

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Vergleich mit früheren Pull-Planner-Softwareversionen..... | 3 |
| Allgemeine Information | 3 |
| Importieren von „Einzug-Dateien“, die von früheren Softwareversionen gespeichert wurden | 3 |
| Vorhandene kundenspezifische Kabel-Datenbank zu Pull-Planner 4.0 | 4 |
| Dateipfade..... | 4 |
| Pull-Planner-Datei-Standardverzeichnisse finden | 4 |
| Benutzer-Pull-Planner-Boot ohne Initialisierungsdatei | 4 |
| Sprache in Pull-Planner 4.0 einstellen | 5 |
| Einheiten in Pull-Planner 4.0 einstellen | 5 |
| Internetverbindungen in Pull-Planner 4.0 | 6 |
| Kabel-Datenbank..... | 7 |
| Über die Kabel-Datenbank..... | 7 |
| Speicherort der Kabel-Datenbank..... | 7 |
| Kabeleinheit, Typ und Name (Beschreibung) | 7 |
| Verwaltung von Kabeldaten..... | 8 |
| Sortieren der Kabeldaten..... | 9 |
| Importieren einer bestehenden Kabel-Datenbank..... | 9 |
| Neuer Eintrag eines Kabelkanalentwurfs..... | 10 |
| Eingabe eines Einzug-Dateinamens | 10 |
| Eingabe einer Einzug-Beschreibung..... | 10 |
| Eingabe des Innendurchmessers des Rohres..... | 10 |
| Kabeleingabe, Konfiguration, Freiraum und Füllung | 11 |
| Eingabe von Kabelinformationen..... | 11 |
| Berechnung und Anzeige der Kabelfüllung..... | 12 |
| Berechnung des Kabelfreiraums..... | 12 |
| Kabelfreiraum-Behandlung im Pull-Planner | 13 |
| Kabelkonfiguration, Triplex- und flach liegende Kabel | 13 |
| Quadruplex-Kabelanordnung (rautenförmig)..... | 14 |
| Kabelverklebung | 15 |
| Gewichtskorrekturfaktor (WCF)..... | 15 |
| Gründe für die Änderung eines Gewichtskorrekturfaktors | 16 |

| | |
|--|----|
| Ändern des Gewichtskorrekturfaktors..... | 16 |
| Auswirkung des Kabelgewichtskorrekturfaktors auf die Berechnung der Spannung | 17 |
| Reibungskoeffizient..... | 17 |
| Verwendung der Reibungsdatenbank | 17 |
| Auswählen eines COF auf der Grundlage von Kabel, Rohr und Schmiermittel | 17 |
| Testverfahren und Bestimmung des Reibungskoeffizienten..... | 18 |
| Auswahl eines Schmiermittels | 19 |
| Faktoren, die den Reibungskoeffizienten (COF) beeinflussen..... | 19 |
| Ändern des Reibungskoeffizienten | 20 |
| Variabler Reibungskoeffizient (hohe Scherung/niedrige Scherung)..... | 21 |
| Empfehlung für die Schmierstoffmenge | 22 |
| Empfehlung zur Anwendung des Schmiermittels..... | 23 |
| Verwendung des Pull-Planner-COF in der Praxis | 23 |
| Abwicklungsspannung oder eingehende Spannung..... | 23 |
| Eingabe einer Abwicklungsspannung | 23 |
| Leitfaden zur Abwicklungsspannung | 24 |
| Rohrsegmentansatz | 24 |
| Allgemeiner Segmentansatz für die Eingabe | 24 |
| Länge des geraden Abschnitts, Winkel, Winkelrichtung | 24 |
| Biegungstyp, -richtung, -radius und -winkel..... | 26 |
| Komplexe Biegungen und Azimutwinkel | 27 |
| Biegungen mit großem Radius..... | 27 |
| Eingabe einer Biegung mit großem Radius..... | 27 |
| Rechner für Biegungen mit großem Radius..... | 28 |
| Rollen und Umlenkrollen | 30 |
| Einsetzen einer Rolle/Umlenkrolle in den Einzug..... | 30 |
| Richtlinien für die typische Zusatzspannung von Rollen | 31 |
| Auswirkung der Rolle auf Zug- und Seitenwandspannungen..... | 31 |
| Schub-/Zug-Vorrichtungen..... | 31 |
| Einsetzen der Schub-/Zug-Vorrichtung..... | 31 |
| Leitfaden zur Verwendung von Schub-/Zug-Vorrichtungen..... | 32 |
| Umkehrung eines Einzugs mit einer Schub-/Zug-Vorrichtung..... | 32 |
| Verwendung einer Schub-/Zug-Vorrichtung zur Erhaltung der negativen Spannung..... | 32 |
| Organisieren von Daten für die Segmenteingabe..... | 33 |
| Spannungsberechnungen | 33 |
| Spannung als Zusatz..... | 33 |
| Bestimmung der maximalen Spannung..... | 34 |
| Markieren der maximalen Spannung..... | 34 |

| | |
|--|----|
| Maximale Spannung für mehrere Kabel | 34 |
| Berechnung der Seitenwandspannung..... | 35 |
| Markierung der maximalen Seitenwandspannung..... | 35 |
| Richtlinie zur Seitenwandspannung..... | 36 |
| Umkehrung des Einzugs | 37 |
| Rückrechnung des effektiven Reibungskoeffizienten..... | 37 |
| Einzugsbericht..... | 37 |
| Herunterladen, bearbeiten und drucken des Einzugsberichts | 37 |
| Kabelkanal..... | 38 |
| Anhang A – Gleichungen..... | 40 |
| Anhang B – Bibliographie und Literaturhinweise | 41 |
| Anhang C – Pull-Planner™ Kabelspannungsrechner – Datenformular | 43 |
| Anhang D – Beispieleinträge | 45 |
| Einfacher Einzug – Beispiel 1..... | 45 |
| Biegung mit großem Radius – Beispiel 2..... | 46 |

Vergleich mit früheren Pull-Planner-Softwareversionen

Allgemeine Information

Pull-Planner 4.0 folgt dem gleichen Ansatz für die Daten des Rohrsystems wie die vorherigen Versionen der Pull-Planner-Software. Die Daten werden nach „Segmenten“ eingegeben, wobei ein Segment ein gerader Rohrabchnitt ist, auf den ein Rohrbogen folgt.

In Version 4.0 werden die Daten auf Registerkarten angezeigt und nicht mehr wie in früheren Versionen auf mehreren Menü-/Datenbildschirmen. Die Anleitungsfelder sind zugunsten einer intuitiveren Bedienung minimiert.

Pull-Planner 4.0 integriert vollständig metrische und englische Einheiten. Es gibt nur eine einzige Kabel-Datenbank und nur eine Art von gespeicherter Einzugdaten-Datei (.xpll). Wenn die Software auf metrische Einheiten eingestellt ist, werden nur Kabeldaten übernommen, die in metrischen Einheiten eingegeben wurden. Wenn ein gespeicherter Einzug importiert wird, passt sich die Software an die bei diesem Einzug verwendeten Einheiten an (ein metrischer Einzug stellt die Software auf metrische und ein englischer Einzug auf englische Einheiten ein).

In Pull-Planner 4.0 kann der Reibungskoeffizient (coefficient of friction, COF) für jede Segmentkomponente geändert werden, ohne dass ein spezieller Modus erforderlich ist. Um den COF zu ändern, klicken Sie doppelt auf die zu ändernde COF-Zelle. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt über den Reibungskoeffizienten in diesem Dokument.

Importieren von „Einzug-Dateien“, die von früheren Softwareversionen gespeichert wurden

Pull-Planner 4.0 kann Einzug-Dateien, die in früheren Software-Versionen gespeichert wurden, sowohl in metrischen als auch in englischen Einheiten verwenden (*.plm bzw. *.pll). Sobald sie importiert wurden, konvertiert und speichert Pull-Planner 4.0 sie in das neue xml-Format.

Um eine gespeicherte Einzug-Datei zu importieren, klicken Sie in der oberen Menüleiste auf das Symbol „Öffnen“. Setzen Sie den Dateityp auf .pll (oder die Metrik .plm) und navigieren Sie zu dem Verzeichnis, in dem der Einzug gespeichert ist. Klicken Sie auf den Einzug und öffnen Sie ihn. Wenn es sich bei der Datei um einen gespeicherten metrischen Einzug (.plm) handelt, müssen Sie vor dem Öffnen des Einzugs die metrischen Krafteinheiten

Kilonewton oder Kilogramm auswählen. Sie wird mit diesen Einheiten versehen, wenn sie als *.xpII-Datei gespeichert wird.

Nach dem Import werden die Details des Einzugs auf dem Bildschirm angezeigt, und der Einzug wird unter demselben Namen, aber mit der Dateierdung .xpII, gespeichert. Für die künftige Verwendung wird der Einzug in diesem Format erfolgen. Verwenden Sie das Symbol „Speichern unter“, um den Einzug in einem anderen gewünschten Verzeichnis zu speichern, den Namen zu ändern usw.

Vorhandene kundenspezifische Kabel-Datenbank zu Pull-Planner 4.0

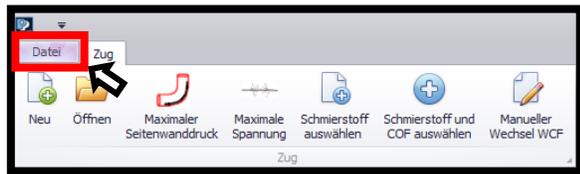
Pull-Planner 4.0 wird mit einer kleinen Beispieldatenbank geliefert, die 5 Kabeltypen in englischen und 5 Typen in metrischen Einheiten enthält. Vorhandene Kabel-Datenbanken können zu diesen Pull-Planner-Kabeldaten hinzugefügt werden. In Pull-Planner 4.0 werden sowohl englische als auch metrische Kabeltypen in einer einzigen xml-Datei namens „cable.xdat“ gespeichert. In früheren Versionen wurden die englischen und metrischen Kabel getrennt in den Dateien „cable.dat“ bzw. „cablem.dat“ gespeichert.

Informationen zum Hinzufügen dieser Daten finden Sie im Abschnitt „Kabel-Datenbank“ in diesem Dokument.

Dateipfade

Pull-Planner-Datei-Standardverzeichnisse finden

Um den Speicherort der Pull-Planner-Dateien zu bestimmen, klicken Sie auf die Registerkarte „Datei“:



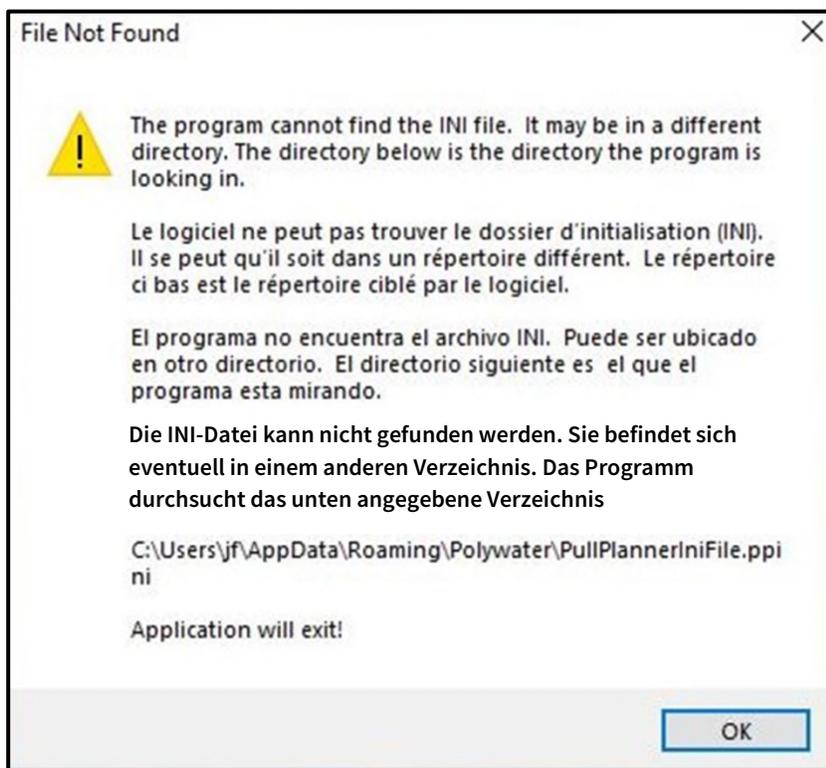
Dadurch erhalten Sie den aktuellen Pfad, den Pfad für die Kabel-Datenbank und den anfänglichen Benutzerpfad:



„Aktuelles Verzeichnis für Einzug-Dateien“ ist der Ort, an dem der letzte gespeicherte Einzug (.xpII) abgelegt wurde. Der „Pfad für die Kabel-Datenbank“ ist das Verzeichnis, das die Datei cable.xdat enthält, die zum Auffüllen der Kabeldaten verwendet wird. Der „Anfangspfad für Benutzer“ ist der Speicherort der Datei PullPlannerIniFile.ppini. Dies ist die Initialisierungsdatei für den jeweiligen Benutzer. Sie enthält Informationen über Sprache, Einheiten, frühere Einzugsorte und zahlreiche andere Details. Ohne diese „ini“-Datei läuft die Software nicht.

Benutzer-Pull-Planner-Boot ohne Initialisierungsdatei

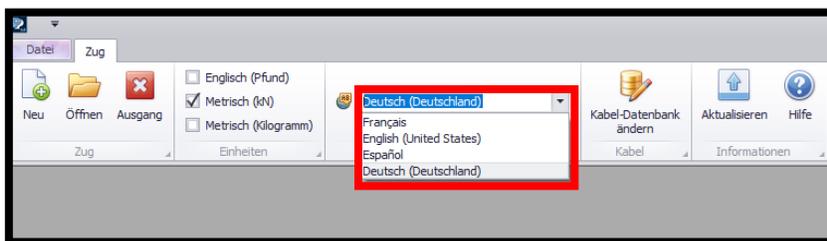
Pull-Planner 4.0 sucht in der spezifischen Benutzerdatei unter AppData\Roaming\Polywater\ nach einer Initialisierungsdatei. Ohne diese „ini“-Datei läuft die Software nicht. Wenn die ini-Datei nicht gefunden wird, zeigt die Software die folgende Meldung an, bevor sie wieder beendet wird:



Die ini-Datei wird bei der Erstinstallation der Software erstellt. Wenden Sie sich bitte an American Polywater, wenn es ein Problem mit der ini-Datei gibt, das zu der oben genannten Fehlermeldung führt.

Sprache in Pull-Planner 4.0 einstellen

Pull-Planner 4.0 zeigt Bildschirme in mehreren Sprachen an (Englisch, Französisch, Spanisch, Deutsch). Die Sprache wird über die Dropdown-Option „Sprache ändern“ in der oberen Multifunktionsleiste ausgewählt.



Die Sprache kann jederzeit geändert werden. Wenn jedoch die Sprache mitten in einem Einzug-Eintrag geändert wird, muss der Einzug gespeichert und nach der Sprachänderung erneut importiert werden. Bei einer Sprachänderung wird der ursprüngliche Standardbildschirm angezeigt.

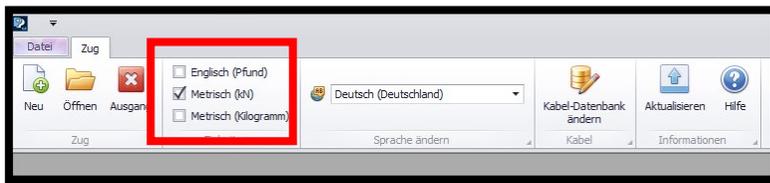
Wenn Sie das Programm zum ersten Mal öffnen, startet es auf Englisch. Danach startet es in der Sprache, die es vor dem Beenden zuletzt verwendet hat. Beachten Sie, dass Benutzereingaben nicht übersetzt werden und in jeder Sprache erfolgen können, die von der Tastatur und dem Windows®-System unterstützt wird.

Einheiten in Pull-Planner 4.0 einstellen

Pull-Planner 4.0 rechnet mit drei verschiedenen Maßsystemen:

- Englisch (Kraft in Pfund)
- Metrisch (Kraft in kN)
- Metrisch (Kraft in kg)

Der Einheitentyp kann über die Dropdown-Option „Einheiten“ in der oberen Multifunktionsleiste ausgewählt werden.

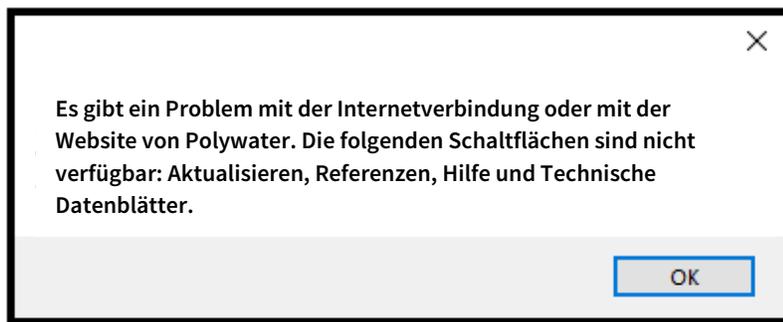


Bevor ein neuer Einzug gestartet wird, müssen die Einheiten über das Optionsfeld ausgewählt werden. Sobald ein Einzug gestartet wurde, ist diese Option deaktiviert, und die Einheiten können nicht mehr geändert werden. Wenn das Programm zum ersten Mal geöffnet wird, startet es in englischen Einheiten (Kraft in Pfund). Danach startet es mit den vor dem Beenden zuletzt verwendeten Einheiten.

Internetverbindungen in Pull-Planner 4.0

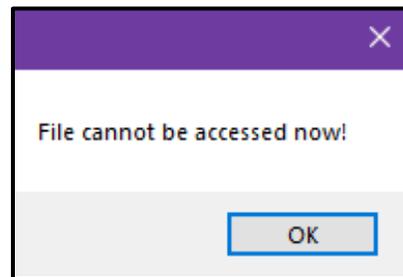
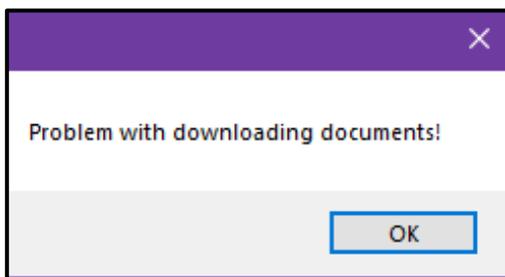
Pull-Planner 4.0 benötigt eine Internetverbindung, um technische Datenblätter für Schmierstoffe zu importieren und um aktive Links zu Hilfe, Literaturhinweisen und Upgrade einzurichten. Die Software speichert oder verfolgt keine Details zu Einzugsdaten oder Benutzeraktivitäten. Die Software funktioniert auch ohne Internetverbindung, verfügt dann aber nicht über die oben genannten Funktionen.

Die Software stellt eine Internetverbindung her, indem sie www.polywater.com „anpingt“. Wenn der Ping nicht durchkommt, wird eine Meldung angezeigt, dass keine Internetverbindung besteht und dass die internetgestützten Funktionen deaktiviert sind. Die folgende Meldung kann erscheinen, wenn das Programm ohne Internet gestartet wird:



Wenn diese Art von Meldung erscheint, obwohl eine Internetverbindung besteht, liegt das Problem in der Regel an einer Firewall, die den Internetzugang der Software blockiert. Setzen Sie Ihre Firewall zurück, damit Pull-Planner 4.0 auf das Internet zugreifen kann, oder wenden Sie sich an Ihre IT-Abteilung.

Wenn das Internet nicht verfügbar ist, während das Programm läuft, können auch andere Fehler auftreten:



Sollte es nicht möglich sein, eine Internetverbindung für die Software herzustellen, wenden Sie sich bitte an Polywater. Wir stellen Ihnen dann direkte Links zur Verfügung, mit denen Sie den Upgrade-Status überprüfen und die Hilfe sowie die anderen mit dem Internet verknüpften Funktionen aufrufen können.

Kabel-Datenbank

Über die Kabel-Datenbank

Pull-Planner 4.0 verfügt über eine Kabel-Datenbank, in der die Kabelinformationen gespeichert werden. In der Datenbank werden grundlegende Informationen zu jedem eingegebenen Kabel gespeichert: Kabelgewicht, Kabeldurchmesser, eine allgemeine Beschreibung (Name) und ein „Kabeltyp“, der der Sortierung der Datei dient. Da sich die Kabelverwendung im Laufe der Zeit ändert, können Sie die Namen, Typen, Durchmesser oder Gewichte für die Kabeldaten, die Sie mit dem Programm speichern, eingeben oder ändern. Diese Kabeldaten können Sie bei der Eingabe von Einzugsdaten bequem eingeben.

Das Programm wird mit Beispielkabeldatenbanken geliefert, die verschiedene Kabeltypen und -größen enthalten. Die Datenbank der elektrischen Musterkabel umfasst 600-V-Gebäudekabel (Typ B), Steuerkabel (Typ C), Mittelspannungskabel (Typ M), Hochspannungskabel (Typ H) und Glasfaserkabel (Typ F). Die Kommunikationskabel-Datenbank umfasst Glasfaserkabel mit hoher Faserzahl (Typ H), Multimode-Glasfaserkabel (Typ M), Singlemode-Glasfaserkabel (Typ S), Koaxial-Verteilerkabel (Typ C) und 4-paarige Cat-6-Datenkabel (Typ D). Siehe „Kabeltypen“ bezüglich Informationen über die Verwendung der Kennzeichnung „Typ“.

