

Kolloquium Bauhilfsmassnahmen im Tunnelbau

Praktische Umsetzung von Vereisungen als Schutzmassnahme zur Herstellung von Tunnelbauwerken im Innenstadtbereich

Dr.-Ing. Jörg Menke
Dipl.-Ing. Joachim Meier

ETH Zürich, IGT, Professur für Untertagebau, 29.11.2018



Vereisung als Bauhilfsmassnahme

Gliederung

1. Einleitung
2. Hinweise für die Planung
3. Bohren und Messen
4. Ausführungsbeispiel Berlin U5
5. Ausblick

Einleitung

Vereisungsverfahren

- Vereisungsverfahren sowie die zugehörige Ausrüstung ist aktuell nicht genormt
- Das „know how“ liegt bei wenigen Planern und ausführenden Firmen, die frühzeitig mit eingebunden werden sollten
- Die Auswirkungen einer Vereisung sind Bodenabhängig (z.B. Hebungen) und sind frühzeitig zu untersuchen (Frostlabor)
- Grundwasserströmung, -temperatur und -inhaltsstoffe beeinflussen eine Vereisungsmaßnahme maßgebend.
- Bei der Planung Havarieszenarien mit berücksichtigen bzw. bedenken

© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereisung U5 Berlin | Seite 3

Einleitung

Vereisungsverfahren

Stickstoffvereisung

Kältemittel verflüssigter Stickstoff -196°C
Zwischenlager auf der Baustelle.

Offenes System

Einleitung in den Boden über Fallrohre tritt am Fuß der Fallrohre gasförmig aus. Der gasförmige Stickstoff strömt dann durch weitere Gefrierrohre oder direkt zum Abgasrohr, wo er mit ca. -100°C bis -60°C in die Atmosphäre zurückgeleitet wird.

Solevereisung

Bei der Sole-Vereisung wird eine Salzlösung als Kältemittel verwendet ca. -30 — 35°C .

Geschlossenes System, bei dem die Salzlösung in einer isolierten Ringleitung zirkuliert und mit einem Kühlaggregat immer wieder neu abgekühlt wird.

In dem Kühlaggregat wird die Solelösung mit Hilfe von Ammoniak (NH_3) auf die gewünschte Vorlauftemperatur herunter gekühlt.

© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereisung U5 Berlin | Seite 4

Hinweise für die Planung

Auswahl des Vereisungsverfahrens

Vorteile der Sole-Vereisung

- geringere Betriebskosten als Stickstoffvereisung
- einfache Steuerung des Energieflusses
- Kältemittel wiederverwendbar

Nachteile der Sole-Vereisung

- langsames Frostkörperwachstum
- geringere Festigkeit des Frostkörpers
- aufwändige Baustelleneinrichtung
- hoher Installations- und Wartungsaufwand
- Grundwasserströmung nur bis max. 2 m/d möglich

Vorteile der Stickstoffvereisung

- schnelles Frostkörperwachstum
- größere Festigkeit des Frostkörpers
- relativ einfache Baustelleneinrichtung
- Grundwasserströmung bis max. 10 m/d möglich
- Kühlmittel nicht umweltgefährdend

Nachteile der Stickstoffvereisung

- sehr hohe Verbrauchskosten
- kontinuierliche Anlieferung des Stickstoffs muß sichergestellt sein
- Kälteverbrennungsgefahr bei Kontakt
- Lüftungseinrichtungen in geschlossenen Räumen (Tunnel) wegen Erstickungsgefahr

© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereisung U5 Berlin | Seite 5

