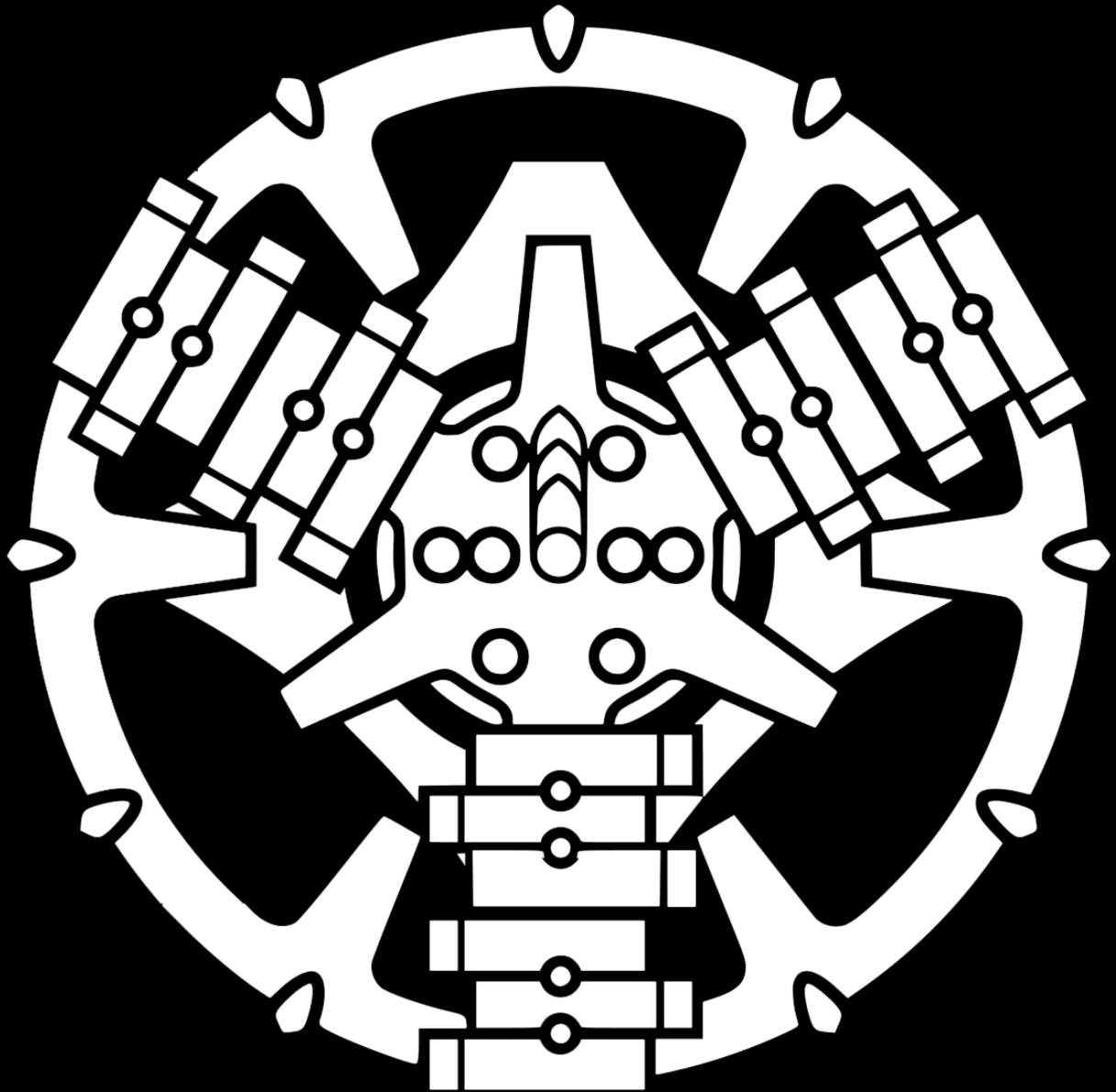


Swissloop Tunneling - Press Kit DE

2023 - 2024



Not-a-Boring-Competition 2024

Die Competition fordert Teams heraus, neue Lösungen für den Tunnelbau zu entwickeln und dabei schneller zu sein, als eine Schnecke kriechen kann. Die *The Boring Company* hat 8 Teams aus der ganzen Welt eingeladen, ihre eigene Tunnelbaulösung an der dritten Not-a-Boring-Competition vom 25. März bis 31. März 2024 in Bastrop, Texas, USA zu präsentieren. Dabei gewann Swissloop Tunneling den Champion Award und nahm den ersten Platz im gesamten Wettbewerb ein.