Die Beispieldatenbank sollte geändert und mit spezifischen Werten für Ihre Situation ergänzt werden. Sie wird nur als Beispiel angeführt.

Speicherort der Kabel-Datenbank

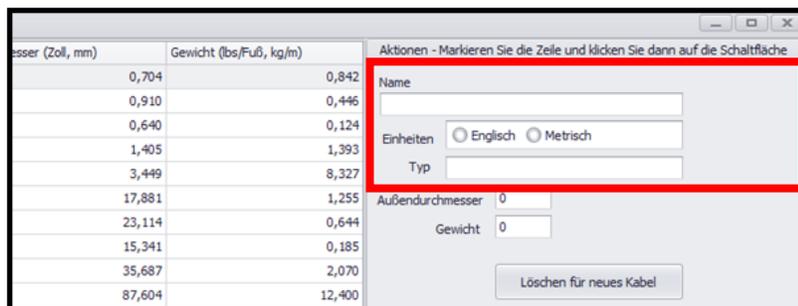
Der Standardspeicherort für die Kabel-Datenbank (cable.xdat) befindet sich in der Windows-Benutzerdatei unter „Appdata/Roaming/Polywater/Data“. Der Speicherort kann über die Schaltfläche „Kabel-Datenbank ändern“ in der oberen Multifunktionsleiste und anschließend über die Schaltfläche „Kabel-DB an einem anderen Ort speichern“ geändert werden. Wenn die Datenbank auf andere Weise verschoben wird, weiß das Programm nicht, wo sie sich befindet, und erzeugt den Ausnahmefehler „Datei konnte nicht gefunden werden“.

Der Speicherort der Kabel-Datenbank wird unter der Registerkarte „Datei“ des Hauptmenüs unter „Standardverzeichnisse“ angezeigt.

Der häufigste Grund für das Zurücksetzen des Speicherorts der Kabel-Datenbankdatei besteht darin, eine gemeinsame Netzwerkdatenbank zu erstellen, die für mehrere Benutzer verfügbar ist. Der Aufbau einer gemeinsamen Datenbank muss richtig geplant werden, damit das endgültige Zurücksetzen die gewünschte Datenbank ergibt.

Kabeleinheit, Typ und Name (Beschreibung)

Die Kabel werden entweder mit englischen (imperialen) oder metrischen Einheiten für Gewicht und Durchmesser gespeichert. Beim Hinzufügen von Kabeln ist dies ein Optionsfeld, das direkt nach der Benennung des Kabels erscheint. Stellen Sie beim Hinzufügen von Kabelgewicht und -durchmesser die entsprechenden Einheiten ein.



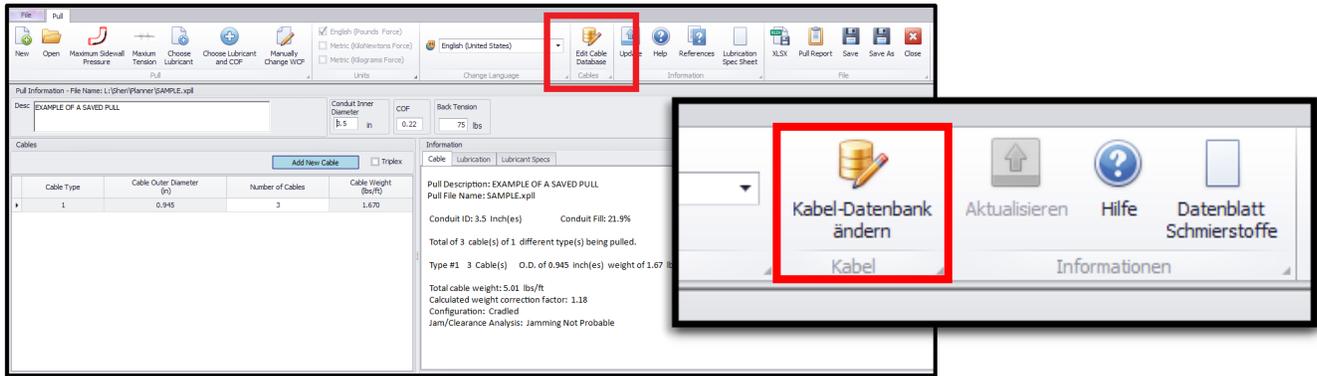
Wenn Sie ein neues Kabel für einen Einzug eingeben, werden im Kabelauswahlbereich nur die Kabel angezeigt, die denen von Ihnen verwendeten Einheiten entsprechen.

Der Kabeltyp wird in das Feld direkt unter den Einheiten eingegeben. Dies ist ein einzelnes alphanumerisches Kürzel, das Sie jedem Kabel zuweisen. Es soll Ihnen helfen, Ihre Kabel-Datenbank zu sortieren und zu organisieren. Da der Typ ein primäres Sortierfeld ist, sollten Sie Ihre eigenen Bezeichnungen wählen, um Ihre

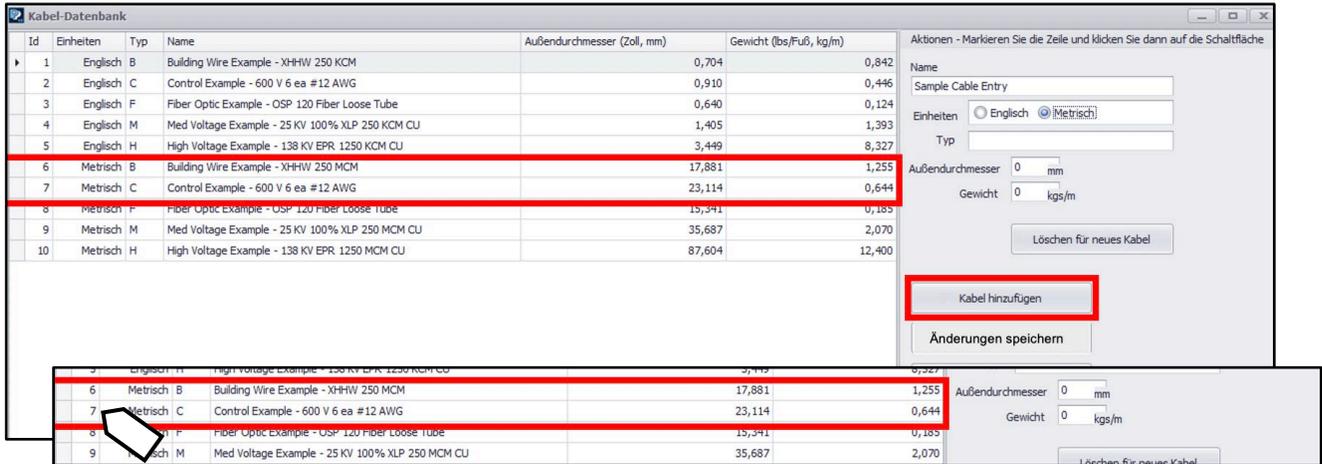
Kabel-Datenbank zu organisieren. Die Änderung des Typs erfolgt wie bei den anderen Feldern der Kabel-Datenbank, d. h. durch Doppelklick auf die entsprechende Zelle in der Datenbanktabelle.

Verwaltung von Kabeldaten

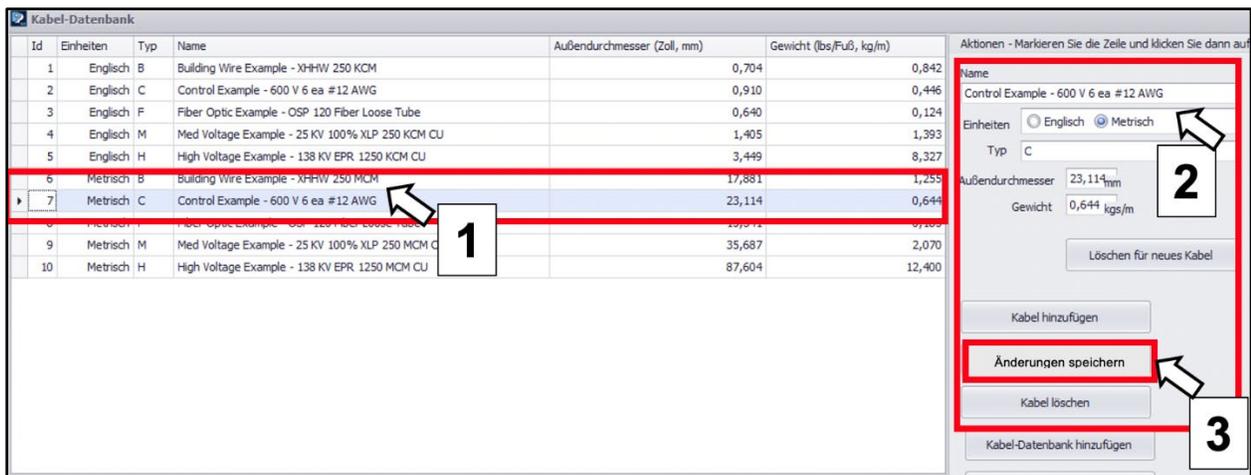
Um die vorhandenen Kabeldaten zu ergänzen, klicken Sie auf das Symbol „Kabel-Datenbank ändern“.



Die Kabel-Datenbank wird auf dem Bildschirm angezeigt. Geben Sie den Namen ein, klicken Sie auf die Optionsschaltfläche für die Einheiten (englisch oder metrisch), geben Sie den Typ, den Außendurchmesser (Zoll, mm) und das Gewicht (lbs/ft, kg/m) ein. Klicken Sie auf die Schaltfläche „Kabel hinzufügen“, um das neue Kabel in der Zeile einzufügen, in der sich der Cursor befindet.



Der Kabel-Außendurchmesser und das Kabelgewicht werden im englischen System vom Programm auf 3 Dezimalstellen gerundet. Im metrischen System wird der Kabel-Außendurchmesser auf 2 Dezimalstellen gerundet. Sobald neue Kabelinformationen eingegeben wurden, können sie geändert werden. Zum Ändern markieren Sie die Kabelzeile, bearbeiten das Detailbild auf der rechten Seite mit den Daten, die Sie ändern möchten, und klicken dann auf die Schaltfläche „Änderungen speichern“.



Sortieren der Kabeldaten

Sie können die Kabeldaten nach einer beliebigen Spalte sortieren (Reihenfolge der Listendarstellung). Klicken Sie dazu einfach auf die oberste Zelle der Spalte, die Sie sortieren möchten.

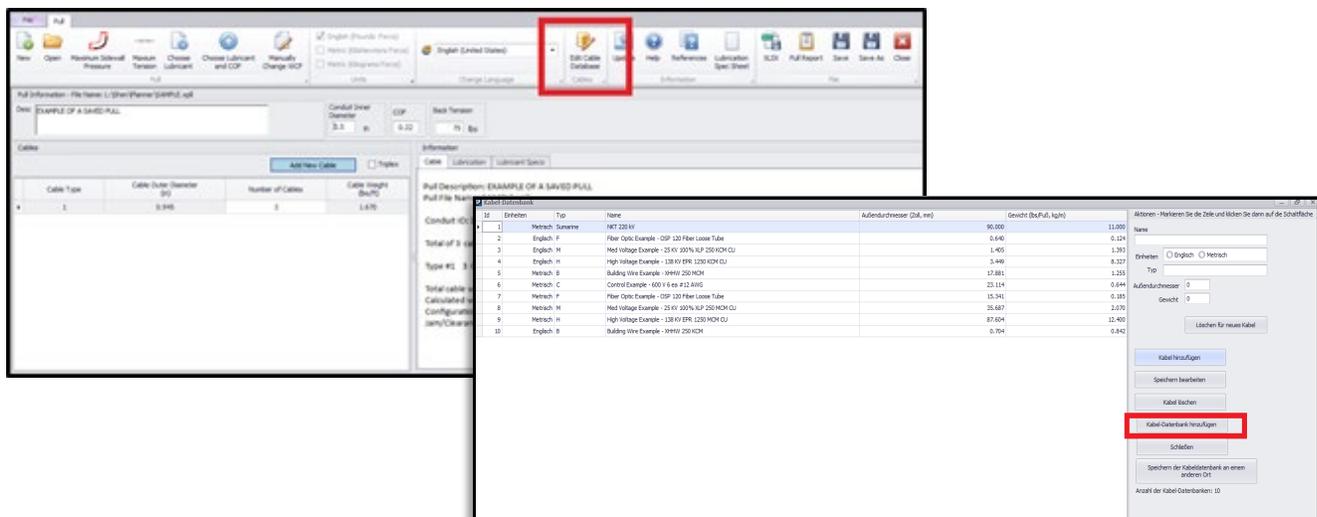
Wenn Sie Kabel hinzufügen oder ändern, die nicht mit Ihrer Sortierung übereinstimmen, erfolgt die Sortierung nicht automatisch. So können Sie die Datenbank in beliebiger Reihenfolge aufbauen. Eine weitere Sortierung ist erforderlich, wenn Sie die Reihenfolge des neu Hinzugefügten ändern möchten.

Beachten Sie, dass eine Sortierung der gesamten Datenbank nicht gespeichert wird. Die Kabeleingabe in einen Einzug bietet jedoch die gleichen Sortierfunktionen, um das gewünschte Kabel an diesem Punkt der Dateneingabe zu finden.

Importieren einer bestehenden Kabel-Datenbank

Eine andere Pull-Planner-4.0-Kabel-Datenbank oder eine mit Pull-Planner 3000 verwendete Kabel-Datenbank kann zu den Kabeldaten in Pull-Planner 4.0 hinzugefügt werden. Pull-Planner 4.0 speichert die Kabel-Datenbank als „Cable.xdat“ mit englischen und metrischen Kabeltypen in einer gemeinsamen Datei. Der Pull-Planner 3000 speicherte englische Kabeleinheiten als „cable.dat“ und metrische Kabeleinheiten als „cablem.dat“.

Um Ihre gespeicherte Kabel-Datenbank hinzuzufügen, klicken Sie in der oberen Multifunktionsleiste auf das Symbol „Kabel-Datenbank ändern“. Wählen Sie im Bearbeitungs-Menü die Schaltfläche „Kabel-Datenbank hinzufügen“ auf der rechten Seite.



Setzen Sie den Dateityp auf XDAT (Pull-Planner 4.0) oder DAT (Pull-Planner 3000) und navigieren Sie zu der cable.xdat, cable.dat oder cablem.dat, die Sie hinzufügen möchten.



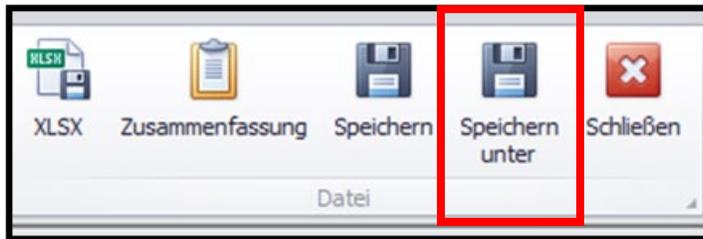
Klicken Sie einfach auf diese Datei und öffnen Sie sie, dann wird sie am Ende der neuen Datenbank hinzugefügt. Bei diesem Hinzufügen wird nicht auf Duplikate geprüft. Alle Kabel der ausgewählten Datei werden hinzugefügt.

Neuer Eintrag eines Kabelkanalentwurfs

Eingabe eines Einzugs-Dateinamens

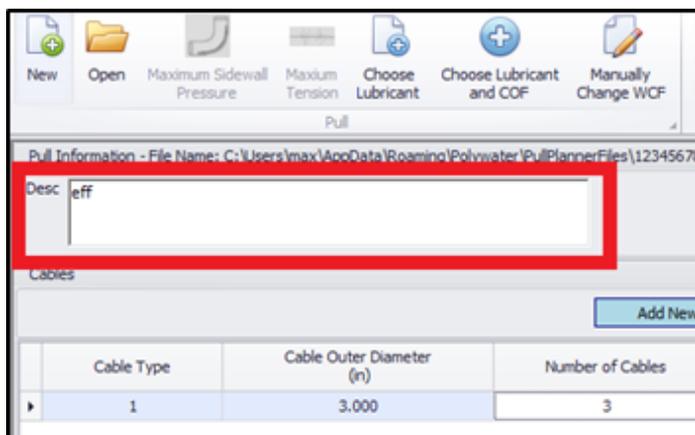
Sie können im Dateinamen alphanumerische Zeichen, Unterstriche und Bindestriche verwenden. Alle anderen Zeichen führen zu einer Fehlermeldung.

Der Name und die Beschreibung des Einzugs müssen bei Aufforderung eingegeben werden. Der Dateiname oder der Speicherort kann nach Klicken auf „Speichern unter“ geändert werden.



Eingabe einer Einzug-Beschreibung

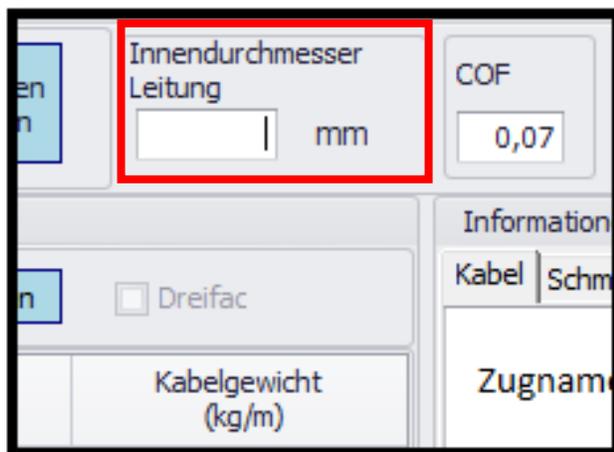
Die Einzug-Beschreibung kann jeder beliebige Text sein. Sie kann durch Anklicken des Feldes „Desc“ geändert werden.



Eingabe des Innendurchmessers des Rohres

Die nächste erforderliche Eingabe ist der Innendurchmesser (ID) des Rohres in Millimetern (metrisch) oder Zoll (englisch). Der Rohr-Innendurchmesser wird vom Programm auf zwei Dezimalstellen gerundet.

Der Rohr-Innendurchmesser kann durch Anklicken des Feldes „Innendurchmesser des Rohres“ geändert werden.



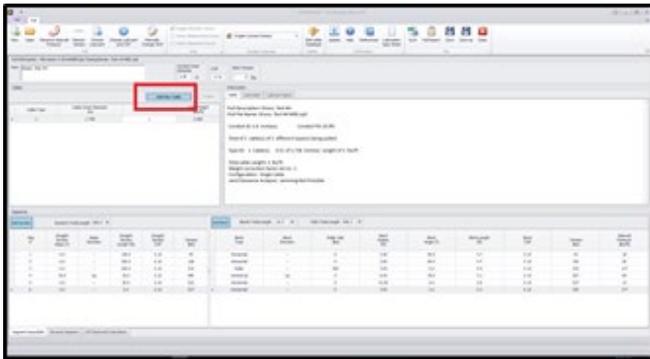
Kabeleingabe, Konfiguration, Freiraum und Füllung

Eingabe von Kabelinformationen

Die Abmessungen, das Gewicht und die Anzahl der in ein Rohr eingezogenen Kabel beeinflussen die Zugspannung direkt durch das Gewicht und indirekt durch Gewichtskorrektur- oder Belegungs-faktoren.

Nach Eingabe der Rohr-ID werden Sie aufgefordert, die Kabelinformationen einzugeben. Wählen Sie ein Kabel aus der Kabel-Datenbank aus oder geben Sie den Kabel-Außendurchmesser, das Gewicht und die Anzahl der Kabel separat ein.

Sie können weitere Kabel hinzufügen, indem Sie sie eingeben, wenn Sie nach der Eingabe Ihres ersten Kabels dazu aufgefordert werden, oder indem Sie auf die Schaltfläche „Neues Kabel hinzufügen“ klicken.



Sie können ein Kabel aus der Datenbank auswählen, indem Sie die Dropdown-Liste verwenden, oder Ihren eigenen Kabel-Außendurchmesser, sein Gewicht und die Anzahl der Kabel eingeben. Die Eingabe des Außendurchmessers muss in Millimetern (metrisch) oder Zoll (englisch) erfolgen und wird auf 2 Dezimalstellen (metrisch) bzw. 3 Dezimalstellen (englisch) gerundet. Die Gewichtsangaben müssen in kg/m (metrisch) oder lbs/ft (englisch) erfolgen und werden auf drei Dezimalstellen gerundet.

Die Kabeldetails werden in der unten abgebildeten Kabeltabelle angezeigt.

| Kabel | | | |
|--|----------------------------|--------------|---------------------|
| <input type="button" value="Neues Kabel hinzufügen"/> <input type="checkbox"/> Dreifac | | | |
| Kabeltyp | Kabelaußendurchmesser (mm) | Anzahl Kabel | Kabelgewicht (kg/m) |
| ▶ 1 | 50,000 | 1 | 5,000 |
| 2 | 70,000 | 1 | 7,000 |

Sobald die Kabeldaten akzeptiert und in der Kabeltabelle angezeigt wurden, können sie geändert oder gelöscht werden.

Um einen Wert eines bereits eingegebenen Kabels zu ändern, doppelklicken Sie auf die Zelle, die Sie ändern möchten, geben den neuen Wert ein und drücken die Eingabetaste. Sie können eine ganze Zeile in der Kabeltabelle löschen, indem Sie mit der rechten Maustaste auf die Zeile klicken und „Kabeltyp löschen“ wählen. Sie können auch neue Kabeltypen hinzufügen, indem Sie mit der rechten Maustaste in der Kabeltabelle klicken und „Kabel einfügen“ wählen oder die Schaltfläche „Neues Kabel hinzufügen“ verwenden.