Hinweise für die Planung

Bohrungen

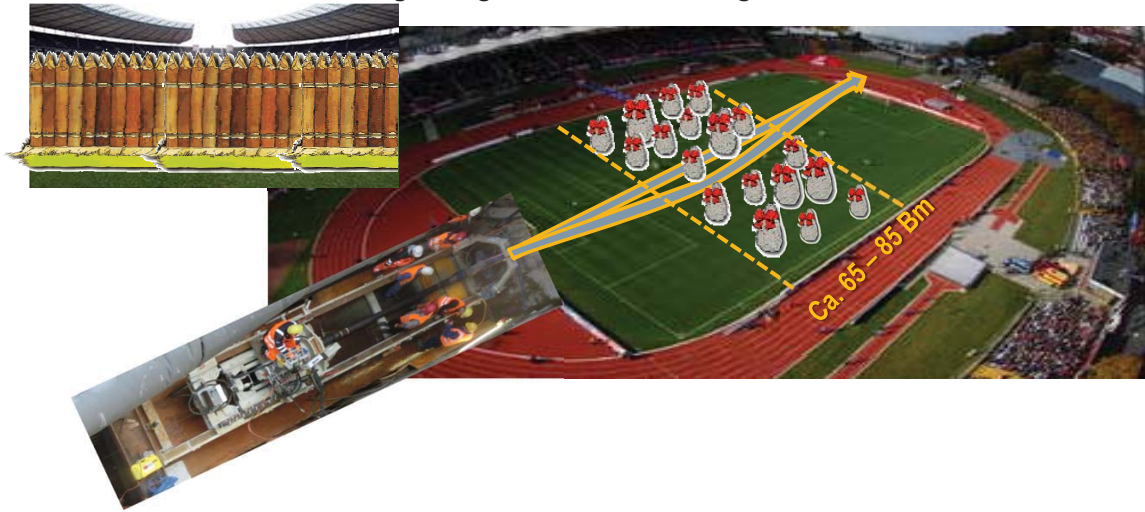
Es sind üblicherweise 3 Arten von Bohrungen zu unterscheiden:

1. Bohrungen für die Vereisungslanzen
2. Bohrungen für die messtechnische Überwachung
3. Bohrungen für die Entwässerung

© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereisung U5 Berlin | Seite 6

Bohren und Messen

Verlauf Horizontalbohrungen – gesteuerte Bohrung mit Hindernissen



© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereinsung US Berlin | Seite 9

Bohren und Messen

- Bohrkronen für gesteuerte Drehspülbohrungen in Sand, Holz, und Grobgeschiebe
- Bohrkopfmontage mit kontinuierlicher Echtzeitausgabe
- Kurventauglicher Bohrstrang mit Biegeradius ≤ 50 m
- Hubarbeitsbühne zur Erreichung der Bohransatzpunkte



© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereinsung US Berlin | Seite 10

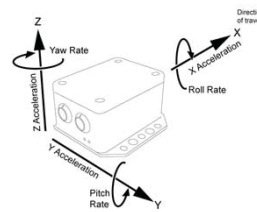
Bohren und Messen

- Bohrkronen für gesteuerte Drehspülbohrungen in Sand, Holz, und Grobgeschiebe
- Bohrkopfmontage mit kontinuierlicher Echtzeitausgabe (MWD)
- Kurventauglicher Bohrstrang mit Biegeradius ≤ 50 m
- Hubarbeitsbühnen zur Erreichung der Bohransatzpunkte

Optisch (Theodolitkamera)



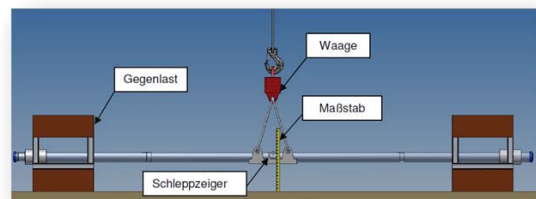
Inertial (Lichtfaserkreisel)



© Impenia | Meier, Backes, Schmitt - Vorlesung US Berlin | Seite 11

Bohren und Messen

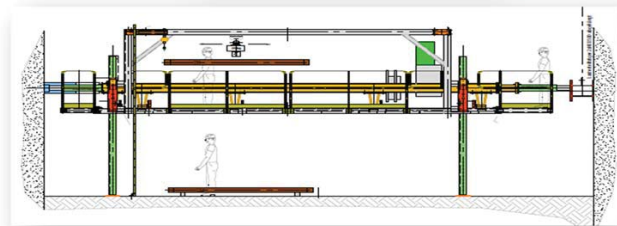
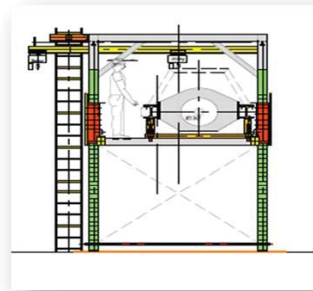
- Bohrkronen für gesteuerte Drehspülbohrungen in Sand, Holz, und Grobgeschiebe
- Bohrkopfmontage mit kontinuierlicher Echtzeitausgabe
- Kurventauglicher Bohrstrang mit Biegeradius ≤ 50 m
- Hubarbeitsbühnen zur Erreichung der Bohransatzpunkte



