anzuheben und für das Verschweißen in eine Linie zu bringen.



**6. Verschweißen der Segmente**  
Die Segmente werden in der Schweißstation miteinander verbunden. Alle Schweißarbeiten werden vom Versorgungsschiff aus gesteuert. Die fertige Schweißnaht wird mit Ultraschall kontrolliert.



**7. Einholen der Ausrüstung**  
Nach Überprüfung der Schweißnaht wird die Ausrüstung zurück aufs Schiff gezogen. Die Transportgerüste senken die Pipeline auf den Meeresboden ab, und ein Tauchroboter inspiziert das Gebiet.



Tauchschiff Skandi Arctic



### Taucherquartier

Die Skandi Arctic hat ein Taucherquartier für 24 Mann an Bord. In dem druckbeaufschlagten Quartier leben, essen und schlafen die Taucher während der gesamten Dauer der Schweißarbeiten.



### Taucherglocke

Eine Drei-Mann-Taucherglocke bringt die Taucher zu ihrem Arbeitsbereich unter Wasser. Die Taucher arbeiten acht Stunden am Stück und kehren dann in ihr Quartier zurück, um sich auszuruhen.

### Verbindungskabel

Sämtliche Geräte unter Wasser, wie etwa die Schweißausrüstung und die Unterwasserkameras, werden über ein Verbindungskabel gesteuert und mit Strom versorgt. Über dasselbe Kabel übermitteln die Geräte Daten zur Skandi Arctic.

Pipeline-Transportgerüst

Hebesack

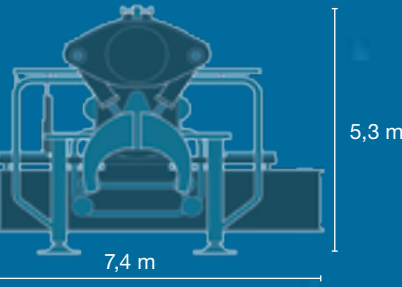
Schweißstation

Hebesack

Pipeline-Transportgerüst

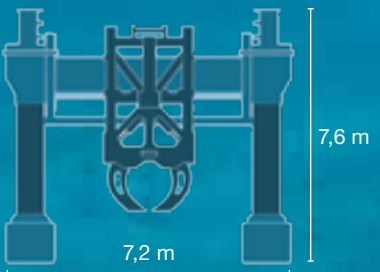
## Gerätschaften

### Aus dem Statoil PRS Pool



### Schweißstation

Die Schweißstation ist eine Trockenzone, in der keine Tauchausrüstung nötig ist. Hier wird der automatische Schweißapparat aufgebaut. Der Schweißvorgang wird komplett vom Versorgungsschiff aus gesteuert.



### Pipeline-Transportgerüst

Die Transportgerüste bringen die Enden der Pipeline in die korrekte Position. Sie können bis zu 150 Tonnen heben und die Segmente vertikal und horizontal verschieben, um sie für das Verschweißen in eine Linie zu bringen.



### Hebesäcke

Die Hebesäcke werden an den Segmenten befestigt und mit Luft gefüllt. Sie unterstützen die Transportgerüste beim Anheben der Segmente. Ihre Hebeleistung beträgt bis zu 20 Tonnen.