Berechnung und Anzeige der Kabelfüllung

Die Kabelfüllung für den Einzug wird berechnet und auf der Registerkarte „Informationen – Kabel“ angezeigt. Sie ist die Summe der Kabelfläche (basierend auf dem Kabel-Außendurchmesser) als Prozentsatz der Rohrfläche (basierend auf dem Rohr-Innendurchmesser).

Informationen

Kabel | Schmierstoff | Schmierstoff-Spezifikationen

Zugname: C:\Users\Michael.Lagers\American Polywater Corporation\PEBV -

Leitungs-ID : 260,00 Millimeter **Leitungsfüllung: 10,9%**

Gesamt 2 Kabel von 2 Verschiedene Typen wurden gezogen.

| Typ # | Kabel | Kabelaußendurchmesser (mm) | Kabelgewicht (kg/m) |
|-------|-------|----------------------------|---------------------|
| 1 | 1 | 50,000 | 5,000 |
| 2 | 1 | 70,000 | 7,000 |

Gesamtes Kabelgewicht : 12,000 kg/m

Berechneter Gewichtskorrekturfaktor : 1,05

Konfiguration : Zwei Kabel

Stau- und Abstandsanalyse : Störung nicht wahrscheinlich

Die Rohrfüllung wird auf die nächsten 0,1 % aufgerundet. Die Rohrfüllung kann durch elektrische Vorschriften oder andere Normen geregelt sein. So regelt beispielsweise der National Electric Code (NEC) in den USA die Füllung von Rohren basierend auf der Anzahl von Kabeln. Kapitel 9, Tabelle 1 des NEC zeigt eine maximale Kabelfüllung von 53 % für 1 Kabel, 31 % für 2 Kabel und 40 % für mehr als 2 Kabel. Für bestimmte Bedingungen wird eine niedrigere Füllung empfohlen [Literaturhinweis Nr. 18]. Pull-Planner 4.0 rundet die prozentuale Füllung immer auf (auf das nächste Zehntel eines Prozents). Es ist Sache des Nutzers, zu bestimmen, ob der Entwurf innerhalb der vorgeschriebenen Parameter liegt.

Einige Kabelhersteller geben Empfehlungen für die maximale Kabelfüllung. Eine hohe Rohrfüllung kann die Zugspannung erhöhen. Studien zeigen, dass das Einziehen mehrerer kleiner Kabel (Daten-, Instrumenten-, Steuerkabel usw.) mit einer Rohrfüllung von mehr als 70 % die Kabelzugspannungen beeinträchtigt [Literaturhinweis Nr. 16].

Berechnung des Kabelfreiraums

Der Freiraum ist der Abstand zwischen dem/den Kabel(n) und der Oberseite des Rohres. Der zulässige Mindestfreiraum kann je nach Kabel- und Rohrgröße sowie nach technischer Praxis variieren. Die beim Einzug von Versorgungsleitungen angegebenen Abstände betragen in der Regel 10–20 % des Rohr-Innendurchmessers, um eine Ovalisierung des Rohres, die Ausdehnung des Kabels, Einschnürungen an Biegungen und Anschlüssen oder andere kleinere Hindernisse im Rohr zu berücksichtigen. Eine andere Quelle empfiehlt einen Mindestfreiraum von 0,5 Zoll [Literaturhinweis Nr. 11]. Der Benutzer kann sich mit dem Kabelhersteller in Verbindung setzen, um den zulässigen Freiraum zu bestimmen.

Der Freiraum kann wie folgt berechnet werden:

1 Kabel, Freiraum = $D - d$

2 Kabel, Freiraum = $D - 2d$

3 Kabel (Dreiecksform), Freiraum = $\frac{D}{2} - 1,366d + \frac{(D-d)}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{d}{D-d}\right)^2}$

4 Kabel (rautenförmig), Freiraum = $(D - d) - \frac{2d^2}{(D - d)}$

Dabei ist D der Innendurchmesser des Rohres und

d der durchschnittliche Kabel-Außendurchmesser.

Der Freiraum ist in der Regel kein Problem, wenn die Kabel in Übereinstimmung mit den Höchstwerten für die Füllung von Elektroinstallationsrohren verlegt werden. Diese Maximalwerte ergeben einen ausreichenden Freiraum.

Kabelfreiraum-Behandlung im Pull-Planner

Wenn die Benutzerdaten einen Freiraum von Null oder weniger ergeben (was bedeutet, dass die Kabel nicht in das Rohr passen), warnt Pull-Planner 4.0, dass die Kabel nicht in das Rohr passen werden. Entweder wird das zuletzt eingegebene Kabel gelöscht, wenn dies zu einer Überfüllung geführt hat, oder die Änderung der Rohrgröße, die eine Überfüllung verursacht hat, wird nicht zugelassen. Diese Prüfungen sind jedoch begrenzt und können komplexe Kabelkonfigurationen nicht erfassen. Der Benutzer muss für ausreichenden Freiraum sorgen.

Pull-Planner 4.0 berechnet $\frac{D}{d}$ zur Ausgabe einer Richtlinie wie folgt:

- 1 Kabel, $\frac{D}{d} \leq 1$ – Das Programm warnt den Benutzer und führt keine Berechnungen durch.
- 2 Kabel, $\frac{D}{d} \leq 2$ – Das Programm warnt den Benutzer und führt keine Berechnungen durch.
- 3 Kabel, $\frac{D}{d} \leq 2,15$ – Das Programm warnt den Benutzer und führt keine Berechnungen durch.
- 3 Kabel, $2,15 \leq \frac{D}{d} \leq 2,5$ – Das Programm warnt den Benutzer nur, den Freiraum zu prüfen. Die Berechnung wird trotzdem durchgeführt.
- 4 oder mehr Kabel – Das Programm warnt den Benutzer, wenn die Kabelfüllung mehr als 60 % beträgt. Die Berechnung wird trotzdem durchgeführt.
- 4 oder mehr Kabel – Das Programm führt keine Berechnung durch, wenn die Kabelfüllung mehr als 90 % beträgt.

Dabei ist D der Innendurchmesser des Rohres und
 d der durchschnittliche Kabel-Außendurchmesser.

Wenn Pull-Planner 4.0 die Warnung „Freiraum prüfen“ ausgibt, wird empfohlen, dass der Benutzer den Freiraum überprüft. Dies kann entweder mit grafischen oder mathematischen Methoden erfolgen.

Kabelkonfiguration, Triplex- und flach liegende Kabel

Wenn drei Kabel gezogen werden, können die relativen Durchmesser sowohl die Anordnung als auch die Wahrscheinlichkeit eines Verklemmens beeinflussen. Die Kabelanordnung hat einen großen Einfluss auf die Kabelverklemmung und den Gewichtskorrekturfaktor (weight correction factor, WCF). Drei Kabel können flach liegend oder in einer dreieckigen Anordnung durch das Rohr gezogen werden.



3 Kabel, flach liegend



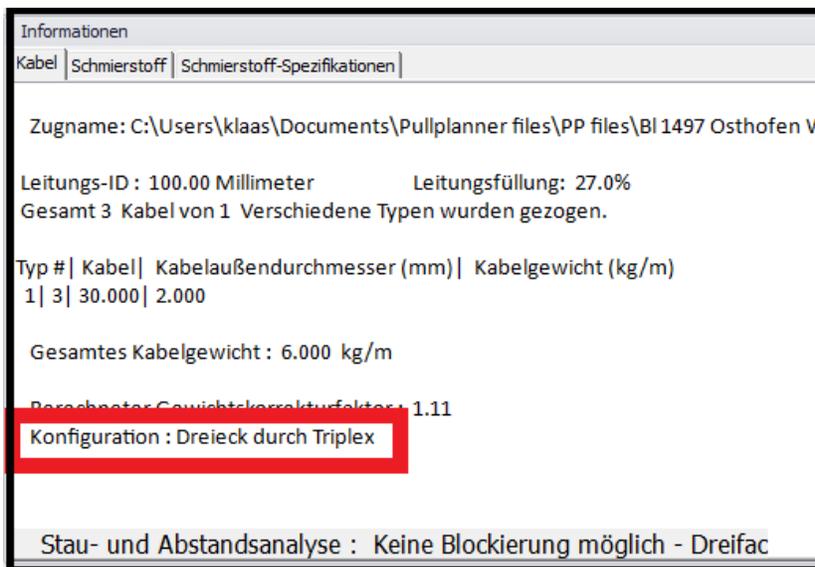
3 Kabel, Dreiecksform

Das Verhältnis zwischen dem Innendurchmesser des Rohres (D) und dem durchschnittlichen Außendurchmesser des Kabels (d) beeinflusst die Kabelanordnung.

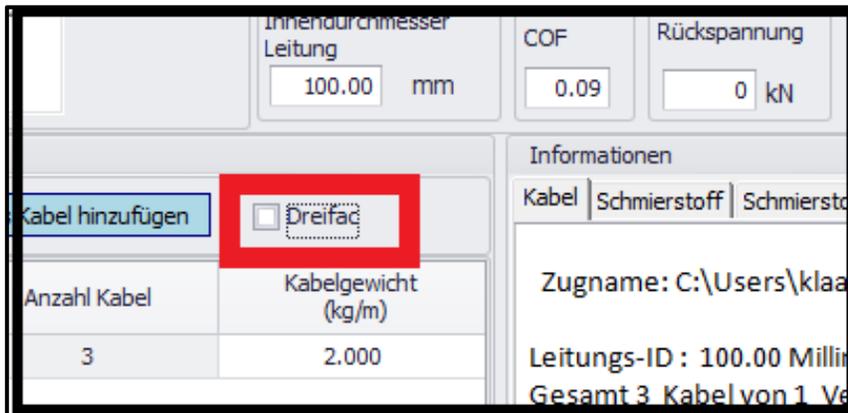
Pull-Planner 4.0 verwendet eine relativ konservative Umwandlung in Dreiecksform, wenn $\frac{D}{d} \leq 2,4$. Andernfalls wird die Konfiguration mit ihrem höheren WCF gewickelt. Die Angabe von drei Kabeln als Triplex (gewickelt) führt jedoch zu einem WCF der dreieckigen Anordnung, unabhängig vom Durchmesser Verhältnis.

Einige Quellen geben Wahrscheinlichkeiten für diese Drei-Kabel-Anordnungen an. Weitere Informationen finden Sie unter den Literaturhinweisen Nr. 1 und 11.

Die von der Software ermittelte Kabelanordnung finden Sie unter der Registerkarte „Kabel“ des unten abgebildeten Informationsfeldes.



Wenn insgesamt drei Kabel eingezogen werden, wird die Triplex-Box aktiviert. Wählen Sie diese Option, wenn Ihre Kabel dreifach gewickelt sind (spiralförmig umeinander gewickelt und von einer einzigen Trommel abgewickelt). Triplex-Kabel können keine „flach liegende“ Position einnehmen und werden mit einem „dreieckigen“ WCF berechnet.



Quadruplex-Kabelanordnung (rautenförmig)

Wenn 4 Kabel in einen Kanal eingezogen werden, können sie eine raute-förmige oder eine flach liegende Anordnung bilden. Die Anordnung hängt vom Verhältnis zwischen dem durchschnittlichen Kabel-Außendurchmesser (d) und dem Rohr-Innendurchmesser (D) ab.



4 Kabel, raute-förmig: $D/d < 3,0$ 4 Kabel, liegend: $D/d \geq 3,0$

Pull-Planner 4.0 verwendet standardmäßig einen konservativen Gewichtskorrekturfaktor von 1,4 für 4 oder mehr Kabel. Es gibt Gleichungen zur Berechnung des Gewichtskorrekturfaktors (WCF) für diese beiden 4-Kabel-Anordnungen [Literaturhinweis Nr. 19].

Informationen zum Überschreiben des Gewichtskorrekturfaktors (WCF) im Pull-Planner 4.0 finden Sie in den Hilfethemen zu diesem Thema.

Kabelverklemmung

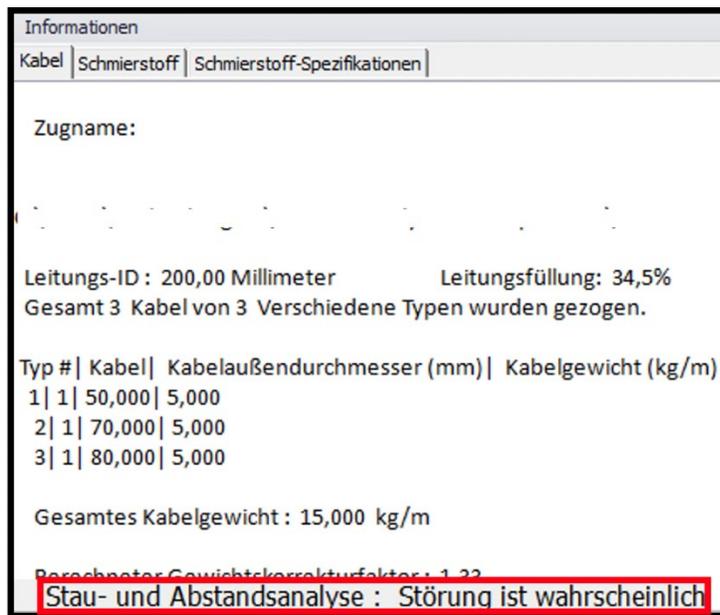
Pull-Planner 4.0 bewertet die Verklemmung bei Drei-Kabel-Einzügen. Bei einer Verklemmung besteht die Wahrscheinlichkeit, dass sich die drei Kabel in einer Biegung (linear) verkeilen und unerwartet hohe Zugspannungen erzeugen. Wenn der kombinierte Durchmesser von drei Kabeln ungefähr dem Innendurchmesser des Rohres entspricht, können sich die Kabel verschieben und linear ausrichten, um sich dann zu verklemmen, wenn sie um eine Biegung gezogen werden. Ziehen an den Kabeln, um sie zu lösen, beschädigt in der Regel die Kabel.

Gleichungen zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit von Kabelverklemmungen finden sich in der Fachliteratur. Pull-Planner 4.0 berechnet das Verklemmungs-Verhältnis für drei Kabel wie folgt:

$$\text{(Verklemmungs-)Verhältnis, } J = \frac{D}{d} \quad \text{wobei} \quad D \text{ der Innendurchmesser des Rohres ist und} \\ d \text{ der durchschnittliche Kabel-Außendurchmesser.}$$

Für $2,7 \leq J \leq 3,1$ wird das Programm ein Verklemmen als wahrscheinlich einstufen. Die Berechnung wird trotzdem durchgeführt.

Verklemmungen werden bei Zügen mit mehr als drei Kabeln nicht bewertet. Wenn jedoch ein Vierkabelzug aus drei Leistungskabeln mit einem dünneren Erdungsdraht besteht, sollte die Bewertung der Verklemmung durch den vorübergehenden Wegfall des Erdungsdrahtes gelten. Siehe „Gründe für die Änderung eines Gewichtskorrekturfaktors“ für dasselbe Problem beim berechneten WCF.



Gewichtskorrekturfaktor (WCF)

Der Gewichtskorrekturfaktor (WCF) stellt die „positionsbedingte“ Erhöhung der normalen Reibungskraft auf ein Kabel bei mehreren Kabelzügen dar, bei denen das Kabel nicht auf dem Boden des Rohres reibt. Dieser Faktor ist eine Variable, die sowohl die Spannung als auch den Seitenwanddruck aufgrund der ungleichmäßigen Gewichtsverteilung der einzelnen Kabel in einem Mehrfachkabel-Einzug erhöht. Die Gewichtskorrektur ist mathematisch definiert und basiert auf der Anzahl und Geometrie der Kabel. Die in Pull-Planner 4.0 verwendeten Gleichungen sind unten aufgeführt.

$$1 \text{ Kabel} \quad w = 1$$

$$2 \text{ Kabel} \quad w = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d}{D-d}\right)^2}}$$

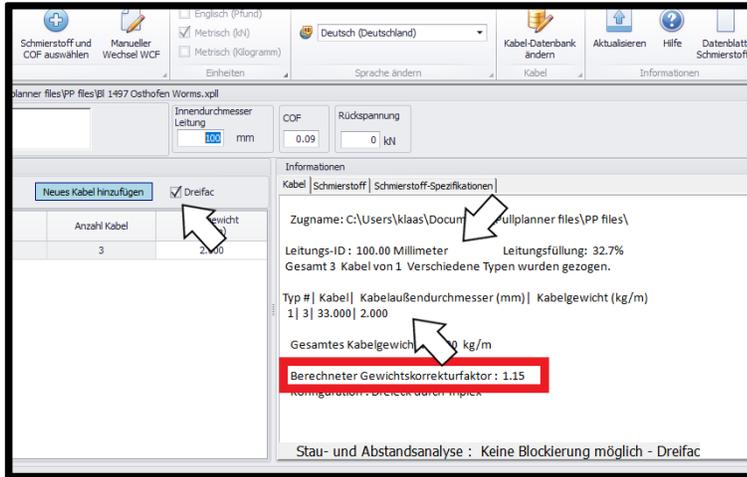
$$3 \text{ Kabel (Dreieckig)} \quad w = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d}{D-d}\right)^2}}$$

3 Kabel (flach liegend) $w = 1 + \frac{4}{3} \left(\frac{d}{D-d} \right)^2$

4 Kabel oder mehr $w = 1,4$

Dabei ist D der Innendurchmesser des Rohres und d der durchschnittliche Kabel-Außendurchmesser

Der WCF wird von Pull-Planner 4.0 automatisch berechnet, basierend auf den Eingaben der Kabelanzahl, des Kabel- und Rohrdurchmessers sowie der Geometrie, wie z. B. ein Triplexkabel. Den WCF des Kabels finden Sie unter der Registerkarte „Kabel“:



Gründe für die Änderung eines Gewichtskorrekturfaktors

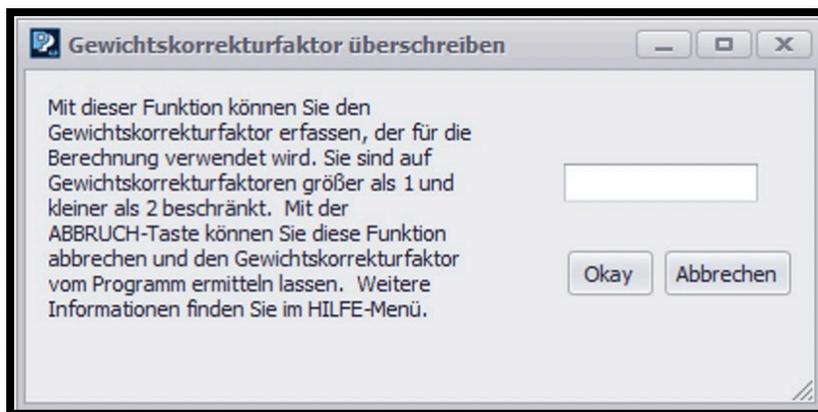
Der Benutzer kann den in den Berechnungen verwendeten Gewichtskorrekturfaktor (WCF) ändern. Ein häufiger Grund für die Änderung des WCF ist, wenn drei Leistungskabel mit einem vierten, kleineren, Erdungskabel eingezogen werden. Einige Benutzer würden gerne den weniger konservativen WCF der drei Leistungskabel annehmen, anstatt $WCF = 1,4$, der für 4 Kabel in einer komplexen Anordnung angenommen wird. Grafisch ermittelte oder rautenförmige Berechnungen des WCF für 4 oder mehr Kabel in einem Einzug können ebenfalls vom Benutzer eingegeben werden.

Ändern des Gewichtskorrekturfaktors

Um den berechneten Gewichtskorrekturfaktor (WCF) manuell zu überschreiben, klicken Sie in der oberen Multifunktionsleiste auf die Schaltfläche „WCF manuell ändern“:



Es öffnet sich das Dialogfeld „Gewichtskorrekturfaktor überschreiben“:



Sobald diese Funktion verwendet wird, wird im Programm „Gewichtskorrekturfaktor vom Benutzer festgelegt“ vermerkt. Der Gewichtskorrekturfaktor wird wieder auf „berechnet“ zurückgesetzt, wenn Kabel- oder Rohrleitungs-Informationen aktualisiert werden. Er muss dann auf Wunsch vom Benutzer wieder zurückgesetzt werden.

Auswirkung des Kabelgewichtskorrekturfaktors auf die Berechnung der Spannung

Der Gewichtskorrekturfaktor (WCF) erhöht das scheinbare Gewicht des Kabels, wodurch sich die Zugspannung des Kabels erhöht. Pull-Planner 4.0 ist standardmäßig auf einen konservativen WCF eingestellt. Seien Sie vorsichtig, wenn Sie manuelle Änderungen an einem dieser Faktoren vornehmen!

Ein vom Benutzer eingegebener WCF wird unter der Registerkarte „Kabel“ als „Gewichtskorrekturfaktor vom Benutzer festgelegt“ vermerkt.

Wenn Sie einen benutzerdefinierten WCF eingestellt haben, können Sie zu einem vom Programm ermittelten WCF zurückkehren, indem Sie „WCF berechnen“ in der oberen Multifunktionsleiste wählen.

Reibungskoeffizient

Verwendung der Reibungsdatenbank

Die Entscheidung über einen geeigneten Reibungskoeffizienten (coefficient of friction, COF), der in den Berechnungen verwendet wird, ist sehr wichtig. Der COF ist eine dimensionslose Größe, die ein Maß für den Reibungswiderstand des Kabelmantels gegen die Rohrwand ist. Es hat sich gezeigt, dass der Reibungskoeffizient beim Einziehen von Kabeln von der Art der Ummantelung, der Art und dem Zustand des Rohres, dem verwendeten Schmiermittel, der Temperatur und der Anzahl der eingezogenen Kabel abhängt. Es gibt keinen einzigen COF, der für alle Situationen geeignet ist.