Bereits 2021 und 2023 konnte Swissloop Tunneling bei der vorherigen *Not-a-Boring-Competitions* den zweiten Platz und den Innovation Award gewinnen. Unsere Mikrotunnelbohrmaschine (MTBM) *Groundhog Beta* besitzt im Vergleich zur vorherigen Iteration *Groundhog Alpha* einen neuen verbesserten Linermechanismus und einen neuen Erosionsmechanismus. Seit der letzten Competition wurden diese laufend verbessert, getestet und verändert.

Projektbeschreibung & Rückblick

Swissloop Tunneling ist ein studentischer Verein der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich und weiterer Schweizer Universitäten und forscht an neuen Lösungen in der Tunnelbauindustrie. Im Jahr 2021 designte und baute das Swissloop Tunneling Team seine Tunnelbohrmaschine *Groundhog Alpha*, benannt nach einem der raffiniertesten tunnelbauenden Tiere unserer Natur, dem Murmeltier. Mit einem einzigartigen Steuerungsmechanismus und fortschrittlichen Tunnelauskleidungssystem war *Groundhog Alpha* wendiger als konventionelle Lösungen und fähig, die Tunnelinnenwand während eines ununterbrochenen Bohrprozesses zeitgleich 3D zu drucken. Diese neuartige Lösung bietet entsprechende Vorteile, die bis anhin fehlen.

Nachdem Swissloop Tunneling aus über 400 Bewerbenden 2021 ausgewählt wurde, ist das Team als Teil der «digging dozen» - die zwölf Finalisten-Teams – eingeladen worden, *Groundhog Alpha* an Elon Musk's *Not-a-Boring-Competition* vom 6. bis 12. September 2021 in Las Vegas zu präsentieren. *Groundhog Alpha* wurde seit der Teilnahme an der Not-a-Boring-Competition stets weiterentwickelt. Die im Jahr 2022 zu *Groundhog Beta* weiterentwickelte Maschine behält alle funktionalen Stärken des Alpha-Modells. Allerdings ist *Groundhog Beta* vor allem in der Navigation und im Bewegungsmechanismus entscheidend intelligenter und dementsprechend effizienter geworden. Speziell wurden das Liner- und Erosion-Subsystem angepasst und neu konzipiert. So wurde das Erosion-System an neue Bodenbedingungen angepasst. Das Liner-System ist neu imstande, die Tunnelwand simultan zur Vorwärtsbewegung mit einem extrudierten Polymer konstant auszukleiden.

Aktuelle Herausforderungen in der Tunnelbau-Industrie

Eines der signifikantesten Probleme der Tunnelbauindustrie heutzutage sind die hohen Kosten wie auch herausfordernde Logistikprozesse. Die Tunnelbohrmaschinen und Tübbing-Teile sind schwer und müssen üblicherweise über hunderte von Kilometern zur Tunnelbaustelle transportiert werden. Zudem stehen konventionelle Tunnelbohrmaschinen für längere Zeit während des Versetzens der Tübbing-Teile still.

Unter diesen Umständen sind beispielsweise hochinnovative Bestrebungen wie das Hyperloop-Konzept unmöglich zu realisieren über die weiten Tunnelstrecken, die mit Tunnelbohrmaschinen zu erschliessen wären. Die aktuell üblichen Tunnelbohrmaschinen (welche für den Strassenbau benötigt werden) sind nicht standardisiert und zu teuer, um die hunderten von Kilometern an Tunneln zu meistern, die für die hochskalierten Hyperloop-Netzwerke benötigt werden. Des Weiteren ist der Rohrvortrieb, welcher als standardisierte Lösung gilt, um kürzere Tunnel mit kleinerem Durchmesser zu bauen, nicht skalierbar für Hyperloopdurchmesser von ungefähr 4 Metern. Auch im Mikrotunnelbohrbereich für den Tiefenbau bleibt ein bedeutsames Verbesserungspotential, effizientere Prozesse durch neue technologische Lösungen in MTBMs zu realisieren. Aus diesem Grund entwickelt Swissloop Tunneling noch geringskalierte Tunnelbohrmaschinen mit innovativer Fertigungstechnologie, die auf grössere Dimensionen in Zukunft hochskaliert werden sollen - um Tunnelbauprozesse in kleineren, und langfristig auch grösseren Dimensionen zu optimieren. Für das Entwickeln einer auch ökologisch nachhaltigen Tunnelbohrlösung wird der Ressourcenverbrauch mittels eines effizienten Bohrprozesses minimiert. Wo dies möglich ist, dort werden wie im Fall des Tunnelwandmaterials auch wiederverwendbare Materialien eingesetzt.