© Impenia | Meier, Backes, Schmitt - Vorlesung US Berlin | Seite 12

Bohren und Messen

- Bohrkronen für gesteuerte Drehspülbohrungen in Sand, Holz, und Grobgeschiebe
- Bohrkopfmontage mit kontinuierlicher Echtzeitausgabe
- Kurventauglicher Bohrstrang mit Biegeradius ≤ 50 m
- Hubarbeitsbühnen zur Erreichung der Bohransatzpunkte



© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vorlesung U5 Berlin | Seite 13

Bohrung und Messen



Gesteuerte Bohrungen



Gezielte Umfahrung harter Hindernisse



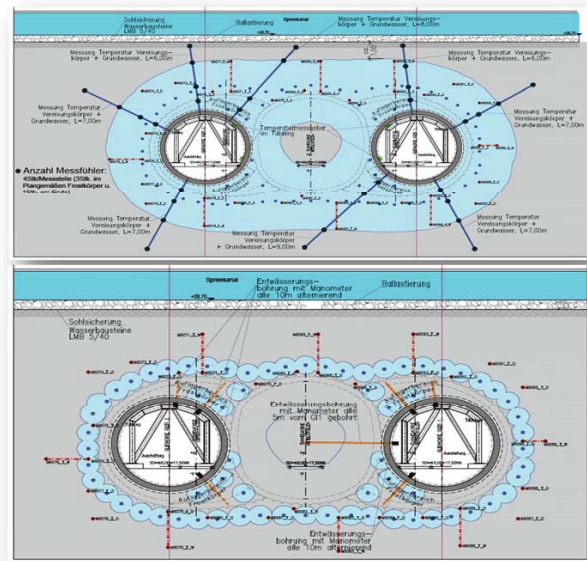
Radiale Messbohrungen

© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vorlesung U5 Berlin | Seite 14

Herstellung von Vereisungsplanzen - Bohrung

Tunnelstrecke

- 32 Stück radiale Temperaturmessbohrungen bis ca. 9 m Länge (blau)
- 76 Stück radiale Entwässerungsbohrungen (orange) zur Entlastung von eingeschlossenem Wasser, mit Rohrbegleitheizung

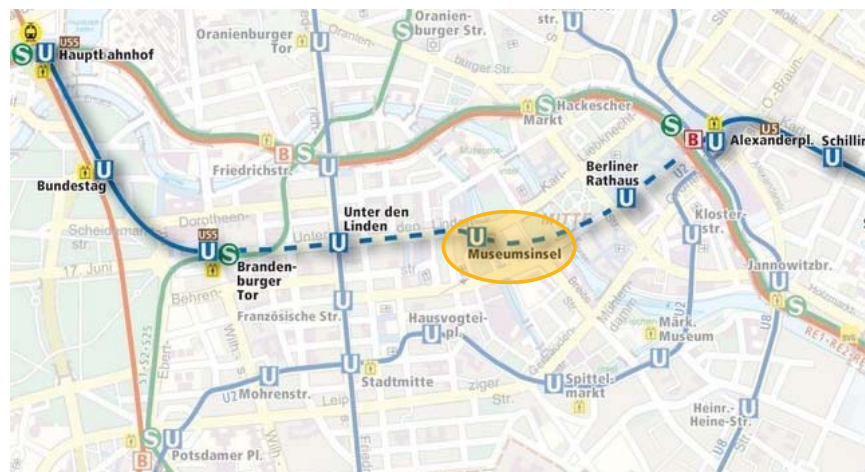


© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereisung U5 Berlin | Seite 15

Projektübersicht mit Lage der Vereisungsmaßnahmen



Die U5.
Für mehr Mittendrin.



© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereisung U5 Berlin | Seite 16

Kennzahlen des Projektes Lückenschluss U5 Berlin Los 1

Bauherr: Berliner Verkehrsbetriebe BVG,
Projektrealisierungsgesellschaft U5 mbH (100 % BVG)



Ausführung: IMPLENIA Construction GmbH (Los 1)



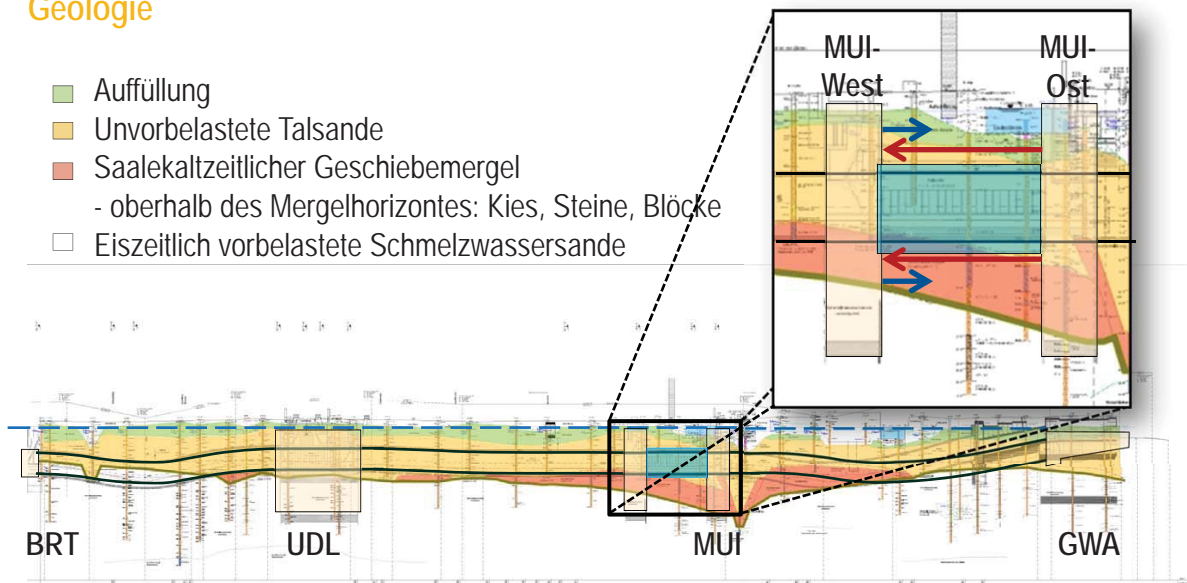
Projektdaten: Baubeginn 2012
Auftragsvolumen ca. 220 Mio. EU
2 Tunnelröhren Ø 5,70 m im Schildvortrieb
2,2 km Streckenlänge

Baugruben: Museumsinsel (MUI), Unter den Linden (UDL), Gleiswechsellanlage (GWA)

© Implenía | Meier, Backes, Schmitt - Vorleistung U5 Berlin | Seite 17

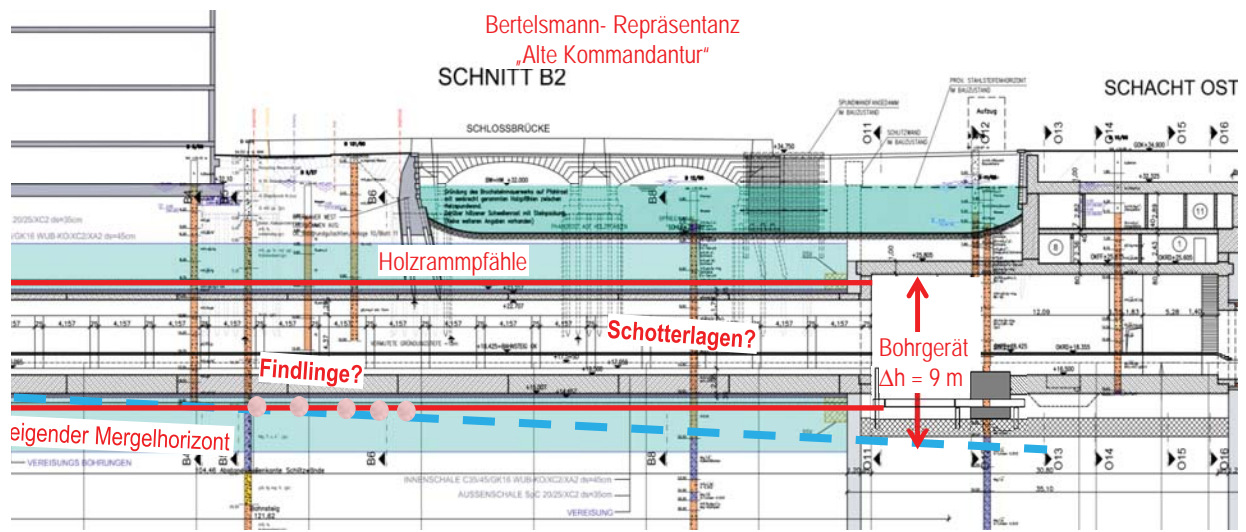
Geologie

- Auffüllung
- Unvorbelastete Talsande
- Saalekaltzeitlicher Geschiebemergel
- oberhalb des Mergelhorizontes: Kies, Steine, Blöcke
- Eiszeitlich vorbelastete Schmelzwassersande