Koeffizient der

| Schmierstoff auswä | Leitung | Mantel/Muffe | Einfach geschmiert | Ungeschmiert |
|-----------------------|-----------|--------------|--------------------|--------------|
| Anweisung | PVC | CPE | 0,10 | 0,69 |
| Ungeschmiert | Hartstahl | CSPE | 0,16 | 0,73 |
| Polywater® J | EMT | LLDPE | 0,06 | 0,43 |
| Dyna-Blue® | HDPE | XLPE (XHHW) | 0,06 | 0,46 |
| Polywater® + Silicone | Glasfaser | LSZH | 0,08 | 0,59 |
| Polywater® LZ | Aluminum | PVC | 0,11 | 0,67 |
| | | Polypropylen | 0,05 | 0,35 |
| | | Nylon | 0,09 | 0,41 |
| | | MDPE | 0,07 | 0,35 |
| | | HDPE | 0,05 | 0,39 |

Doppelklick zur Erfassung von COF

0,10

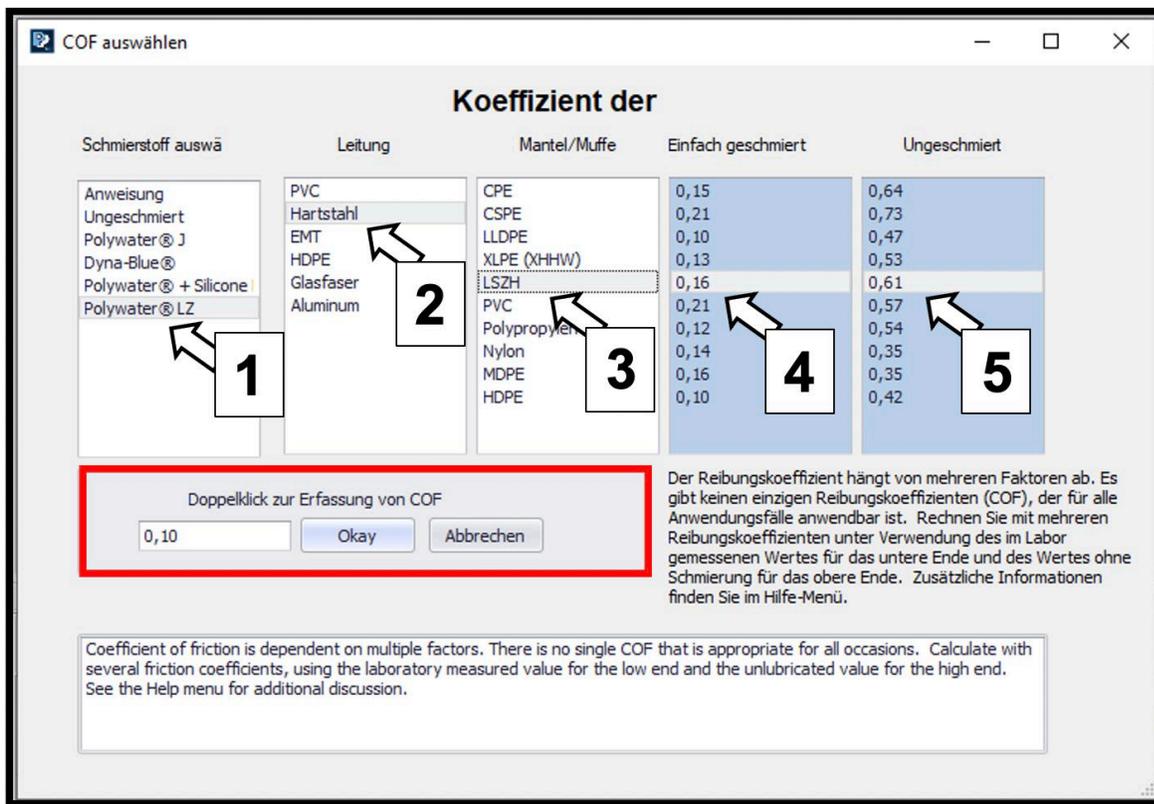
Der Reibungskoeffizient hängt von mehreren Faktoren ab. Es gibt keinen einzigen Reibungskoeffizienten (COF), der für alle Anwendungsfälle anwendbar ist. Rechnen Sie mit mehreren Reibungskoeffizienten unter Verwendung des im Labor gemessenen Wertes für das untere Ende und des Wertes ohne Schmierung für das obere Ende. Zusätzliche Informationen finden Sie im Hilfe-Menü.

Coefficient of friction is dependent on multiple factors. There is no single COF that is appropriate for all occasions. Calculate with several friction coefficients, using the laboratory measured value for the low end and the unlubricated value for the high end. See the Help menu for additional discussion.

Diese Daten spiegeln jahrelange Labortests von Polywater wider und umfassen die Variablen Kabelmantel, Rohrtyp und Schmiermittel.

Auswählen eines COF auf der Grundlage von Kabel, Rohr und Schmiermittel

Es wird empfohlen, mit mehreren Reibungskoeffizienten (COF) zu rechnen, wobei der im Labor gemessene Wert für das untere Ende und der Wert ohne Schmiermittel für das obere Ende des Bereichs verwendet wird. Verwenden Sie die Reibungskoeffizienten-Datenbank, um diese Werte wie folgt auszuwählen:



- 1) Klicken Sie auf das Schmiermittel, um es zu markieren.
- 2) Klicken Sie auf das gewünschte Rohr, um es zu markieren.
- 3) Klicken Sie auf die Beschreibung des Kabelmantels, um ihn zu markieren.
- 4) Doppelklicken Sie auf den COF-Wert mit Schmierung, um den *niedrigsten* COF einzugeben.
- 5) Doppelklicken Sie auf den COF-Wert ohne Schmierung, um den *höchsten* COF einzugeben.

Der COF muss eine positive Zahl sein. Es können zwar Reibungskoeffizienten über 2,0 eingegeben werden, aber Koeffizienten von mehr als 2 wurden weder im Labor noch in der Praxis gemessen. Da der COF in mehreren Gleichungen ein Exponent ist, wird die Verwendung eines künstlich erhöhten COF die Spannung schnell unnötigerweise aufblähen.

Testverfahren und Bestimmung des Reibungskoeffizienten

Ein wichtiger Faktor bei der Verwendung der Einzuggleichungen für die Vorhersage der Kabel-Zugspannung ist die Verwendung eines aussagekräftigen Wertes für den Reibungskoeffizienten (COF). Die COF-Datenbank in diesem Programm stellt „ungeschmiert“ und „geschmiert“ mit den beliebtesten Schmiermitteln von American Polywater für Kabeleinzüge gegenüber. Die in dieser Software verwendeten COF-Daten wurden unter Verwendung der Reibungstabelle von American Polywater und des Telcordia-Standards GR-356-CORE [Literaturhinweis Nr. 15] gemessen.

Die von American Polywater entwickelte Reibungstabellen-Testmethode ist eine wichtige Quelle für COF-Daten. Ausrüstung und Messmethoden sind im Whitepaper „[Coefficient of Friction Measurement on Polywater’s Friction Table](#)“ (Messung des Reibungskoeffizienten auf dem Reibungstisch von Polywater) beschrieben, auf das im Abschnitt „Literaturhinweise“ von Pull-Planner 4.0 verwiesen wird. Die mit diesem Test entwickelten COF wurden mit Normalkräften von 1450–2900 N/m gemessen. Sie stellen schwere Kabel in mehrfach gebogenen Einzügen dar. Studien haben gezeigt, dass diese Reibungskoeffizienten angemessen mit den vor Ort gemessenen Spannungen beim Einzug schwerer Kabel korrelieren [Literaturhinweis Nr. 13].

Die Daten, die für Kommunikationskabel-Schmierstoffe angegeben sind, wurden anhand des Telcordia-Tests (Reel) entwickelt. Bei dieser Methode wird das Kommunikationskabel durch einen 420°-Bogen in einem

durchgehenden Rohr gezogen. Eine eingehende Spannung von 11 kg wirkt am Kabel, und die Zugspannung wird gemessen, um den COF zu bestimmen.

Bei beiden Testmethoden wird die Spannung gemessen, während sich das Kabel durch das oder entlang des Rohres bewegt. Diese Einzugskraft, die zur Aufrechterhaltung der Gleitbewegung erforderlich ist, erzeugt einen kinetischen COF. Einen Einzug zu stoppen, wird nicht empfohlen. Der „kinetische“ Reibungskoeffizient ist der für ein bewegtes Kabel am besten geeignete. Wenn ein Stopp unvermeidlich ist, ist der „statische“ Reibungskoeffizient in der Regel um 10–25 % höher als der kinetische Reibungskoeffizient bei Kabeln, die mit Schmierstoffen von American Polywater geschmiert wurden.

Auswahl eines Schmiermittels

Die Wahl eines Reibungskoeffizienten (COF) mit Schmierung erfordert die Auswahl eines der Polywater®-Schmierstoffe aus der Datenbank.



Sobald Sie einen Schmierstoff ausgewählt haben, wird sein technisches Datenblatt mit der Registerkarte „Schmierstoffdaten“ verknüpft.



Für einen Einzug kann auch mehr als ein Polywater®-Schmierstoff geeignet sein. Die Entscheidung wird von den Daten der Rohre und Kabel, der Arbeitsumgebung und den Anwendungsüberlegungen beeinflusst. Weitere Informationen zu den Eigenschaften von Schmierstoffen finden Sie unter www.polywater.com, oder kontaktieren Sie American Polywater.

Faktoren, die den Reibungskoeffizienten (COF) beeinflussen

Vor Ort auftretende Faktoren können den scheinbaren COF und letztendlich die Kabel-Zugspannung beeinflussen. Diese Faktoren und ihre Auswirkungen auf die Reibung werden im Folgenden erläutert:

SCHMIERMITTEL – Nicht alle Schmiermittel sind gleich, und die von ihnen erzeugten Reibungskoeffizienten können um den Faktor zwei oder mehr variieren. Die für Polywater-Schmierstoffe angegebenen Werte gehören zu den niedrigsten der im Handel erhältlichen Schmierstoffe. Gehen Sie nicht davon aus, dass alle Einzugschmierstoffe so niedrige Reibungswerte erzeugen!

SCHMIERTECHNIKEN – Die Wirksamkeit eines Schmiermittels ist nur so gut wie die Methode der Schmierung. Die Verwendung von Reibungskoeffizienten mit Schmierung in Berechnungen setzt voraus, dass an allen Stellen der Leitung Schmiermittel vorhanden ist. Ungeschmierte oder unzureichend geschmierte Rohre erhöhen die Zugspannung erheblich, insbesondere an Rohrbögen.

MANTEL-/ROHR TYPEN – Die Reibungsdatenbank zeigt Unterschiede im Reibungskoeffizienten je nach Kabelmantel und Rohrtyp. Diese Daten wurden aus handelsüblichen Kabeln und Rohren entwickelt. Allerdings

können die Zusammensetzung, das Extrudieren und das Basispolymer den Reibungskoeffizienten innerhalb eines generischen Polymertyps beeinflussen. So wurden beispielsweise bei PVC-Mänteln in Abhängigkeit von ihrer Härte erhebliche Unterschiede des COF gemessen, und auch zwischen LD-, MD- und HD-Polyethylen wurden Unterschiede festgestellt. Auch bei den Rohrtypen kann es zu großen Abweichungen kommen, je nachdem, wie die Rohre hergestellt werden. Zum Beispiel zeigen Reibungstests von Rohren aus verzinktem Stahl und EMT-Rohren eine größere Standardabweichung, die auf internen Rohrvariationen beruht.

ZUSTAND DES ROHRES – Schmutz, Sand usw. im Rohr können den Reibungskoeffizienten erheblich erhöhen. Versätze, Einschnürungen und gequetschte Rohre können das Einziehen von Kabeln ebenfalls auf unvorhersehbare Weise erschweren.

MULTIPLEX-KABEL – Die Gleichungen in dieser Software verwenden einen Gewichtskorrekturfaktor, um die Kräfte zu beschreiben, die entstehen, wenn die Kabel nicht auf dem Boden des Rohres aufliegen. Es gibt jedoch Anzeichen dafür, dass diese theoretischen Anpassungen die erhöhte Spannung beim Einzug mehrerer Kabel nicht vollständig beschreiben, insbesondere bei Verklemmungs-Verhältnissen von weniger als 3,0 [Literaturhinweis Nr. 1 und 12]. Der praktischste Weg, den Unterschied zwischen Einzel- und Mehrfachkabel-Einzügen zu korrigieren, besteht darin, den Reibungskoeffizienten für den Mehrfachkabel-Einzug zu erhöhen.

TEMPERATUR – Untersuchungen zeigen, dass der effektive COF bei höheren Temperaturen steigt. Das Ausmaß des Anstiegs hängt von der Art des Mantels und der Temperatur ab und kann bis zu 50 % betragen. Siehe Literaturhinweis Nr. 1 und 11 für zusätzliche Informationen. Bei tiefen Temperaturen kann die Steifigkeit des Kabels zunehmen und sich auf die Zugspannung auswirken, wenn das Kabel durch Biegungen gezogen wird.

STEIFE KABEL – Steife Kabel können einen erheblichen Kraftaufwand erfordern, um sich um gebogene Rohrabschnitte zu biegen und wieder zu lösen. In den Einzuggleichungen werden diese Kräfte nicht berücksichtigt. Diese Kräfte machen steife Kabel schwieriger zu ziehen; sie ziehen mit einem scheinbar erhöhten effektiven COF [Literaturhinweis Nr. 12].

NORMALDRUCK – Einige Untersuchungen [Literaturhinweis Nr. 6] deuten darauf hin, dass der Reibungskoeffizient von Kabel und Rohr mit der Größe der Kraft variieren kann, die das Kabel gegen das Rohr drückt (der sog. Normaldruck oder Seitenwanddruck). Es gibt keinen Konsens über das Ausmaß dieser Unterschiede oder den Übergangspunkt. Beides macht offensichtlich einen Unterschied beim „durchschnittlichen“ Reibungskoeffizienten. Pull-Planner 4.0 ermöglicht die Einstellung des Reibungskoeffizienten pro Rohrsegment, sodass der Reibungskoeffizient auf Wunsch auf Grundlage des Seitenwanddrucks variiert werden kann.

ANDERE FAKTOREN – Es hat sich gezeigt, dass noch weitere Faktoren einen gewissen Einfluss auf die Zugspannung und den scheinbaren Reibungskoeffizienten haben. Dazu gehören die Füllung der Rohre, die Geschwindigkeit beim Einzug und die Qualität der Rohrverlegung.

Die wahre Stärke von Polywaters Pull-Planner ist die Möglichkeit, den Reibungskoeffizienten schnell zu variieren, um die Auswirkungen zu sehen, sowie einen „vor Ort“-Koeffizienten – der vermutlich die oben genannten Faktoren beinhaltet – durch Rückrechnung zu bestimmen.

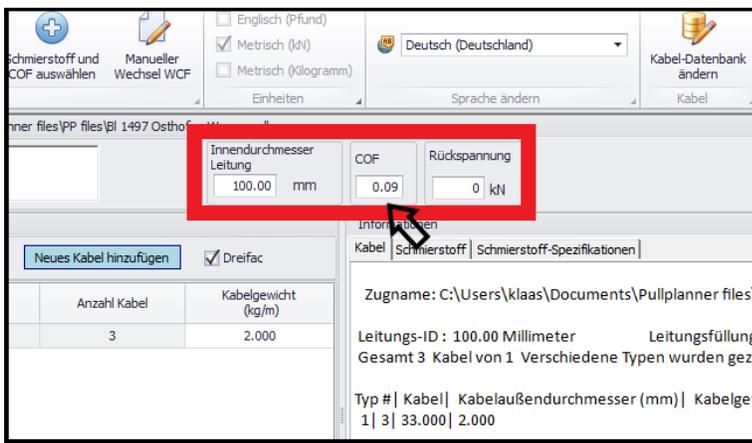
Verwenden Sie als Ausgangspunkt, basierend auf dem geplanten Schmiermittel, die im Labor gemessenen Werte für die Reibung mit Schmierung in der Datenbank, um eine Untergrenze für die zu erwartende Spannung zu berechnen. Verwenden Sie dann die Werte ohne Schmierung, um eine Obergrenze zu erhalten. Berücksichtigen Sie die Faktoren, die die Spannung beeinflussen, und passen Sie den Reibungskoeffizienten mit Schmierung nach oben an, um einen voraussichtlichen Wert für bestimmte Vor-Ort-Bedingungen zu berechnen.

Die Erfahrung zeigt, dass die Reibungswerte vor Ort in der Regel 25–80 % über den im Labor gemessenen Werten liegen. Nutzen Sie die Erfahrungen aus der Praxis, um die beste Anpassung für Ihre Situation zu finden.

Denken Sie daran, dass gute Schmiermittel und eine gute Schmierungspraxis die geringste Spannung garantieren.

Ändern des Reibungskoeffizienten

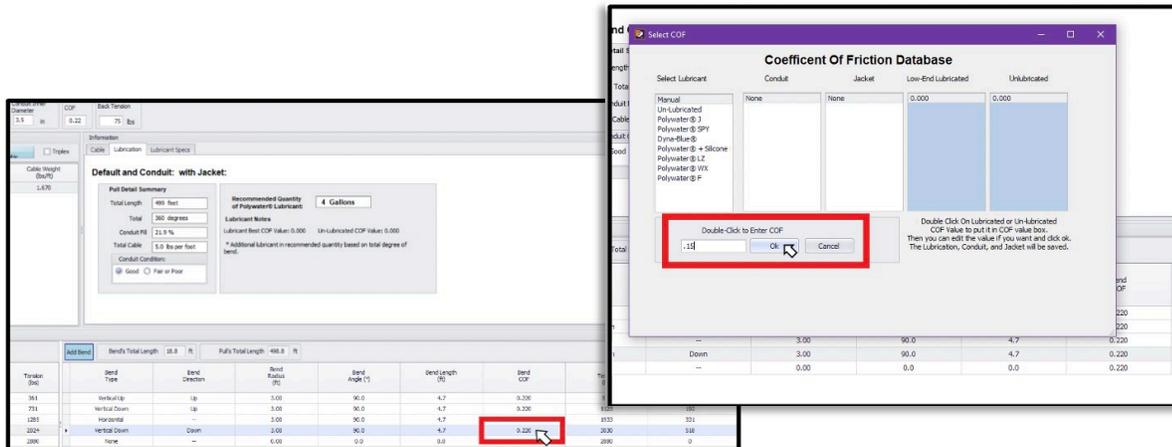
Sie können jederzeit direkt einen Reibungskoeffizienten (COF) eingeben, indem Sie auf das Feld „COF“ klicken.



Dieser neue Eintrag wird die COF-Werte für alle Segmenteinträge ausfüllen.

Variabler Reibungskoeffizient (hohe Scherung/niedrige Scherung)

Frühe Versionen der Pull-Planner-Software enthielten einen Reibungskoeffizient-Modus für hohe Scherung/niedrige Scherung. Mit Pull-Planner 4.0 können Sie die Reibung pro Segment variieren. Doppelklicken Sie dazu auf die COF-Zelle in dem Segment, das Sie ändern möchten. Dadurch wird die Reibungsdatenbank aufgerufen. Geben Sie manuell einen neuen COF ein oder ermitteln Sie einen Wert aus der Reibungsdatenbank. Auf diese Weise wird der COF nur in diesem Segment geändert.



Klicken Sie auf „OK“ und der neue COF-Wert wird für das Segment eingegeben.

| Bend Length (ft) | Bend COF | Tension (lbs) | Sidewall Pressure (lbs/ft) |
|------------------|----------|---------------|----------------------------|
| 4,7 | 0,220 | 555 | 95 |
| 4,7 | 0,220 | 1123 | 192 |
| 4,7 | 0,220 | 1933 | 331 |
| 4,7 | 0,150 | 2659 | 455 |
| 0,0 | 0,220 | 2508 | 0 |

Dieser neue COF wird verwendet, um die Spannung für diesen geraden Abschnitt und/oder diese Biegung zu berechnen. Die übrigen Segmente verwenden weiterhin den ursprünglichen COF.

Untersuchungen zeigen, dass der COF je nach Seitenwanddruck variieren kann. In geraden Abschnitten und Kurven mit geringem Seitenwanddruck kann ein höherer COF verwendet werden. In den Literaturhinweisen Nr. 1 und 9 wird empfohlen, für Abschnitte mit einem Seitenwanddruck von weniger als 2190 N/m einen höheren COF zu verwenden, während in Literaturhinweis Nr. 3 Daten präsentiert werden, die darauf hinweisen, dass der COF bei viel niedrigeren Seitenwanddrücken als 2190 N/m ansteigt.

Die variable Reibung kann für Abschnitte des Kabelkanals mit unterschiedlichen Materialien verwendet werden, wie z. B. für spezielle Rohrkrümmer. Die variable Reibungsfunktion kann verwendet werden, um den Auftrieb der Kabel zu berücksichtigen, wenn ein Teil des Kabelkanals überflutet ist und die Kabel „weniger Gewicht“ zu haben scheinen, wenn sie von Wasser umgeben sind.

Empfehlung für die Schmierstoffmenge

Die Registerkarte „Schmierung“ im Informationsfeld fasst die Details des Einzugs zusammen, schätzt eine für den Einzug geeignete Schmiermittelmenge und enthält Informationen und Vorschläge zur Anwendung des Schmiermittels.