Swissloop Tunneling Journey

Elon Musk hat vier SpaceX Hyperloop Competitions durchgeführt, an denen Studierende aus der ganzen Welt prototypische «Pods» konstruierten, die Transportobjekte, in denen Menschen und Güter im Rahmen des Hyperloopkonzepts transportiert würden. Am Ende der Hyperloop Competition von 2019 kündigte Elon Musk an, dass die *The Boring Company* einen Tunnelbohr-Wettbewerb in Zukunft durchführen wird. Im Sommer 2020 wurde dies offiziell kommuniziert. In der Folge wurde an der ETH Zürich von vier ehemaligen Mitgliedern von Swissloop, das Schweizer Team, welches zuvor an den Hyperloop Competitions teilnahm, schliesslich Swissloop Tunneling gegründet.

An dieser Studenteninitiative wirkten seit der Gründung gesamthaft über 100 Studierende aus dem Maschinenbau, der Elektrotechnik, dem Bauingenieurwesen und verschiedenen

Wirtschaftsdisziplinen mit. Das Team aus Mitgliedern der ETH Zürich und anderen Schweizer Universitäten wie der Universität St. Gallen (HSG) ist stolz, die Schweiz als einziges Schweizer Team in der Finalrunde der Not-a-Boring-Competition zu vertreten.

Vision

Die Vision von Swissloop Tunneling ist es, den Status-Quo der Tunnelbauindustrie zu übertreffen und Tunnelbau nachhaltiger, kostengünstiger und schneller zu machen. Dazu betreibt Swissloop Tunneling Forschung an neuen und innovativen Tunnelbohrmechanismen. Das Ziel mit *Groundhog Beta* ist es, unsere Tunnelbohrgeschwindigkeit zu erhöhen und Prozesse so zu optimieren, dass Tunnelbaukosten in Zukunft massgeblich reduziert werden. Dies generiert Mehrwert für gegenwärtige Tunnelbauprojekte - ist aber auch notwendig, um der infrastrukturellen Herausforderung von Konzepten wie Hyperloop oder Loop gewachsen zu sein, welche hunderte Kilometer an Tunnelstrecke erfordern.

Hyperloop ist eine neue Form des Transports, die Probleme heutiger konventioneller Mobilitätssysteme überwinden soll. Mit Hyperloop als futuristisches Transportkonzept würden Transportwagen mittels der Nutzung eines Vakuums innerhalb von Tunnelröhren auf Höchstgeschwindigkeit beschleunigt. So können Personen sowie Güter kostengünstig und zeitsparend über weite Strecken befördert werden. Diese Technologie ist zudem nachhaltiger und mit erzielten Geschwindigkeiten von über 1000 km/h (600mph) im Transport schneller als aktuelle Hochgeschwindigkeitszüge und Flugzeuge.

Das Konzept Loop ist ein von der *The Boring Company* entwickeltes unterirdisches, voll-elektronisches und emissionsfreies Hochgeschwindigkeits-Transportsystem für den öffentlichen Verkehr. Damit werden Passagiere zu ihrem Zielort ohne Zwischenhalt transportiert. Das Konzept ist auch bekannt als «Teslas in Loops» und ähnelt mehr einer Untergrundautobahn als einem U-Bahn-System. Das Konzept erlaubt es, mit Loop-Fahrzeugen schneller zu reisen als mit konventionellen U-Bahn-Fahrzeugen (bis zu 250km/h (150 mph) vs. bis zu 100km/h (65 mph)).

Swissloop Tunnelings Vision geht damit weit über die internationalen Wettbewerbe hinaus. Die langfristige Vision für dieses Projekt ist die Entwicklung innovativer (Mikro-)Tunnellösungen durch ständige Optimierung der technischen Systeme und das Lernen aus den Erfahrungen, die während der Wettbewerbe gemacht wurden. In den nächsten Jahren strebt das Swissloop Tunneling Team an, den Durchmesser der Prototypen zu vergrössern und den Linermechanismus marktfähig zu machen.