© Implenía | Meier, Backes, Schmitt - Vorleistung U5 Berlin | Seite 18

Gesteuerte Bohrungen-Bauaufgabe und Randbedingungen



© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereinigung U5 Berlin | Seite 19

Bodengefrieretechnik

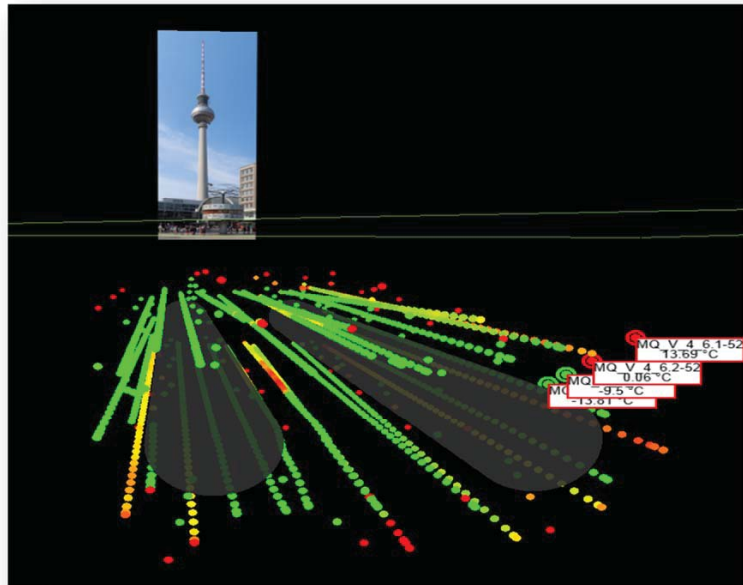
- 3 Gefrieraggregate im Gespann
- Ca. 1,3 Megawatt Kühlleistung
- 81 m³ Sole im Umlauf
- Gefrierkörpermaße: L105m x B26m x H12m



© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereinigung U5 Berlin | Seite 20

Temperaturmesstechnik

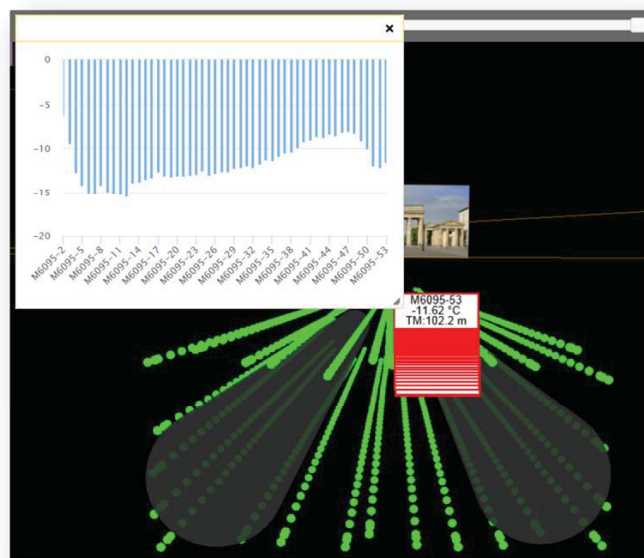
- Rund 2000 Sensoren
- Vermaschtes Bussystem
- 3D- Visualisierung
- Web-basierte Nutzeroberfläche