Die Zusammenfassung zeigt die Gesamteinzuglänge (einschließlich der Länge des Kabels in den Biegungen), den Gesamtgrad der Biegung, die Füllung des Rohres und das Gewicht des Kabelbündels. Diese Parameter wurden durch frühere Einträge festgelegt und können nicht geändert werden.

Informationen
Kabel | Schmierung | Schmierung-Spezifikationen

Polywater® J Und Leitung : HDPE Mit Mantel: LLDPE

Zug-Detailübersicht

Gesamtlänge inklusive Krü: 199,2 Meter

Gesamt (kumulative) Krü: 180,0 Grad

Leitungsfüllung: 34,5 %

Gesamtes Kabelgewicht: 15,000 Kg pro Mete

Leitungszustand:

Gut

ordentlich oder schlecht

Empfohlene Menge : Des Polywater® 44 Liter

Schmierstoff-Notizen

Bester Schmierstoff COF-Wert : 0,10
Ungeschmierter COF-Wert : 0,41

* Zusätzlicher Schmierstoff in der empfohlenen Menge auf Grund der großen Zuglänge.
* Zusätzlicher Schmierstoff in der empfohlenen Menge auf Grund des gesamten Krümmungsgrades.

Der Zustand des Rohres kann über ein Optionsfeld angegeben werden. Rohre in schlechtem Zustand erschweren das Einziehen und es wird mehr Schmiermittel empfohlen. Allerdings kann auch eine große Menge an Schmiermittel nicht die ordnungsgemäße Vorbereitung der Rohre vor dem Einzug ersetzen! Vor dem Einziehen der Kabel sollten die Rohre mit einem geeigneten Dorn o. ä. durchstoßen und gereinigt werden, um ihre Integrität zu gewährleisten und eine glatte Reibungsfläche zu schaffen. Dies gilt insbesondere für „bestehende“ ältere Rohre.

Die Empfehlung der Schmierstoffmenge beginnt mit einer Berechnung, die das Volumen einer minimalen Schmierstoffbeschichtung ermittelt, die die Innenwände des Rohres vollständig bedeckt. Unsere Untersuchungen haben ergeben, dass die folgende Gleichung eine zufriedenstellende Menge an Schmiermittel für einen durchschnittlichen Kabeleinzug liefert:

Empfohlene Schmiermittelmenge:

$$Q = k \times L \times D$$

Wobei:

Q = Menge des Schmiermittels in Liter

L = Länge des Rohres in Meter

D = Innendurchmesser des Rohres in mm

k = 0,0015 (0,0008 bei metrischen Einheiten)

Die empfohlene Schmiermittelmenge ist direkt proportional zur Gesamtlänge des Rohres und zum Innendurchmesser des Rohres. Die angemessene Menge für einen bestimmten Einzug kann je nach Komplexität des Einzugs um 50 % von dieser Empfehlung abweichen. Berücksichtigen Sie dabei die folgenden Faktoren:

1. Schweres Kabel oder sehr lange Einzüge
2. Hohe Rohröffnung oder mehrfach gebogene Einzüge

3. Schlechter Zustand der Rohre (Schmutz, Rost usw.)

Die verwendeten Anpassungsfaktoren werden auf dem Bildschirm angezeigt.

Folgen Sie diesem Link, um zum Polywater-Schmiermittelmengen-Rechner zu gelangen:

[Polywater-Schmiermittelrechner](#)

Empfehlung zur Anwendung des Schmiermittels

Das technische Datenblatt des Schmiermittels enthält nützliche Informationen zur Anwendung des Schmiermittels. Weitere Informationen und Videos über das Front End Pack™-System und die LP-D5-Pumpe von Polywater und vieles mehr finden Sie auf unserer Website unter www.polywater.com.

Verwendung des Pull-Planner-COF in der Praxis

Polywater-Schmiermittel wurden bereits in vielen wichtigen Kabelinstallationen eingesetzt. Die Daten aus diesen Installationen bestätigen die Gültigkeit der Schätzungen der Software. Die Zugspannungs-Schätzungen der Pull-Planner-Software unterstützen die Planung komplexer Installationen. Eine solche Studie finden Sie unter dem folgenden Link: <https://www.polywater.com/en/knowledge-hub/hawaiian-electrical-company-heco-and-the-pearl-harbor-cable-pull>

Abwicklungsspannung oder eingehende Spannung

Eingabe einer Abwicklungsspannung

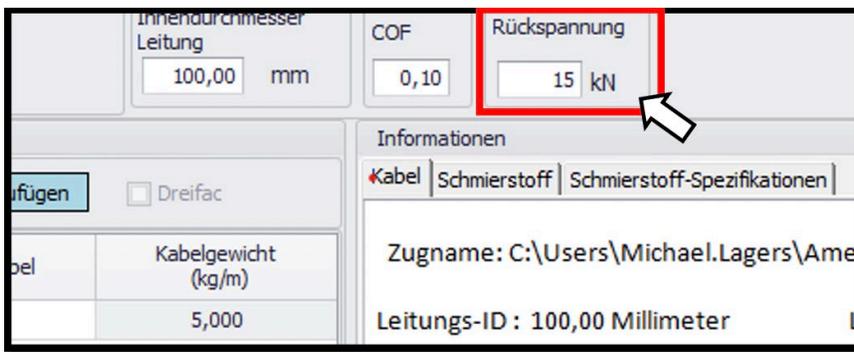
Wenn Sie einen neuen Einzug eingeben, müssen Sie die Abwicklungsspannung (oder eingehende Spannung) einstellen, nachdem Sie den Reibungskoeffizienten (COF) akzeptiert haben. Die Abwicklungsspannung ist die Spannung auf dem Kabel, wenn es in den ersten Abschnitt des Rohres eintritt. Sie kann durch das Gewicht des Kabels (Schwerkraft) entstehen, wenn es angehoben werden muss, oder durch die Kraft, die zum Drehen der Kabeltrommel erforderlich ist.

Geben Sie den Spannungswert (lbs, kg oder kN) in die Zelle ein und klicken Sie auf OK.

The screenshot shows a software interface with several input fields and a dialog box. The main interface has three input fields at the top: 'Innendurchmesser Leitung' (100,00 mm), 'COF' (0,1), and 'Rückspannung' (0,00 kN). Below these are tabs for 'Kabel', 'Schmierstoff', and 'Schmierstoff-Spezifikationen'. A dialog box titled 'Rückspannung erfassen' is open, containing a text input field with the prompt 'Rückspannung erfassen oder zurück auf Null anklicken kN' and two buttons: 'OK' and 'Abbrechen'.

Negative Abwicklungsspannungen können nicht eingegeben werden. Um eine negative Abwicklungsspannung (schiebende Kräfte) als Teil der Berechnung zu erzeugen, muss eine Schub-/Zug-Vorrichtung eingegeben werden.

Die Abwicklungsspannung (oder eingehende Spannung) kann später geändert werden, um die Wirkung zu sehen. Klicken Sie in die Zelle und ändern Sie das Ventil in ein Rücklaufventil. Das Programm berechnet dann die Spannungen im gesamten Einzug neu.



Leitfaden zur Abwicklungsspannung

Die Abwicklungsspannung hängt von einer Reihe von Faktoren ab:

1. Dem Gesamtgewicht der Kabeltrommel, die gedreht wird.
2. Der Gewissenhaftigkeit der Arbeiter, die die Trommel von Hand drehen und das Kabel von Hand zuführen.
3. Der Verwendung und Qualität von Trommelzuführungen für sehr schwere Kabeltrommeln.
4. Der Entfernung sowie der Richtung der Schwerkraft von der Trommel zum Eingang des Rohres.
5. Dem Trommelständer und der Abwickelspindel.
6. Einem eventuellen Bremssystem an den Trommeln.

Berücksichtigen Sie diese Faktoren bei der Abschätzung der Abwicklungsspannung der Trommel.

Wie die Berechnungen zeigen werden, kann eine Minimierung der Abwicklungsspannung die geschätzte Zugspannung erheblich senken. Die Kontrolle der Abwicklungsspannung ist in der Praxis ein wichtiger Bestandteil eines guten Kabelzugverfahrens.

Rohrsegmentansatz

Allgemeiner Segmentansatz für die Eingabe

Pull-Planner 4.0 verwendet den gleichen Ansatz für die Daten des Rohrsystems wie frühere Versionen der Pull-Planner-Software. Die Daten werden nach „Segmenten“ eingegeben, wobei ein Segment ein gerader Rohrabschnitt ist, auf den ein Rohrbogen folgt.

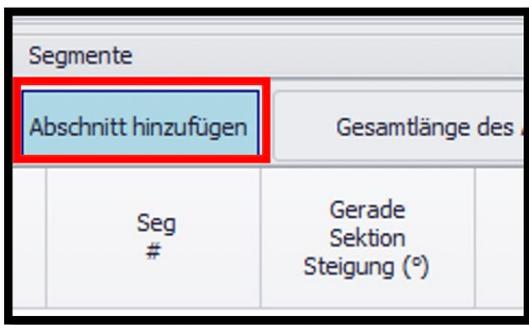
Dieser Ansatz ist vom Standpunkt der Spannungsberechnung aus gesehen praktisch. Gerade Abschnitte erhöhen die eingehende Spannung auf linearer Basis und Biegungen vervielfachen die eingehende Spannung. Jeder gerade Abschnitt erhöht also die Spannung aus der vorherigen Biegung und jede Biegung multipliziert die Spannung aus dem vorherigen geraden Abschnitt.

| Gerade Abschnitte | | | | | | Biegung | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|-------------------|-------------|---------------|--------------|-------------------|--------------|------------|---------------|-------------------------|
| Seg # | Gerade Sektion Steigung (°) | Richtung | sektion Länge (m) | sektion COF | spannung (kN) | Krümmung Typ | Krümmung Richtung | Krümmung (m) | Winkel (°) | Spannung (kN) | Seitenwand Druck (kN/m) |
| 1 | 0,0 | | 09 | | | Horizontale | -- | 10,00 | 70,0 | 12,2 | 0,16 |
| 2 | 0,0 | | 17 | | | Horizontale | -- | 15,00 | 15,0 | 3,9 | 0,36 |
| 3 | 0,0 | | 79 | | | Horizontale | -- | 15,00 | 30,0 | 7,9 | 0,49 |

Jedes Segment ist nummeriert und enthält einen geraden Abschnitt, gefolgt von einem gebogenen Abschnitt.

Länge des geraden Abschnitts, Winkel, Winkelrichtung

Um einen geraden Abschnitt einzugeben, klicken Sie auf der linken Seite in Pull-Planner 4.0 auf die Schaltfläche „Abschnitt hinzufügen“.



Klicken Sie auf die Schaltfläche 0° oder 90°, wenn der gerade Abschnitt eine dieser Neigungen hat. Andernfalls klicken Sie auf Theta und geben die Neigung des geraden Abschnitts in das Popup-Feld ein (diese muss zwischen 0 und 90 Grad liegen). Die Eingabe der Neigung des geraden Abschnitts ist die Schwerkraftneigung des geraden Abschnitts des Rohres. Es ist der Winkel zu einer horizontalen Linie (in Grad). Wenn das Rohr horizontal verläuft, geben Sie für den Winkel des geraden Abschnitts „0“ (Null) ein. Wenn es keinen geraden Abschnitt des Rohres gibt, geben Sie „0“ (Null) für die Neigung des geraden Abschnitts ein.

Für jede Neigung eines geraden Abschnitts, die größer als 0 (Null) ist, ist die Eingabe einer Neigungsrichtung erforderlich, und es wird ein weiteres Popup-Feld angezeigt. Klicken Sie darauf, ob die Neigungsrichtung nach oben oder nach unten ist. Dies ist die Gravitationsrichtung der Bewegung des Kabels durch den abgewinkelten geraden Abschnitt, bergauf oder bergab.

Dann geben Sie die Länge des geraden Rohrabschnitts ein (in Fuß oder Metern). Wenn es keinen geraden Abschnitt gibt, geben Sie sowohl für die Neigung des geraden Abschnitts als auch für die Länge des geraden Abschnitts eine „0“ (Null) ein.

Wenn Sie eine der im Feld unten angezeigten Eingaben ändern möchten, klicken Sie einfach doppelt auf die Zelle, die Sie ändern möchten, und geben den gewünschten Wert ein.

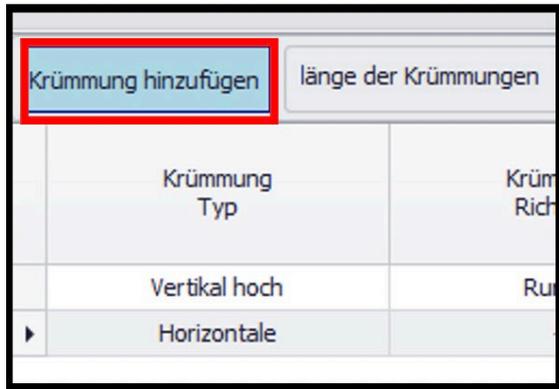
| Seg # | Gerade Sektion Steigung (°) | Steigung Richtung | Gerade Sektion Länge (m) | Gerade Sektion COF | Spannung (kN) |
|-------|-----------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|---------------|
| 1 | 90,0 | Runter | 5,0 | 0,10 | -0,74 |
| 2 | 0,0 | -- | 100,0 | 0,10 | 1,96 |

Wenn Sie den COF des geraden Abschnitts ändern, öffnet sich die Reibungskoeffizienten-Datenbank und hilft Ihnen bei der Auswahl des für diesen Abschnitt geeigneten COF. Andernfalls können Sie den COF selbst eingeben und auf OK klicken.



Biegungstyp, -richtung, -radius und -winkel

Nachdem Sie einen geraden Abschnitt beendet haben, werden Sie aufgefordert, einen gebogenen Abschnitt einzugeben. Wenn Sie sofort einen gebogenen Abschnitt ohne geraden Abschnitt hinzufügen möchten, dann klicken Sie auf die Schaltfläche „Biegung hinzufügen“ (siehe unten).



Sie werden zunächst aufgefordert, den Biegungstyp aus einem Popup-Menü auszuwählen.

Die Biegungstypen werden folgendermaßen unterteilt:

- Keine Biegung (in diesem Abschnitt)
- Biegung in einer horizontalen Ebene
- Biegung mit einer vertikalen Komponente, bei der die Innenseite der Biegung schwerkraftmäßig nach oben zeigt
- Biegung mit einer vertikalen Komponente, bei der die Innenseite der Biegung schwerkraftmäßig nach unten zeigt
- Biegung mit großem Radius (wird im Abschnitt „Biegung mit großem Radius“ behandelt)
- Eine Rollenverschiebung anstelle einer Biegung (siehe Abschnitt „Rollen und Umlenkrollen“)
- Eine Schub-/Zug-Vorrichtung anstelle einer Biegung (siehe Abschnitt „Schub-/Zug-Vorrichtungen“)

Wenn eine vertikale konkave Biegung nach oben oder unten angegeben wurde, ist die Eingabe der Gravitationsrichtung des Kabels durch die Biegung erforderlich. Wird das Kabel „nach oben“ (gegen die Schwerkraft) oder „nach unten“ (mit der Schwerkraft) durch die Biegung gezogen?

Anschließend geben Sie den Biegungsradius ein. Der Biegungsradius ist der Radius der Rohrkrümmung (in Fuß oder Metern). Er ist der Radius des Kreises, der gebildet wird, wenn die Biegung um 360 Grad fortgesetzt wird. Der Biegungsradius ist in den Rohrspezifikationen für werksseitig hergestellte Biegungen verfügbar und kann für vor Ort hergestellte Biegungen berechnet werden.

Beachten Sie, dass, wenn der Biegungsradius 15 cm beträgt, die korrekte Eingabe „0,15“ Meter lautet. Die Eingabe des Radius wird auf 2 Dezimalstellen gerundet.

Anschließend geben Sie den Biegungswinkel ein. Der Biegungswinkel ist der Winkel der Biegung (in Grad). Der Biegungswinkel muss eine Zahl zwischen „0“ und „90“ Grad sein. Der Biegungswinkel ist die Winkeländerung der Biegung von einer durchgehenden geraden Linie. So wird beispielsweise eine Biegung, die das Kabel um 45 Grad von einer geraden Linie ablenkt, als „45-Grad-Biegung“ bezeichnet, obwohl der tatsächliche Winkel im Rohr 135 Grad (180 minus 45) beträgt. Der Biegungswinkel wird auf 1 Dezimalstelle gerundet.

Die Biegungslänge wird automatisch aus Biegungsradius und -winkel berechnet.

Wenn Sie eine der im Feld unten angezeigten Eingaben ändern möchten, klicken Sie einfach doppelt auf die Zelle, die Sie ändern möchten, und geben den gewünschten Wert ein.

| Krümmung hinzufügen | | länge der Krümmungen | 94,2 m | | Gesamte Zuglänge | 199,2 m | |
|---------------------|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------|-------------------------|
| Krümmung Typ | Krümmung Richtung | Krümmungsradius (m) | Krümmung Winkel (°) | Krümmungslinie (m) | Krümmung COF | Spannung (kN) | Seitenwand Druck (kN/m) |
| Vertikal hoch | Runter | 30,00 | 90,0 | 47,1 | 0,10 | -3,75 | 0,00 |
| Horizontale | -- | 30,00 | 90,0 | 47,1 | 0,10 | 3,01 | 0,07 |

Wenn Sie den Biegungs-COF ändern möchten, dann klicken Sie doppelt auf die Zelle, die Sie ändern möchten. Daraufhin öffnet sich die Reibungskoeffizienten-Datenbank und hilft Ihnen, den für diesen Abschnitt geeigneten COF auszuwählen. Andernfalls können Sie den COF selbst eingeben und auf OK klicken.

Komplexe Biegungen und Azimutwinkel

Einige Biegungen können „komplex“ sein, d. h. sie haben sowohl horizontale als auch vertikale Komponenten. Obwohl die Kräfte in solch komplexen Biegungen vektorisiert werden könnten, sind die rechnerischen Unterschiede im Vergleich zu anderen Faktoren minimal. Anstatt die Komplexität der Berechnungen mit einem Azimutwinkel zu erhöhen, empfiehlt es sich, die horizontale Gleichung zu verwenden, wenn die Biegung innerhalb von 10 Grad der Horizontalen liegt, und die entsprechende vertikale Gleichung innerhalb von 10 Grad der Vertikalen. Andernfalls können Sie sowohl die Horizontale als auch die Vertikale berechnen und die konservativste Variante (höchste Spannung) verwenden. Sie werden feststellen, dass es keinen großen Unterschied zwischen der Vertikalen und der Horizontalen gibt, es sei denn, es handelt sich um Biegungen mit einem sehr großen Radius.

Biegungen mit großem Radius

Eingabe einer Biegung mit großem Radius

Für die beim Richtungsbohren üblichen Biegungen mit großen Radien können die in den Gleichungen benötigten Radien und Biegungswinkel aus typischen verfügbaren Daten berechnet werden. Zu den verfügbaren Felddaten gehören der Radius der Biegung, die Gesamtlänge des Bogens, die Tiefe der Bohrung oder der Abstand zwischen Eintritts- und Austrittspunkt. Wenn eine Bohrung als Biegung mit großem Radius (Teilkreis) behandelt werden kann, können Sie den Biegungswinkel und -radius aus zwei bekannten Parametern bestimmen, indem Sie das Einfügewerkzeug „Biegung mit großem Radius“ verwenden.

Um eine Biegung mit großem Radius einzufügen, klicken Sie zunächst auf die Schaltfläche „Biegung hinzufügen“ und wählen dann die Option „Biegung mit großem Radius“.

The screenshot shows a software interface with a table of pipe properties and a 'Krümmung hinzufügen' (Add Curvature) dialog box. The dialog box has a 'Großer Krümmungsradius' (Large Curvature Radius) button highlighted with a red box.

| Spannung (kN) | Krümmung Typ | Krümmung Richtung | Wahre Hinzufügen (kN) | Krümmungsradius (m) | Krümmung Winkel (°) | Krümmungslänge (m) | Krümmung COP | Spannung (kN) | Seitenwand Druck (kN/m) |
|---------------|------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------|---------------|-------------------------|
| 1.09 | Horizontale | --- | 0.00 | 10.00 | 70.0 | 12.2 | 0.15 | 1.58 | 0.15 |
| 5.17 | Horizontale | --- | 0.00 | 15.00 | 15.0 | 3.9 | 0.15 | 5.42 | 0.36 |
| 6.79 | Großer Krümmungsradius | --- | 0.00 | 15.00 | 30.0 | 7.9 | 0.15 | 7.41 | 0.49 |

Mit dieser Aktion rufen Sie den Rechner für Biegungen mit großem Radius auf.

Rechner für Biegungen mit großem Radius

The screenshot shows the 'Großer Radius Krümmungsrechner' (Large Radius Curvature Calculator) dialog box. It contains a diagram of a curved pipe section with parameters L, R, A, C, and S. Below the diagram are input fields for these parameters and a section for selecting curvature types: Horizontale, Vertikal hoch, and Vertikal runter.

Zwei beliebige Variablen können verwendet werden, um den Winkel und den Radius der Krümmung zu bestimmen, die für die Software-Eingabe erforderlich sind. Bitte füllen Sie zwei der Eingabefelder aus und die Berechnungen erfolgen automatisch.