Partnerschaften

Das gemeinsame Wirken mit der essenziellen Unterstützung von Industriepartnern ermöglicht es Swissloop Tunneling, den Fortschritt des Projekts voranzutreiben. Die Unterstützung des innovativ arbeitenden jungen Teams von Studierenden mit finanziellen und technischen Mitteln, ermöglicht es ihm, bahnbrechende Lösungen zu entwickeln. Ausserdem bereichert es die Teammitglieder mit wertvollem Austausch zu industriespezifischen Themengebieten. Das Team von Swissloop Tunneling freut sich auf die weitere Zusammenarbeit mit aktuellen und zukünftigen Partnern.



Erosion- und Navigation-Subsystem transportiert mittels einem 25t-Kran

Groundhog Beta



Im Laufe des Jahres 2022 designte, baute und testete das Team von Swissloop Tunneling weiter und optimierte seine Tunnelbohrmaschine von *Groundhog Alpha* zu *Groundhog Beta*. Schon seit dem ersten Modell *Groundhog Alpha* verfolgt Swissloop Tunneling einen sehr innovativen und anspruchsvollen Ansatz. Swissloop Tunneling ist überzeugt, dass dieser Ansatz die Basis für zukünftige Tunnelbohrlösungen sein wird.

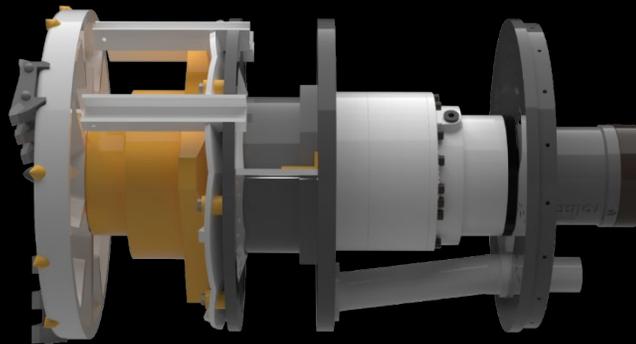
Eigenschaften

- Länge: 8.15 m
- Gewicht: 3.5 t
- Durchmesser: 0.606 m
- Antriebskraft: 200 kN
- Bohrkopf-Drehzahl: 12 rpm
- Zielgeschwindigkeit: 1 mm/s

Erosion

Mit dem Erosion-System werden Innerhalb eines Schutzpanzers Wasserstrahlen mit Bodenersetzungsschaum für fetten Lehm verwendet, um dieses Material erodieren zu können. Ein rotierender Brecher kümmert sich um die grösseren Pflastersteine und bereitet sie für die Strahlpumpe vor, die das Trümmergut aus dem Tunnel befördert. Nachdem die Trümmerteile eine Trennanlage durchlaufen haben, kann das Wasser anschliessend wiederverwendet werden. Betrieben wird das Erosion-System von *Groundhog Beta* mittels eines Hydraulikmotors und verfügt über ein neues Getriebe. Das Vorgängermodell mit dem alten Getriebe wurde noch mittels eines Elektromotors betrieben. Mit einem Drehmoment von 8,5 kNm, einer Rotationsgeschwindigkeit von 12 U/min und einer Schubkraft von 200kN ist Swissloop Tunneling auf alle Bodenverhältnisse vorbereitet, die sich *Groundhog Beta* in den Weg stellen werden.

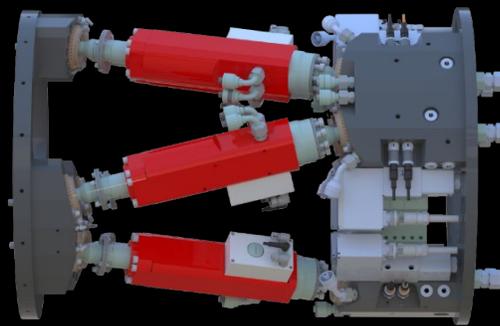
Zusätzlich wurde das Erosion-Schild am Vorderbereich der Maschine im Sinne verbesserter Modularität neu designet. Für eine erhöhte Steuerungs- und Messpräzision zur Kontrolle des Erosionsprozesses wurde die Sensorik ausgewechselt und erweitert. Ebenso wurde nebst dem zersetzenden Schaumgemisch die Motorik zur Verarbeitung des stark kohäsiven Bodens, mit dem die Maschine konfrontiert ist, für höhere Effektivität ergänzt. Dies erfolgte in Verbindung mit einer neu eingebauten Spoon-Komponente hinter dem Bohrkopf, die einen Crushing Mechanismus und Mixing-Elemente enthält.