© Implenia | Moier, Backes, Schmitt - Vereinigung U5 Berlin | Seite 21

Temperaturmesstechnik

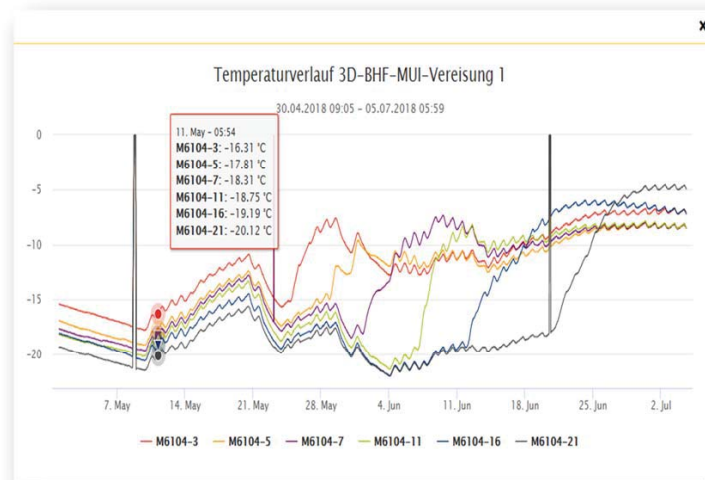
- Rund 2000 Sensoren
- Vermaschtes Bussystem
- 3D- Visualisierung
- Web-basierte Nutzeroberfläche



© Implenia | Moier, Backes, Schmitt - Vereinigung U5 Berlin | Seite 22

Temperaturmesstechnik

- Rund 2000 Sensoren
- Vermaschtes Bussystem
- 3D- Visualisierung
- Web-basierte Nutzeroberfläche



© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereisung U5 Berlin | Seite 23

Zusammenfassung und Ausblick

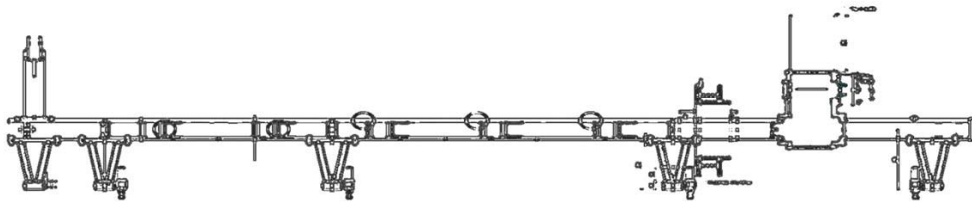
Alle Bohrungen und geplanter Frostkörper erfolgreich hergestellt

- Sehr geringe Unfallzahlen, keine schweren Unfälle
- Bauherrenterminplan gut eingehalten
- Gute Zusammenarbeit mit Bauüberwachung und Bauoberleitung
- Unser Richtbohrsystem und die Temperaturmesstechnik sind robust und verfügen über Fähigkeiten, die derzeit am Markt einzigartig sind.
- Wir haben einen breiten Personalstamm mit hoher Expertise gebildet

© Implenia | Meier, Backes, Schmitt - Vereisung U5 Berlin | Seite 24



Wir danken für Ihr Interesse



Implenia® denkt und baut fürs Leben.
Gern.

Legal notice

Disclaimer

This presentation has been prepared for informational purposes only and may contain confidential and/or legally protected information. The presentation may include forward-looking information and statements, including statements concerning the outlook for our businesses. These statements are based on current expectations, estimates and projections about the factors that may affect our future performance, including global economic conditions and the economic conditions of the regions and industries that are major markets for Implenla. These expectations, estimates and projections are generally identifiable by statements containing words such as "expects", "believes", "estimates", "targets", "plans", "outlook", or similar expressions.

Numerous risks and uncertainties, many of which are beyond our control, could cause our actual results to differ materially from the forward-looking information and statements made in this presentation, and could affect our ability to achieve any or all of our stated targets.

Although Implenla believes that the expectations reflected in all such forward-looking statements are based upon reasonable assumptions, it can give no assurance that these expectations will be achieved. Implenla also disclaims any obligation to update these forward-looking statements to reflect future events or developments.

All of the information and material used in this presentation, including text, images, logos and product names, is either the property of Implenla, or is used by Implenla with permission.

Whilst we use all reasonable attempts to ensure the accuracy and completeness of all contents, Implenla gives no warranties or representations of any kind that material in this presentation is complete, accurate, reliable or timely, or that it does not infringe third-party rights.

The contents of this presentation may not be reproduced, modified or copied, or used for any commercial purposes, or communicated to any third parties without written consent from Implenla. All trademarks mentioned are legally protected. All rights reserved.

This legal notice applies to any Group Company of Implenla Ltd.

2017-09-08