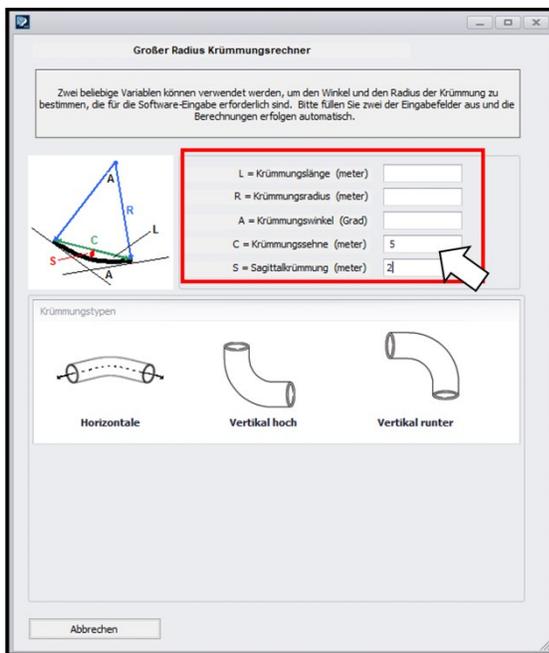
L = Krümmungslänge (meter)
 R = Krümmungsradius (meter)
 A = Krümmungswinkel (Grad)
 C = Krümmungsssehne (meter)
 S = Sagittalkrümmung (meter)

Krümmungstypen

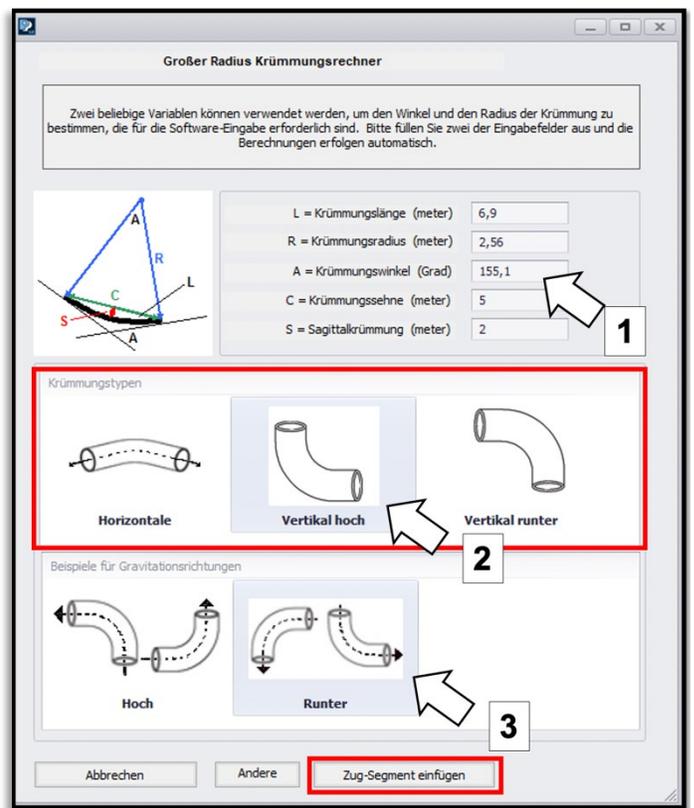
Horizontale
 Vertikal hoch
 Vertikal runter

Abbrechen

Geben Sie zwei der fünf Parameter ein, damit das Programm Biegungslänge, -radius und -winkel für die Berechnung berechnen kann.



Wenn Sie zum Beispiel die Sehne und die Tiefe der Biegung kennen, geben Sie diese Werte ein und drücken die Eingabetaste, um die Berechnung durchzuführen.



Das Programm berechnet die restlichen drei Parameter, in diesem Fall Biegungslänge, Biegungsradius und Biegungswinkel. Sie müssen dann einen Biegungstyp und bei vertikalen Biegungen eine Biegungsrichtung auswählen. Sobald Sie dies getan haben, können Sie sie als Einzugs-Segment einfügen.

| Krümmung hinzufügen | | länge der Krümmungen | 373.0 m | Gesamte Zuglänge | 550.0 m |
|---------------------|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------|
| Krümmung Typ | Krümmung Richtung | Krümmungsradius (m) | Krümmung Winkel (°) | Krümmungslinie (m) | |
| Horizontale | -- | 10.00 | 70.0 | 12.2 | |
| Horizontale | -- | 15.00 | 15.0 | 3.9 | |
| I | Vertikal hoch | Runter | 525.53 | 38.9 | 356.8 |

Wenn der Biegungswinkel größer als 90° und kleiner als 180° ist, teilt das Programm die Biegung in zwei Segmente auf. Das erste Segment umfasst die ersten 90° der Biegung mit der entsprechenden Biegungslänge, das zweite Segment den Rest.

| Krümmung hinzufügen | | länge der Krümmungen | 488.7 m | Gesamte Zuglänge | 665.7 m |
|---------------------|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------|
| Krümmung Typ | Krümmung Richtung | Krümmungsradius (m) | Krümmung Winkel (°) | Krümmungslinie (m) | |
| Horizontale | -- | 10.00 | 70.0 | 12.2 | |
| Horizontale | -- | 15.00 | 15.0 | 3.9 | |
| Vertikal hoch | Runter | 525.53 | 38.9 | 356.8 | |
| Horizontale | -- | 62.00 | 90.0 | 97.4 | |
| Horizontale | -- | 62.00 | 17.0 | 18.4 | |

Da eine vertikale Biegung jedoch nicht länger als 90° eine Richtung beibehalten kann, wird die zweite Biegung immer als horizontal beschrieben. Der Benutzer muss die Biegungsdaten aus zwei Segmenten anpassen, um den Einzug genau darzustellen.

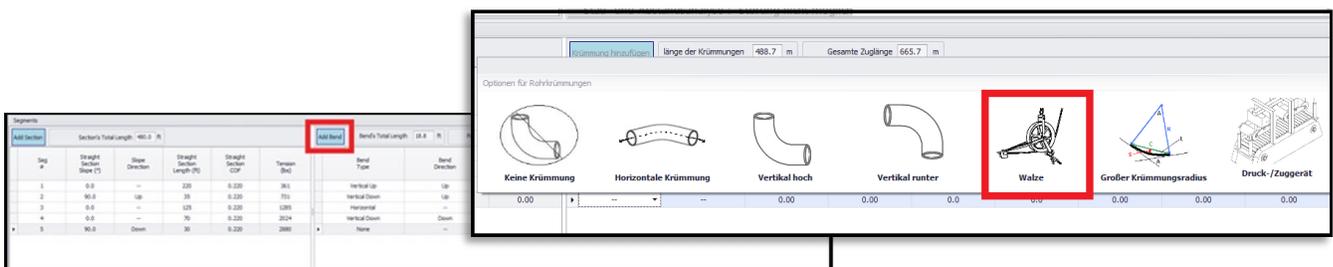
Bei der Beschreibung von Biegungen mit großem Radius ist Vorsicht geboten. Ein Rohr, das an einem Punkt A in den Boden eindringt und an einem Punkt B wieder herauskommt, könnte beispielsweise als eine Biegung mit großem Radius beschrieben werden, aber in Wirklichkeit handelt es sich um zwei Biegungen, wobei die erste in Gravitationsrichtung nach unten und die zweite in Gravitationsrichtung nach oben verläuft. Siehe Literaturhinweis Nr. 21 oder [Anhang D](#) für zusätzliche Informationen über Berechnungen von Biegungen mit großem Radius.

Rollen und Umlenkrollen

Rollen oder Rollenblöcke werden verwendet, um Kabel an einem Zugangspunkt wie einem Schacht umzuleiten. Pull-Planner 4.0 fügt eine Rolle als separates Biegungssegment in den Einzug ein, und die anfängliche Eingabe ist die Segmentposition der Rolle. Die Software behandelt eine Rolle als eine fixe Zusatzspannung. Der Benutzer sollte die Zusatzspannung durch die Rolle auf der Grundlage von Angaben des Rollenherstellers, des Kabelherstellers oder von Erfahrungen aus der Praxis einstellen. Der Radius der Rolle wird für die Berechnung des Seitenwanddrucks durch die Rolle benötigt. Für einen geeigneten Radius für Quadrantenblöcke (mehrere in Reihe geschaltete Rollen) wenden Sie sich an den Hersteller des Kabels oder des Blocks.

Einsetzen einer Rolle/Umlenkrolle in den Einzug

Um eine Rolle/Umlenkrolle einzufügen, klicken Sie zunächst auf die Schaltfläche „Biegung hinzufügen“ und wählen dann die Option „Rolle“.



Daraufhin wird eine Spalte „Rolle hinzufügen“ angezeigt:

| Krümmung hinzufügen | | länge der Krümmungen | 488.7 m | Gesamte Zuglänge | 665.7 m | | | | |
|---------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------|---------------|-------------------------|--|
| Krümmung Typ | Krümmung Richtung | Walze hinzufügen (kN) | Krümmungsradius (m) | Krümmung Winkel (°) | Krümmungslinie (m) | Krümmung COF | Spannung (kN) | Seitenwand Druck (kN/m) | |
| Horizontale | -- | 0.00 | 10.00 | 70.0 | 12.2 | 0.15 | 1.58 | 0.16 | |
| Horizontale | -- | 0.00 | 15.00 | 15.0 | 3.9 | 0.15 | 5.42 | 0.36 | |
| Vertikal hoch | Runter | 0.00 | 525.53 | 38.9 | 356.8 | 0.15 | -8.68 | 0.00 | |
| Horizontale | -- | 0.00 | 62.00 | 90.0 | 97.4 | 0.15 | 3.36 | 0.05 | |
| Horizontale | -- | 0.00 | 62.00 | 17.0 | 18.4 | 0.15 | 4.01 | 0.07 | |
| Walze | -- | | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |

Geben Sie die Rollenspannung in der Spalte „Rolle hinzufügen“ ein und dann den Rollenradius für den Biegungsradius. Biegungswinkel, Biegungslänge und Biegungs-COF sind für diesen Zusatz nicht aktiv.

Richtlinien für die typische Zusatzspannung von Rollen

Der Koeffizient einer gut geschmierten Umlenkrolle geht gegen Null, sodass der primäre Spannungszuschlag verwendet wird, um die Kraft zu berücksichtigen, die erforderlich ist, um das Kabel um die Umlenkrolle zu biegen. Dieser Wert kann durch Erfahrung ermittelt werden und hängt vom Gewicht und der Flexibilität des Kabels sowie vom Zustand der Rolle ab. Da Rollen keine perfekten reibungsfreien Lager sind, wird bei typischen Berechnungen für jede Rolle eine fixe Spannung hinzugefügt. Die typische Zusatzspannung beträgt 35–90 kg. Weitere Informationen zu den Rollen finden Sie im Abschnitt über den Kabelkanal. Unabhängig davon senken Rollen (im Gegensatz zu einem harten Rohrkrümmer) in der Regel die Gesamtspannung eines Einzugs, da sie eher als zusätzliche Spannung als als Multiplikator wirken.

Es gibt immer noch eine nach innen wirkende Kraft auf das Kabel, wenn es um eine Rolle herumgeführt wird (Seitenwanddruck), und der übliche Ansatz besteht darin, die aus der Rolle austretende Spannung durch den Radius zu teilen, so wie es bei Rohrkrümmern gemacht wird. Pull-Planner 4.0 verwendet den Radius der Rolle, um den resultierenden Seitenwanddruck zu berechnen. Es ist wichtig, dass der eingegebene Radius dem tatsächlichen Rollenradius entspricht. Rollen mit kleinem Radius können zu einem hohen Seitenwanddruck führen.

Auswirkung der Rolle auf Zug- und Seitenwandspannungen

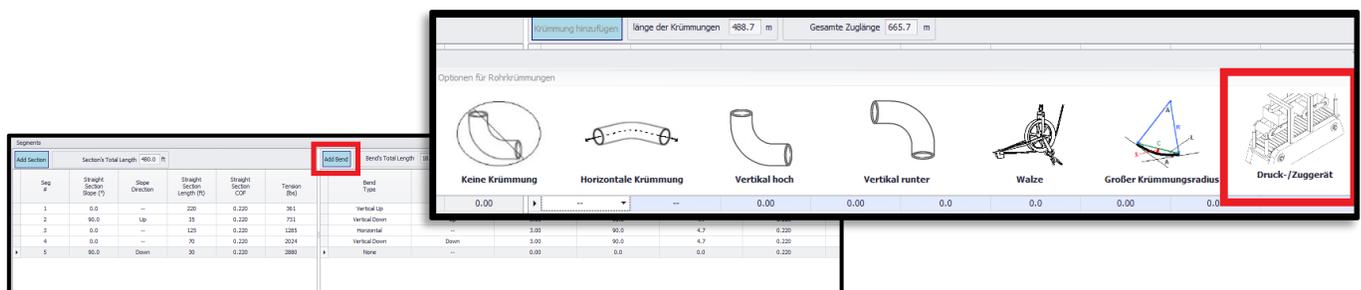
Die Rolle erhöht die Spannung direkt als Rollen-Zusatzspannung. Die Rollen wirken sich auf die Seitenwandspannung in diesem Abschnitt des Einzugs aus. Der Rollenradius wird zur Berechnung des Seitenwanddrucks verwendet, sodass eine Rolle mit kleinem Radius zu einem hohen Seitenwanddruck führen kann.

Schub-/Zug-Vorrichtungen

Einsetzen der Schub-/Zug-Vorrichtung

Schub-/Zug-Vorrichtungen schieben das Kabel vor, indem sie mechanisch am Kabelmantel fassen. Die übertragene Kraft kann die erforderliche Zugkraft am Ende der Strecke verringern. Pull-Planner 4.0 fügt eine Schub-/Zug-Vorrichtung als separates Segment in den Einzug ein, und die erste Eingabe ist der Standort der Vorrichtung.

Um eine Schub-/Zug-Vorrichtung einzufügen, klicken Sie zunächst auf die Schaltfläche „Biegung hinzufügen“ und wählen dann die Option „Schub-/Zug-Vorrichtung“.



Dadurch wird die Spalte „Schub-/Zug-Vorrichtung“ angezeigt:

| Krümmung Typ | Krümmung Richtung | Druck-/Zuggerät (kN) | Walze hinzufügen (kN) | Krümmungsradius (m) | Krümmung Winkel (°) | Krümmungslinie (m) | Krümmung COF |
|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| Horizontale | -- | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 70.0 | 12.2 | 0.15 |
| Horizontale | -- | 0.00 | 0.00 | 15.00 | 15.0 | 3.9 | 0.15 |
| Vertikal hoch | Runter | 0.00 | 0.00 | 525.53 | 38.9 | 356.8 | 0.15 |
| Horizontale | -- | 0.00 | 0.00 | 62.00 | 90.0 | 97.4 | 0.15 |
| Horizontale | -- | 0.00 | 0.00 | 62.00 | 17.0 | 18.4 | 0.15 |
| Walze | -- | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.00 |
| Druck-/Zuggerät | -- | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.00 |

Fügen Sie die Spannung, die die Vorrichtung ausübt, in der Spalte „Schub-/Zug-Vorrichtung“ hinzu. Dies ist der einzige aktive Eintrag für diesen Zusatz. Die zusätzliche Schubspannung wird von der eingehenden Spannung des Segments abgezogen.

Die für die Schub-/Zug-Vorrichtung eingegebene Spannung kann durch einen Doppelklick auf die Zelle bearbeitet werden.

Leitfaden zur Verwendung von Schub-/Zug-Vorrichtungen

Die Software behandelt die Schubkraft als „negative Spannung“ und sie wird als negative Spannung weitergegeben. In der Regel gehen diese negativen Zahlen gegen Null und werden schließlich positiv, je weiter Sie in den Einzug kommen. Eine negative Spannung am Ende eines Segments deutet darauf hin, dass das Kabel noch von der Schubkraft vorwärts bewegt wird und noch keine Zugkraft erforderlich ist.

Der Effekt der Reibungsreduktion ist bei einem Kabel, das geschoben wird, genauso groß wie bei einem, das gezogen wird.

Pull-Planner 4.0 beurteilt nicht die „Fähigkeit“, ein Kabel mit der eingegebenen Kraft tatsächlich zu schieben. Weiche Kabel neigen dazu, sich im Kabelkanal zu verheddern und können daher nicht geschoben werden.

Umkehrung eines Einzugs mit einer Schub-/Zug-Vorrichtung

Wenn eine Schub-/Zug-Vorrichtung in den Kabelkanal eingefügt wird, wird die Funktion „Rückwärtseinzug“ deaktiviert und diese Option ist nicht verfügbar. Es ist möglich, die Schub-/Zug-Vorrichtung zu entfernen und den Einzug umzukehren. Sobald der Einzug umgekehrt ist, kann er auf die Arbeitsregisterkarte „Segment eingeben/bearbeiten“ verschoben werden, damit die Daten bearbeitet werden können. Speichern Sie zunächst den Einzug auf der Registerkarte „Segment umkehren“ mit dem Symbol „Speichern unter“ in der oberen Multifunktionsleiste. Der Einzug wird unter dem bestehenden Dateinamen mit dem Zusatz „-Reverse“ (Umkehrung) gespeichert. Der gespeicherte umgekehrte Einzug kann dann über das Symbol „Öffnen“ auf dem oberen Bildschirm in die Software importiert werden. Nach dem Import können Sie den Dateinamen und/oder alle anderen Daten ändern. In diesem Fall kann die Schub-/Zug-Vorrichtung wieder in den Einzug eingesetzt werden.

Verwendung einer Schub-/Zug-Vorrichtung zur Erhaltung der negativen Spannung

Negative Spannungen aus jedem vollen Segment werden für die Berechnung des nächsten Segments auf eine eingehende Spannung (T_{in}) gleich Null zurückgesetzt. Im folgenden Kabelkanal ist beispielsweise ein Kabelgewicht von 46 lbs/ft und ein Reibungskoeffizient von 0,15 eingegeben. Das erste Segment enthält eine Biegung nach unten, so dass die $T_{out} = -175$ lbf beträgt. Das zweite Segment ist ein gerader Abschnitt, enthält aber nicht diese negative eingehende Spannung:

$$T_{out} = T_{in} + \mu WL = 0 + (0,15)(46 \cdot 240) = 1656$$

In diesem Fall ist $T_{in} = 0$.

The screenshot shows the Pull-Planner software interface. At the top, there are input fields for 'Inwenddurchmesser Leitung' (200,00 mm), 'CCF' (0,10), and 'Rückspannung' (0,00 kN). Below this is a table for 'Kabel' with columns for 'Kabelltyp', 'Kabeläußerdurchmesser (mm)', 'Anzahl Kabel', and 'Gewicht (kg/m)'. The table lists three cable types with weights of 5,000 kg/m. To the right, there is a section for 'Informations' with 'Zugname' and 'Leitungs-ID: 200,00 Millimeter'. Below that, a table for 'Segmente' shows segment details. The table has columns for 'Seg #', 'Gerade Sektion Steigung (°)', 'Steigung Richtung', 'Gerade Sektion Länge (m)', 'Gerade Sektion CCF', 'Spannung (kN)', 'Krümmung Typ', 'Krümmung Richtung', 'Krümmungsradius (m)', 'Krümmung Winkel (°)', 'Krümmungshöhe (m)', 'Krümmung CCF', 'Spannung (kN)', and 'Segmentend Druck (kN/m)'. Red boxes highlight the CCF value of 0,10, the tension value of -0,74, the tension value of 3,01, and the segment end pressure value of 0,07.

Eine Schub-/Zug-Vorrichtung (Push/Pull Device, PPD) kann mit der Kraft Null eingegeben werden. Dadurch bleibt die negative Spannung als negative T_{in} für alle Segmente nach der PPD erhalten.

| Krümmung hinzufügen | | länge der Krümmungen | 47,1 m | Gesamte Zuglänge | 147,1 m |
|---------------------|-------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------|
| Krümmung Typ | Krümmung Richtung | Druck-/Zuggerät (kN) | Krümmungsradius (m) | Krümmung Winkel (°) | |
| Druck-/Zuggerät | -- | 0,00 | 0,00 | 0,0 | |

Wenn Sie den gleichen Beispiel-Kabelkanal wie zuvor verwenden und die PPD hinzufügen, enthält das zweite (jetzt dritte) Segment die negative Eingangsspannung:

$$T_{out} = T_{in} + \mu WL = -175 + (0,15)(46 \cdot 240) = 1481$$

| Seg # | Straight Section Length (ft) | Slope Direction | Straight Section Length (ft) | Straight Section COP | Tension (lbs) | Bend Type | Bend Direction | Push/Pull Device (lbs) | Bend Radius (ft) | Bend Angle (°) | Bend Length (ft) | Bend COP | Tension (lbs) | Sidewall Pressure (lbs/ft) |
|-------|------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------|---------------|---------------|----------------|------------------------|------------------|----------------|------------------|----------|---------------|----------------------------|
| 1 | 0.0 | -- | 0.0 | 0.15 | 0 | Push Pull Dev | -- | 0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.15 | 0 | 0 |
| 2 | 0.0 | -- | 25.0 | 0.15 | 172 | Vertical Down | Down | 0 | 40.00 | 45.0 | 31.4 | 0.15 | -175 | 0 |
| 3 | 0.0 | -- | 240.0 | 0.15 | 1481 | Vertical Up | Down | 0 | 800.00 | 45.0 | 628.3 | 0.15 | -5318 | 0 |
| 4 | 0.4 | Up | 1200.0 | 0.15 | 3347 | Vertical Up | Up | 0 | 800.00 | 30.0 | 418.9 | 0.15 | 11847 | 15 |
| 5 | 12.0 | Up | 80.0 | 0.15 | 13152 | Vertical Down | Up | 0 | 100.00 | 20.0 | 34.9 | 0.15 | 14387 | 144 |
| 6 | 0.0 | -- | 25.0 | 0.15 | 14560 | None | -- | 0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.15 | 14560 | 0 |

Organisieren von Daten für die Segmenteingabe

Ein Arbeitsblatt hilft Ihnen bei der Organisation der Daten für Kabel, Rohre und Kabelkanäle für die Eingabe des Einzugs. Siehe untenstehenden Link

[Pull-Planner-Arbeitsblatt Eingabeformular](#)

Spannungsberechnungen

Spannung als Zusatz

Die Spannung baut sich beim Einzug von Kabeln auf. In geraden Abschnitten wird sie von einem Abschnitt zum nächsten hinzu addiert. In Biegungen ist die eingehende Spannung ein Multiplikator. Die am Ende eines Segments berechnete Spannung hängt von der Spannung ab, die in den vorherigen Segmenten aufgebaut wurde. Im Allgemeinen tritt die höchste Spannung am Kabel nach dem letzten Segment (dem Ende des Einzugs) auf. Dies ist jedoch nicht unbedingt der Fall, wenn es irgendwo eine signifikante „abwärts gerichtete“ Gravitationskomponente oder eine Schub-/Zug-Vorrichtung im Einzug gibt.