Steering

Um Kurven graben zu können, wird ein massgeschneidertes hydraulisches Hexapod-System genutzt. Mit sechs hydraulischen Präzisionszylindern kann der Bohrkopf in sechs Freiheitsgraden bewegt werden. Mit einer speziellen Software können wir unsere Maschine in einen Presslufthammer-Modus versetzen, womit Schwingungen über hohe Frequenzen von bis zu 20 Hz erzeugt werden können.

Sechs leistungsstarke hydraulische Buchsen sind so positioniert, dass sie einen Stewart-Mechanismus auslösen, der die vollständige Kontrolle der Bewegung des Vorderteils zulässt. Dies ermöglicht es auch, den Erosionsmechanismus zu unterbinden und korrigierend in die Position des Vorderteils einzugreifen, wenn dieses klemmt.



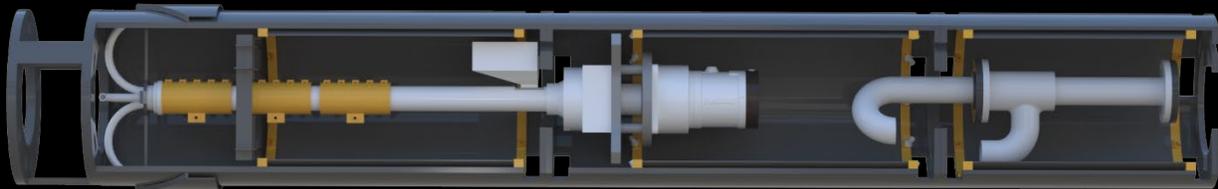
Liner

Die Tunnelwand wird direkt über einem Teil der Tunnelbohrmaschine gefertigt, nämlich dem Liner. Die Auskleidung besteht aus einem Polymer-Granulat, das unterirdisch extrudiert wird und die Tunnelstruktur als Rohr zurücklässt. Dieses Rohr hat dann genügend Kraft, um den Kräften des Maschinenantriebs und des Umgebungsdrucks der Erde hochverlässlich gewachsen zu sein. Der Liner von *Groundhog Beta* umgeht die Schwierigkeiten des ehemaligen Zweikomponentensystems und es wurde entschieden, eine umweltfreundlichere PP-Liner-Lösung zu verwenden. *Groundhog Beta* ist damit im Drucken der Tunnelwand einen entscheidenden Schritt weitergekommen. Das Polymer wurde eigens für diese Anwendung für Swissloop Tunneling konzipiert. Zusätzlich kann dieses Material als Feststoff in die Maschine transportiert werden und der Maschinenbetrieb muss seltener unterbrochen werden, da das PP-Material bedarfsgerecht abgekühlt und wieder erhitzt werden kann.

aktualisiert am 1. April 2024

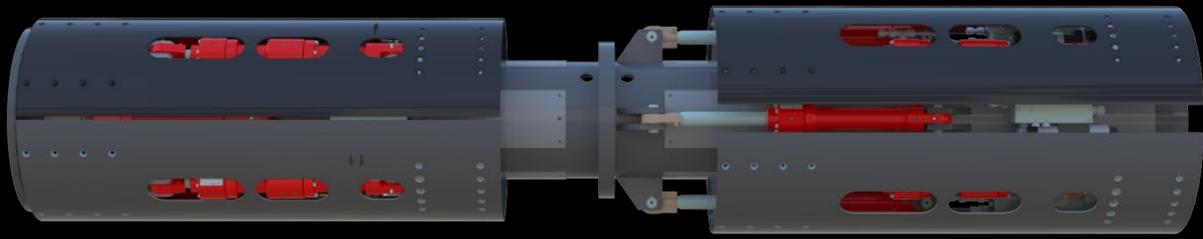
Zur Herstellung der Tunnelwand ist eine Extrusionsschraube in die Maschine eingebaut. Ein Polymer-Granulat wird mittels Luftdrucks in die Tunnelröhre befördert und dort über die Extrusionsschraube in die passende Form geschmolzen. Nach der Kühlung des Materials mittels einer Kühlflüssigkeit entsteht eine 15 mm dicke und hochverlässliche Tunnelwand. Dies sichert die strukturelle Integrität über die gesamte Länge des Tunnels.