Die maximale geschätzte Spannung eines Kabels können Sie ermitteln, indem Sie die höchste Spannung suchen, die am Ende eines jeden Segments gemeldet wird (zweite Spalte von rechts, „Spannung“). Wenn es in einem Segment keine Biegung gibt, wird die Spannung aus dem vorherigen geraden Abschnitt in die zweite Spalte von rechts, „Spannung“, übertragen.

Bestimmung der maximalen Spannung

Eine zu hohe Zugspannung beschädigt das Kabel. Dies kann zu Löchern oder anderen physischen Schäden führen, an denen Korona-Entladungen und andere elektrische Mängel auftreten können.

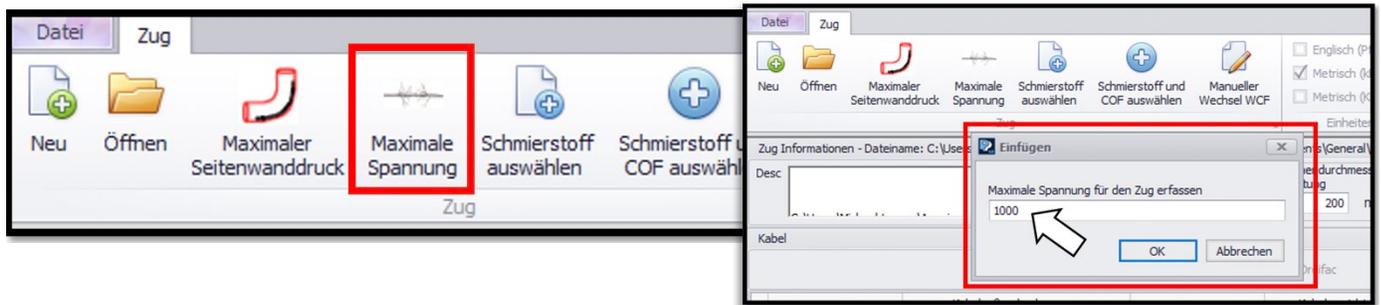
Kabelhersteller und Anbieter anderer Geräte haben Richtlinien für die maximale Kabelspannung festgelegt. Diese basiert in der Regel auf den folgenden Punkten:

- Zulässige Spannung an der Kabelklemmvorrichtung
- Zulässige Spannung im Leiter (nach Leitermaterial)
- Zulässiger Seitenwanddruck

Halten Sie sich an die vom Hersteller der Klemmvorrichtung festgelegten Grenzwerte. Im Allgemeinen ist es am besten, das Kabel am Leiter zu fassen, so dass die Zugkraft auf den Leiter wirkt. Die maximal zulässige Spannung auf den Leiter hängt vom Leitermaterial (Kupfer oder Aluminium) sowie seiner Härte und Größe ab. Die Höchstwerte für die Seitenwandspannung hängen vom Kabeltyp, der Abschirmung und davon ab, ob das Kabel gepanzert ist.

Markieren der maximalen Spannung

Um die maximale Kabelspannung zu markieren, klicken Sie auf das Symbol „Maximale Spannung“. Ein Eingabefeld wird geöffnet. Geben Sie den Wert ein und klicken Sie auf OK:



Wenn die geschätzte Spannung diesen Wert überschreitet, wird sie mit einem dunklen Grau hervorgehoben.

| Spannung (kN) | Krümmung Typ | Krümmung Richtung | Walze hinzufügen (kN) | Krümmungsradius (m) | Krümmung Winkel (°) | Krümmungslinie (m) | Krümmung COF | Spannung (kN) |
|---------------|--------------|-------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------|---------------|
| 1.09 | Horizontale | -- | 0.00 | 10.00 | 70.0 | 12.2 | 0.15 | 1.58 |
| 5.17 | Horizontale | -- | 0.00 | 15.00 | 15.0 | 3.9 | 0.15 | 5.42 |
| 5.42 | Horizontale | -- | 0.00 | 62.00 | 90.0 | 97.4 | 0.15 | 9.17 |
| 9.17 | Horizontale | -- | 0.00 | 62.00 | 17.0 | 18.4 | 0.15 | 9.93 |
| 9.93 | Walze | -- | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 9.93 |

Die Markierungsfunktion dient als praktische Erinnerung, wenn die Spannung oder der Seitenwanddruck einen festgelegten Höchstwert überschreitet. Dies wird jedoch die Berechnungen nicht stoppen.

Um die Maximalwerte für die Kabelspannung und/oder den Seitenwanddruck zu entfernen, klicken Sie erneut auf die Option „Maximum für Kabelspannung/Seitenwanddruck markieren“ und setzen alle Maximalwerte auf Null.

Maximale Spannung für mehrere Kabel

Bei mehreren Kabeln wird in der Literatur empfohlen, 50 % bis 80 % der maximalen Zusatzspannung für alle Kabel zu verwenden. Wenn Sie z. B. drei Kabel einziehen, lautet die häufigste Empfehlung, dass zwei der drei Kabel die Last tragen. Die Spannung eines einzelnen Kabels wird dann als die Gesamtspannung des Bündels geteilt durch zwei angenommen. In diesem Fall beträgt die Gesamtspannung für das Bündel 66 % der maximalen Gesamtspannung für die drei Kabel. Der Faktor für die maximale Spannung hat keinen Einfluss auf die Berechnung der Spannung selbst.

Beispiel: Wenn Sie 3 identische Kabel als Bündel gezogen haben und für jedes Kabel eine maximale Spannung von 1.000 lbs. gilt, würden Sie die maximale Spannung auf 2.000 lbs. einstellen, was dann 66 % der gesamten maximalen Spannung entspricht.

Berechnung der Seitenwandspannung

Der Seitenwanddruck (auch Seitenwandaufgedruck, sidewall bearing pressure, SWBP) ist ein Maß für die Normalkraft, die ein Kabel gegen die Rohrwand drückt, wenn es um eine Biegung gezogen wird. Eine zu hohe Seitenwandkraft kann ein Kabel quetschen und ist einer der einschränkendsten Faktoren bei Installationen mit Biegungen. Die Kraft ist direkt proportional zu der aus der Biegung kommenden Spannung und dem Radius der Biegung. Die folgenden Gleichungen werden zur Berechnung des Seitenwanddrucks verwendet:

1 Kabel $SP = \frac{T_{out}}{R}$

2 Kabel $SP = \left(\frac{w}{2}\right) \frac{T_{out}}{R}$

3 Kabel (flach liegend) $SP = \left(\frac{3w-2}{3}\right) \frac{T_{out}}{R}$

3 Kabel (dreieckig) $SP = \left(\frac{w}{2}\right) \frac{T_{out}}{R}$

4 oder mehr Kabel $SP = \left(\frac{w}{2}\right) \frac{T_{out}}{R}$

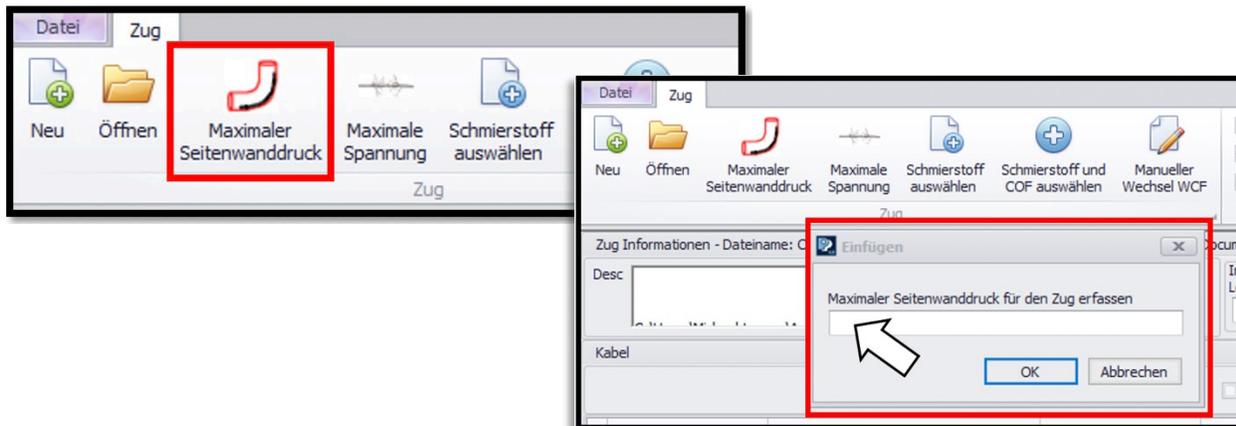
- Wobei $SP =$ Seitenwanddruck
- $T_{out} =$ Spannung am Ausgang der Biegung (lb, kg, KN)
- $R =$ Biegungswinkelradius (Fuß, Meter)
- $w =$ Gewichtskorrekturfaktor (dimensionslos)

Der Seitenwanddruck ist für jede Biegung spezifisch. Wenn es keine Biegung gibt, gibt es auch keinen Seitenwanddruck. Der höchste Seitenwanddruck herrscht nicht unbedingt am Ende des Einzugs. Der Seitenwanddruck kann verringert werden, indem der Radius der Biegung vergrößert wird.

Der maximale Seitenwanddruck eines Kabels kann ermittelt werden, indem Sie nach dem höchsten Seitenwanddruck suchen, der am Ende eines jeden Biegssegments gemeldet wird (Spalte „Seitenwanddruck“ ganz rechts).

Markierung der maximalen Seitenwandspannung

Um die maximale Seitenwandspannung zu markieren, klicken Sie auf das Symbol „Maximaler Seitenwanddruck“. Ein Eingabefeld wird geöffnet. Geben Sie den Wert ein und klicken Sie auf OK:



Wenn der geschätzte Seitenwanddruck diesen Wert übersteigt, wird er mit einem dunklen Grau hervorgehoben.

| Spannung (kN) | Seitenwand Druck (kN/m) |
|---------------|-------------------------|
| 0.64 | 0.05 |
| 2.86 | 0.54 |
| 6.18 | 1.73 |
| 9.92 | 1.34 |
| 14.53 | 1.18 |
| 29.79 | 0.51 |
| 38.92 | 2.82 |

Da der maximale Seitenwanddruck von der aus der Biegung kommenden Spannung und dem Radius der Biegung abhängt, können die Seitenwandspannungen je nach Segment erheblich variieren. Eine Vergrößerung des Biegungsradius zusammen mit einer Verringerung der Spannung wird den Seitenwanddruck verringern.

Die Markierungsfunktion dient als praktische Erinnerung, wenn die Spannung oder der Seitenwanddruck einen festgelegten Höchstwert überschreitet. Dies wird jedoch die Berechnungen nicht stoppen.

Richtlinie zur Seitenwandspannung

Der Hersteller des Kabels bietet eine Richtlinie für die Seitenwandspannung an. Siehe unten für allgemeine Hinweise.

Für Leistungskabel:

| Kabeltyp | Maximaler Seitenwanddruck | |
|--|---------------------------|------|
| | Lb _r /ft | N/m |
| 600-V-Mehrleiterkabel (nicht abgeschirmt) | 500 | 7300 |
| 600-V- und 1-kV-Einzelleiter | ---- | ---- |
| Größe 8 und kleiner | 300 | 4380 |
| Größe 6 und kleiner | 500 | 7300 |
| 5- bis 15-kV-Leistungskabel (abgeschirmt) | 500 | 7300 |
| 25- bis 35-kV-Leistungskabel (abgeschirmt) | 300 | 4380 |
| Intern verdrehte Panzerkabel (alle Spannungsklassen) | 300 | 4380 |
| Instrumentenkabel – einpaarig (abgeschirmt) | 300 | 4380 |
| Instrumentenkabel – mehrpaarig (abgeschirmt) | 500 | 7300 |

IEEE 1185-2019, „Empfohlene Praxis für die Kabelinstallation in Kraftwerken und Industrieanlagen“, Tabelle 7

Da die Grenzwerte für den Seitenwanddruck je nach Art der verwendeten Kabelbewehrung variieren können, wird empfohlen, sich mit dem Kabelhersteller in Verbindung zu setzen, um den maximal zulässigen Seitenwanddruck für das in der Installation verwendete Kabel zu ermitteln.

Für Kommunikationskabel:

Glasfaserkabel können die Anforderungen an die Druckfestigkeit gemäß Telcordia GR-20-CORE von 21.890 N/m erfüllen. Der empfohlene Richtwert für die maximale Seitenwandspannung beträgt 50 % dieses Wertes bzw. 10.945 N/m. IEC 60794 1-2 Methode E3 und TIA/EIA-455-41A beschreiben beide Quetschtestmethoden.

Umkehrung des Einzugs

Sie kehren die Einzugsrichtung um, indem Sie auf die Registerkarte „Segment umkehren“ klicken. Dies geschieht in der Regel, um festzustellen, ob es theoretische Unterschiede in der Zugspannung abhängig von der Richtung der Kabelzuführung gibt. Unter der Registerkarte „Segment umkehren“ können Sie keine Daten eingeben oder ändern.

| | | | | | | |
|---|-----|----|------|------|-------|------------|
| 4 | 0.0 | -- | 70.0 | 0.10 | 24.47 | Horizontal |
| 5 | 0.0 | -- | 70.0 | 0.10 | 30.56 | Horizontal |
| 6 | 0.0 | -- | 70.0 | 0.10 | 38.16 | Horizontal |
| 7 | 0.0 | -- | 50.0 | 0.10 | 46.38 | Horizontal |

Segment erfassen/ändern | **Segment zurücksetzen** | COF-Rückwärtsberechnung

Um die Details zur Umkehrrichtung auf die Arbeitsregisterkarte „Segment eingeben/bearbeiten“ zu verschieben, damit die Daten bearbeitet werden können, müssen Sie den Einzug zunächst auf der Registerkarte „Segment umkehren“ über das Symbol „Speichern unter“ in der oberen Multifunktionsleiste speichern. Der Einzug wird unter dem bestehenden Dateinamen mit dem Zusatz „-Reverse“ (Umkehrung) gespeichert. Der gespeicherte umgekehrte Einzug kann dann über das Symbol „Öffnen“ auf dem oberen Bildschirm in die Software importiert werden. Nach dem Import können Sie den Dateinamen und/oder alle anderen Daten ändern.

Wenn Sie eine Schub-/Zug-Vorrichtung verwenden, ist die Registerkarte „Segment umkehren“ deaktiviert. Die Schub-/Zug-Vorrichtung muss zuerst entfernt werden, um die Registerkarte „Segment umkehren“ wieder zu aktivieren.

Rückrechnung des effektiven Reibungskoeffizienten

Pull-Planner 4.0 berechnet einen „effektiven Reibungskoeffizienten“ auf der Grundlage der tatsächlichen Zugspannungsdaten. Gehen Sie zur Registerkarte „COF-Rückrechnung“ und geben Sie die Zielzugspannung oder die nach der Kabelinstallation gemessene Zugspannung ein. Klicken Sie, um den COF zu berechnen.

| Gerade Sektion Steigung (°) | Steigung Richtung | Gerade Sektion Länge (m) | Gerade Sektion COF | Spannung (kN) | Zurück Calc COF | Rückspannung erfassen | Klicken Sie, um COF zu berechnen | Gesamte Zuglänge | | | |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|---------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|------|------|-------|
| 0.0 | -- | 0.0 | 0.10 | 0.00 | 0.10 | 38.92 (kN) | | 869.6 m | | | |
| 0.0 | -- | 50.0 | 0.10 | 2.36 | Horizontale | -- | 11.76 | 90.0 | 18.5 | 0.10 | 0.64 |
| 0.0 | -- | 70.0 | 0.10 | 5.26 | Horizontale | -- | 5.35 | 90.0 | 8.4 | 0.10 | 2.86 |
| 0.0 | -- | 70.0 | 0.10 | 8.58 | Horizontale | -- | 3.58 | 90.0 | 5.6 | 0.10 | 6.18 |
| 0.0 | -- | 70.0 | 0.10 | 12.32 | Horizontale | -- | 7.41 | 80.0 | 10.3 | 0.10 | 9.92 |
| 0.0 | -- | 400.0 | 0.10 | 28.25 | Horizontale | -- | 12.30 | 90.0 | 19.3 | 0.10 | 14.53 |
| 0.0 | -- | 100.0 | 0.10 | 33.22 | Horizontale | -- | 58.90 | 25.0 | 25.7 | 0.10 | 29.79 |
| | | | | | Horizontale | -- | 13.82 | 90.0 | 21.7 | 0.10 | 38.92 |

Segment zurücksetzen | **COF-Rückwärtsberechnung**

Der (rote) rückgerechnete COF-Wert im roten Feld wird anhand der Daten des Einzugsegments und der vom Benutzer in das Feld „Zielspannung“ eingegebenen Zielspannung berechnet. Der berechnete COF erzeugt die engste Spannung innerhalb der Varianz und der signifikanten Zahlen der variablen Eingaben.

Die Rückrechnungsfunktion kann sehr nützlich sein, um auf Einzugsvorgänge oder tatsächliche Vor-Ort-Bedingungen zuzugreifen. Der rückgerechnete COF wird zwar mit drei Dezimalstellen angegeben, aber das dient nur der Rechengenauigkeit. Pull-Planner 4.0 erlaubt dem Benutzer nur die Eingabe von COF mit zwei Dezimalstellen.

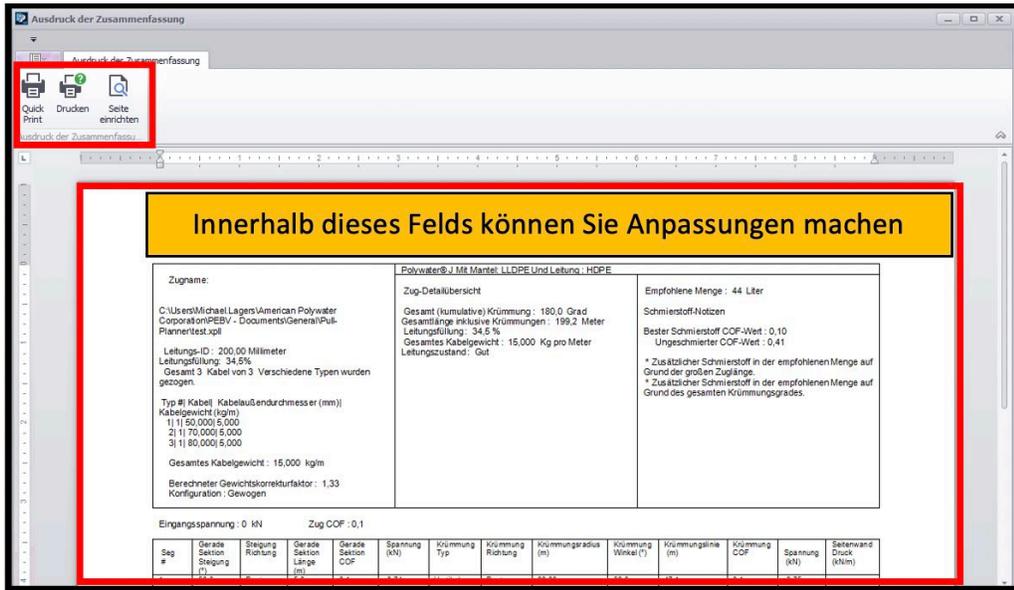
Einzugsbericht

Herunterladen, bearbeiten und drucken des Einzugsberichts

Um den Einzugsbericht herunterzuladen, klicken Sie zuerst in der oberen Multifunktionsleiste auf das Symbol „Einzugsbericht“:



Dies bringt die Details des aktuellen Einzugs in eine Berichtsform. Der Bericht kann nach Belieben bearbeitet und anschließend ausgedruckt werden.



Über die Schaltfläche „Drucken“ gelangen Sie zu Ihrem Standard-Druckdialog.