Der Liner wurde seit seiner Erstversion entscheidend optimiert zur Gewährleistung erhöhter Zuverlässigkeit. Um eine separate und kontinuierliche Beurteilung der Zuverlässigkeit zu ermöglichen, wurde ein externes Testsystem zur Analyse der Funktionsfähigkeit des Liners entwickelt, ohne dabei die anderen Subsysteme aktivieren zu müssen. Auch wurden effektivere Heizelemente installiert. Zur Vereinfachung agiler Reparaturmassnahmen wurde ein flexiblerer Eingriff in die Maschine im Liner-Bereich erleichtert. Mittels der Ergänzung weiterer Sensoren und aktiver Luftkühlungselemente als zuverlässiger Schutz gegen Hitzeübertragung, wurden das Monitoring sowie die Integration aller Subsysteme verbessert. Zusätzlich wurde die Metallschicht an der Oberfläche des Liners ausgebessert zur Verhinderung von Schrumpfung der Polymerröhre.



Propulsion

Das Propulsion-Element besteht aus zwei unabhängigen hydraulischen Spannmechanismen, die gegen die Tunnelwand Kraft ausüben und die Tunnelbohrmaschine nach vorne schieben. Dies ermöglicht eine kontinuierliche Bewegung durch einen alternierenden Wechsel der Mechanismen oder mittels Verdoppelung der Antriebskraft bei gleichzeitiger Verwendung. In der Propulsion Sektion pressen 16 aufeinander abgestimmte Hochleistungs-hydraulikzylinder kontinuierlich gegen die Tunnelwand, was eine ununterbrochene Bewegung und eine Vortriebskraft von max. 200kN ermöglicht.



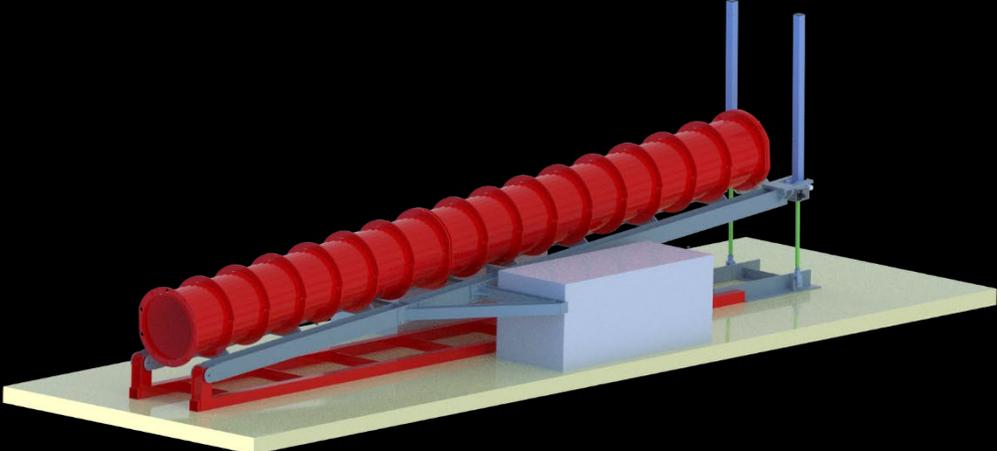
Software

Zur Gewährleistung zuverlässiger Interaktion zwischen Ingenieur/-in an der Oberfläche und der Maschine im Untergrund, gewährleistet die Software diverse Kontrollfunktionen der Subsysteme in Verbindung zur Sensorik und den Aktoren. Zusätzlich wird die zeitgleiche Verfolgung von Messdaten und eine Datenbank für die dauernde Speicherung von Produktionsdaten zur umfassenden Analyse ermöglicht.

Die Software ist im vergangenen Jahr in ihrer Zuverlässigkeit optimiert, der Software-Stack ausgebaut und ein 3D-Simulator für eine externe Lageverfolgung implementiert worden.

Starting Platform

Von der Oberfläche aus startend muss das Team aufgrund der Starting Platform keine Startgrube ausheben, sodass *Groundhog Beta* schneller mit dem Graben beginnen kann. Die für das neue Modell *Groundhog Beta* ebenfalls erneuerte Starting-Plattform nimmt die gesamten Antriebskräfte der Tunnelbohrmaschine auf und fungiert als Orientierungshilfe für die Maschine.



aktualisiert am 1. April 2024

Kontaktieren Sie uns



Yannick Huber

Head of Design & Communication

yannick.huber@swisslooptunneling.ch

+41 (0)79 209 67 87



Christoph Ott

Media Relations

christoph.ott@swisslooptunneling.ch

+41 (0)78 907 70 18