Kabelkanal

Für Kabel, die in Kabelkanälen verlegt werden, gelten viele derselben Überlegungen wie für Kabel, die in Rohrsystemen verlegt werden. Mehrere Quellen geben Empfehlungen [Literaturhinweis Nr. 8 und 17] und weisen darauf hin, dass Schmierung die Gesamtspannung senkt. Der folgende Abstand der Stützrollen wird empfohlen:

$$S = \sqrt{\frac{8HT}{W}}$$

Wobei: S = Abstand zwischen den Rollen in Fuß (Meter)

H = Höhe der Oberseite der Rollen über der Oberfläche des Kanals in Fuß (Meter)

T = Zugspannung in Pfund (Kilogramm)

W = Gewicht des Kabels pro Länge, lbs/ft (kg/m)

Dieser Abstand hält das Kabel straff, um Durchhang und Widerstand zu reduzieren. Er ermöglicht auch relativ gerade Strecken von Biegung zu Biegung. Wenn die Umlenkrollen oder Rollen frei drehbar, gut konstruiert und geschmiert sind und sich in einem guten Betriebszustand befinden, kann ein Reibungskoeffizient (COF) von 0,15 zur Berechnung der Spannung im geraden Abschnitt verwendet werden. Dieser COF-Faktor kann je nach Erfahrung vor Ort variiert werden.

Die Spannung wird nicht vervielfacht, wenn das Kabel durch frei drehende Rollen oder Umlenkrollen um die Biegung gezogen wird. Der Koeffizient einer gut geschmierten Umlenkrolle geht gegen Null, sodass der Spannungszuschlag dazu verwendet wird, die Kraft zu berücksichtigen, die erforderlich ist, um das Kabel um die Umlenkrolle zu biegen. Dieser Wert kann durch Erfahrung ermittelt werden und hängt vom Gewicht und der Flexibilität des Kabels ab. In der Literatur wird ein Aufschlag von 45–70 kg für einen dreiadrigen 15-kV-Kupferleiter mit einem Querschnitt von ca. 250 mm² und Metallmantel angegeben.

Die Pull-Planner-Software kann Sie bei der Planung dieser Art von Installation unterstützen. Die Spannung wird berechnet, indem die Werte von Abschnitt zu Abschnitt addiert werden:

- Die geraden Abschnitte durch horizontale Stützrollen behandeln Sie wie einen geraden Abschnitt mit 0° Neigung. Verwenden Sie einen Anfangs-COF von 0,15 als Multiplikator. Gerade Abschnitte, die nach oben oder unten verlaufen, nutzen die Gravitationswirkung des Kabelgewichts (Länge der Strecke mal Kabelgewicht pro Länge). Verwenden Sie eine Neigung von 90° nach oben oder unten. Der COF spielt in diesem Szenario keine Rolle.
- An jenen Stellen, an denen der Kanal eine Biegung macht, verwenden Sie die Rollenfunktion von Pull-Planner 4.0 für die verwendeten Umlenkrollen.

Anhang A – Gleichungen

Nachfolgend finden Sie die in diesem Programm verwendeten Gleichungen.

HORIZONTALER GERADER ABSCHNITT

$$T_{out} = w\mu WL + T_{in}$$

GENEIGTER GERADER ABSCHNITT

Einzug nach oben: $T_{out} = T_{in} + WL [\sin(\varphi) + w\mu \cos(\varphi)]$

Einzug nach unten: $T_{out} = T_{in} - WL [\sin(\varphi) - w\mu \cos(\varphi)]$

HORIZONTALER GEBOGENER ABSCHNITT

$$T_{out} = T_{in} \cosh(w\mu\theta) + \left(\sinh(w\mu\theta) \sqrt{T_{in}^2 + (WR)^2} \right)$$

VERTIKAL KONKAV NACH OBEN GEBOGEN

Einzug nach oben: $T_{out} = T_{in} e^{w\mu\theta} - \left(\frac{WR}{(1+(w\mu)^2)} \right) [(2w\mu \sin(\theta)) - (1 - (w\mu)^2)(e^{w\mu\theta} - \cos(\theta))]$

Einzug nach unten: $T_{out} = T_{in} e^{w\mu\theta} - \left(\frac{WR}{(1+(w\mu)^2)} \right) [(2w\mu e^{w\mu\theta} \sin(\theta)) + (1 - (w\mu)^2)(1 - e^{w\mu\theta} \cos(\theta))]$

VERTIKAL KONKAV NACH UNTEN GEBOGEN

Einzug nach oben: $T_{out} = T_{in} e^{w\mu\theta} + \left(\frac{WR}{(1+(w\mu)^2)} \right) [(2w\mu e^{w\mu\theta} \sin(\theta)) + (1 - (w\mu)^2)(1 - e^{w\mu\theta} \cos(\theta))]$

Einzug nach unten: $T_{out} = T_{in} e^{w\mu\theta} + \left(\frac{WR}{(1+(w\mu)^2)} \right) [(2w\mu \sin(\theta)) - (1 - (w\mu)^2)(e^{w\mu\theta} - \cos(\theta))]$

BIEGUNG MIT GROSSEM RADIUS

Wo $T_{in} < WR$, und $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$

Einzug nach oben: $T_{out} = (T_{in} + T_{slope}) * \cosh(w\theta\mu) + \sinh(w\theta\mu) * \sqrt{(T_{in} + T_{slope})^2 + (WR')^2} + T_{slope}$
Wobei $T_{slope} = \frac{WR\theta}{2} \left(\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) + w\mu \left(\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \right) \right)$

Einzug nach unten: $T_{out} = (T_{in} - T_{slope}) * \cosh(w\theta\mu) + \sinh(w\theta\mu) * \sqrt{(T_{in} - T_{slope})^2 + (WR')^2} - T_{slope}$
Wobei $T_{slope} = \frac{WR\theta}{2} \left(\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) - w\mu \left(\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \right) \right)$

Wobei:

T_{in} = Spannung in den Abschnitt

T_{out} = Spannung aus dem Abschnitt

w = Gewichtskorrekturfaktor (dimensionslos)

μ = Reibungskoeffizient (dimensionslos)

W = Gesamtgewicht der Kabelbaugruppe pro Längeneinheit (lbs/ft oder kg/m)

L = Länge des geraden Abschnitts (Fuß, Meter)

φ = Winkel des geraden Abschnitts von der Horizontalen (Grad)

θ = Winkel des Biegungsabschnitts (Bogenmaß natürlicher Logarithmus oder Grad), *Eingabe in Grad*

R = Radius des Biegungsabschnitts (Fuß, Meter)

R' = 1 (Fuß, Meter)

Anhang B – Bibliographie und Literaturhinweise

1. D. A. Silver, G.W. Semen, R. A. Bush, G. H. Matthews, „Maximum Safe Pulling Lengths for Solid Dielectric Insulated Cables“ (Maximale sichere Einzulängen für feste dielektrisch isolierte Kabel), Electric Power Research Institute EL-333, Vols 1 & 2, Abschlussbericht, Februar 1984.
2. G. C. Weitz, „Coefficient of Friction Measurement Between Cable and Conduit Surfaces Under Varying Normal Loads“ (Messung des Reibungskoeffizienten zwischen Kabel- und Rohroberflächen bei unterschiedlichen Normalbelastungen), vorgestellt auf der IEEE/PES Transmission and Distribution Conference, Mai 1984.
3. J. M. Fee, „A Pulling Tension Calculation Program that Allows Coefficient of Friction to Vary Continuously with Cable Sidewall Pressure“ (Ein Programm zur Berechnung der Zugspannung, das eine kontinuierliche Veränderung des Reibungskoeffizienten mit dem Kabel-Seitenwanddruck zulässt), vorgestellt auf der IEEE/PES Transmission and Distribution Conference, Mai 1994.
4. R. C. Rifenburg, „Pipe-Line Design for Pipe-Type Feeders“ (Rohrleitungsplanung für Rohrleitungs-Zuführungen), vorgestellt auf der AIEE Power Apparatus & Systems Conference, Dezember 1953
5. *Kabelinstallationshandbuch*, 9. Ausgabe, General Cable, September 2011.
6. Technisches Handbuch: Underground Distribution Cable and Power (Unterirdische Verteilerkabel und Leistung), MU294, Kerite Power Cable
7. *Power Cable Installation Guide* (Installationsanleitung für Leistungskabel), Southwire Company, 2005.
8. *Installation Practices for Cable Raceway Systems* (Installationspraktiken für Kabelkanalsysteme), The Okonite Company, 2011.
9. J. M. Fee, D. J. Quist, „A New Cable Pulling Friction Measurement Method and Results“ (Eine neue Methode zur Messung der Reibung beim Einziehen von Kabeln und Ergebnisse), vorgestellt auf der IEEE/PES Transmission and Distribution Conference, September 1991.
10. H. Kemp, „Procedure for the Experimental Determination of Friction Coefficient Between a Cable and Duct“ (Verfahren zur experimentellen Bestimmung des Reibungskoeffizienten zwischen einem Kabel und einem Rohr), vorgestellt auf dem International Wire and Cable Symposium, November 1987.
11. Underground Extruded Power Cable Pulling Guide (Leitfaden für das Einziehen von unterirdischen stranggepressten Leistungskabeln), AIEC-Veröffentlichung CG-5-15, 3. Auflage, Association of Edison Illuminating Companies (AEIC), Januar 2015.
12. J. M. Fee, M. J. Fee, „A Study of Tension and Jamming when Pulling Cable around Bends“ (Eine Studie über Spannung und Verklebung beim Ziehen von Kabeln um Biegungen), vorgestellt auf der IEEE/PES Transmission and Distribution Conference, April 1999
13. J. W. Tarpey, A. M. Regan, P. R. Nannery, E. Favrie, „Installation of a Solid Dielectric 138 KV Underground Transmission System – from Concept to Completion“ (Installation eines unterirdischen 138-kV-Übertragungssystems mit massivem Dielektrikum – vom Konzept bis zur Fertigstellung), präsentiert auf der IEEE/PES Transmission and Distribution Conference, September 1991.
14. Underground Cable Installation Practices (Praktiken der Erdkabelverlegung), 3. Auflage, Prysmian Group, Draka, August 2016.
15. T. Bowmer, „Generic Requirements for Optical Cable Innerduct, Associated Conduit, and Accessories“ (Allgemeine Anforderungen an Innenkanäle für optische Kabel, zugehörige Kabelkanäle und Zubehör), GR-356-CORE, 2. Auflage, Telcordia Technologies, Inc., Juni 2009.
16. S. H. Dahlke, „The Effect of Conduit Fill on Premises Cabling“ (Die Auswirkung der Rohrfüllung auf die Verkabelung in Gebäuden), vorgestellt auf dem BICSI Symposium, Januar 1998.

17. B. Finke, S. Ticker, „Guidelines for the Installation of Cable in Cable Trays“ (Richtlinien für die Installation von Kabeln in Kabelkanälen), vorgestellt auf der IEEE/PES Transmission and Distribution Conference, 1995.
18. *National Electrical Code® 2017*, NFPA 70, National Fire Protection Association, 2016
19. „Weight Correction Factor: ArcFM Solution Configuration Guide“ (Gewichtskorrekturfaktor: ArcFM Solution Konfigurations-Richtlinie), Schneider Electric Resource Center, 8. Mai 2019, <http://resources.arcfmsolution.com/10.1/Appendix/CPWeightCorrectionFactor.html>.
20. „[Coefficient of Friction Measurement On Polywater’s Friction Table](#)“ (Messung des Reibungskoeffizienten auf dem Reibungstisch von Polywater), American Polywater Corporation, 2019.
21. „Polywater Analysis of the Horizontal Bend Pulling Tension Equations“ (Analyse der Gleichungen für die Zugspannung bei horizontaler Biegung (von Polywater)), American Polywater Corporation, 2019.
22. Cigre 194. „Construction, Laying and installation techniques for Extruded and Self Contained Fluid Filled Cable Systems“ (Konstruktions-, Verlegungs- und Installationstechniken für extrudierte und geschlossene flüssigkeitsgefüllte Kabelsysteme), Arbeitsgruppe 21.17, Oktober 2001.
23. IEEE 1185 Empfohlene Praxis für die Kabelinstallation in Kraftwerken und Industrieanlagen. 2019.
24. W. Griffioen, D. Plumettaz, „Cable Pulling Force in Pipes with RD Bends for Different Installation Methods“ (Kabeleinzugskraft in Rohren mit RD-Biegungen bei verschiedenen Installationsverfahren), Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice, Band 12, 4. Auflage – November 2021.

Anhang C – Pull-Planner™ Kabelspannungsrechner – Datenformular

Einzugkennung

Einzugname und Kennung:

Rohr- und Kabeldaten

Innendurchmesser des Rohres (in, mm):

Kabelinformationen

| | <u>Typ 1</u> | <u>Typ 2</u> | <u>Typ 3</u> |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Außendurchmesser des Rohres (Zoll, mm): | _____ | _____ | _____ |
| Kabelgewicht (lbs/ft, kg/m): | _____ | _____ | _____ |
| Kabelanzahl | _____ | _____ | _____ |

Hinweis: Fügen Sie bei Bedarf weitere Kabeltypen hinzu.

Kabelmantel und Rohrtyp: _____ *(Dies hilft bei der Bestimmung des COF)*

Informationen zur Biegung des Kabelkanals

Arten von Biegungen



Horizontale Biegung



Vertikal konkav nach oben

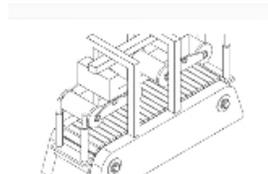


Vertikal konkav nach unten

Andere Biegungseinsätze

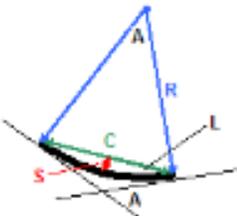


Rollen



Schub-/Zug-Vorrichtung

Biegungen mit großem Radius



| | |
|------------------------------|-------|
| L, Länge der Biegung (ft, m) | _____ |
| R, Biegungsradius (ft, m) | _____ |
| A, Biegungswinkel (Grad) | _____ |
| C, Biegungssehne (ft, m) | _____ |
| S, Biegungstiefe (ft, m) | _____ |

Nur zwei der fünf Variablen sind erforderlich.

Segment 1

Gerader Abschnitt

Gerader Abschnitt Neigung (θ Grad) _____

Neigungsrichtung (auf/ab) _____

Länge des geraden Abschnitts (ft, m) _____

Gebogener Abschnitt

Biegungstyp _____

Biegungsrichtung (auf/ab) _____

Biegungsradius (ft, m) _____

Biegungswinkel (θ Grad) _____**Segment 2**

Gerader Abschnitt

Gerader Abschnitt Neigung (θ Grad) _____

Neigungsrichtung (auf/ab) _____

Länge des geraden Abschnitts (ft, m) _____

Gebogener Abschnitt

Biegungstyp _____

Biegungsrichtung (auf/ab) _____

Biegungsradius (ft, m) _____

Biegungswinkel (θ Grad) _____**Segment 3**

Gerader Abschnitt

Gerader Abschnitt Neigung (θ Grad) _____

Neigungsrichtung (auf/ab) _____

Länge des geraden Abschnitts (ft, m) _____

Gebogener Abschnitt

Biegungstyp _____

Biegungsrichtung (auf/ab) _____

Biegungsradius (ft, m) _____

Biegungswinkel (θ Grad) _____**Segment 4**

Gerader Abschnitt

Gerader Abschnitt Neigung (θ Grad) _____

Neigungsrichtung (auf/ab) _____

Länge des geraden Abschnitts (ft, m) _____

Gebogener Abschnitt

Biegungstyp _____

Biegungsrichtung (auf/ab) _____

Biegungsradius (ft, m) _____

Biegungswinkel (θ Grad) _____**Segment 5**

Gerader Abschnitt

Gerader Abschnitt Neigung (θ Grad) _____

Neigungsrichtung (auf/ab) _____

Länge des geraden Abschnitts (ft, m) _____

Gebogener Abschnitt

Biegungstyp _____

Biegungsrichtung (auf/ab) _____

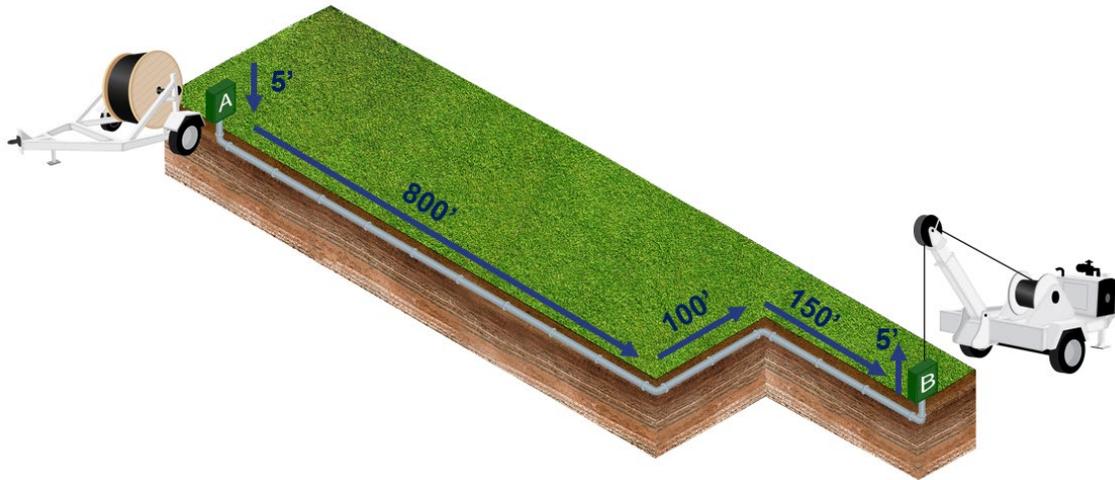
Biegungsradius (ft, m) _____

Biegungswinkel (θ Grad) _____*Fügen Sie bei Bedarf weitere Segmente hinzu.**Die Pull-Planner-Software verwendet Gleichungen zur Schätzung von Spannungen, die in technischen Studien und Industriestandards üblich sind. Weitere Informationen finden Sie im Hilfe-Menü von Pull-Planner 4.0.*

Anhang D – Beispieleinträge

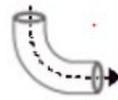
Einfacher Einzug – Beispiel 1

In diesem Szenario fällt der Kabelkanal mit einer 90-Grad-Drehung nach unten, um dann unterirdisch horizontal mit ein paar Biegungen zu verlaufen, bevor er wieder nach oben kehrt. Der Kabelkanaleintrag ist in eine Reihe von geraden und gebogenen Segmenten unterteilt.



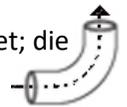
1. Das erste Segment ist die Strecke, die gerade nach unten führt, mit einer 90°-Biegung nach unten.

a. In diesem Fall ist die Einzugsrichtung nach unten:



2. Der zweite Abschnitt ist eine gerade Strecke (800 Fuß), die mit einer horizontalen Biegung endet. Das dritte Segment ist eine kürzere gerade Strecke (100 Fuß), die ebenfalls mit einer horizontalen Biegung endet.

3. Segment vier ist eine weitere gerade Strecke (150 Fuß), die mit einer vertikalen Aufwärtsbiegung endet; die Einzugsrichtung ist nach oben:



4. Das letzte Segment endet mit einem geraden, 5 Fuß langen Abschnitt nach oben. Der Kabelkanal endet mit diesem geraden Abschnitt, so dass es keinen abschließenden Biegungsabschnitt gibt.

Unten sehen Sie das Erscheinungsbild des Pull-Planer-Segmentbildschirms.

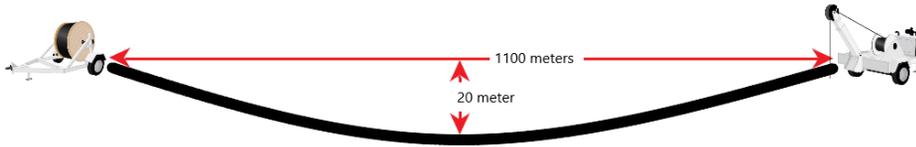
| Add Section | | | | | | Add Bend | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------|---------------|-----------------------------|----------------|------------------|----------------|-------------------------------|----------|---------------|----------------------------|
| Section's Total Length 1060.0 ft | | | | | | Bend's Total Length 25.1 ft | | | | Pull's Total Length 1085.1 ft | | | |
| Seg # | Straight Section Slope (°) | Slope Direction | Straight Section Length (ft) | Straight Section COF | Tension (lbs) | Bend Type | Bend Direction | Bend Radius (ft) | Bend Angle (°) | Bend Length (ft) | Bend COF | Tension (lbs) | Sidewall Pressure (lbs/ft) |
| 1 | 90.0 | Down | 5.0 | 0.11 | 170 | Vertical Up | Down | 4.00 | 90.0 | 6.3 | 0.11 | 178 | 23 |
| 2 | 0.0 | -- | 800.0 | 0.11 | 797 | Horizontal | -- | 4.00 | 90.0 | 6.3 | 0.11 | 977 | 125 |
| 3 | 0.0 | -- | 100.0 | 0.11 | 1054 | Horizontal | -- | 4.00 | 90.0 | 6.3 | 0.11 | 1293 | 166 |
| 4 | 0.0 | -- | 150.0 | 0.11 | 1409 | Vertical Up | Up | 4.00 | 90.0 | 6.3 | 0.11 | 1750 | 225 |
| 5 | 90.0 | Up | 5.0 | 0.11 | 1780 | None | -- | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.11 | 1780 | 0 |

Sobald die Daten eingegeben sind, können Sie die COF-, Kabel- oder Rohrinformationen ändern.

Die Registerkarten unterhalb des Bildschirms „Segment eingeben/bearbeiten“ können umgeschaltet werden, sodass Sie die Auswirkungen der Umkehrung des Einzuges sehen können. Es ist auch möglich, die vor Ort gemessene Spannung zur Rückrechnung des tatsächlichen COF-Faktors zu verwenden, sobald der Einzug abgeschlossen ist.

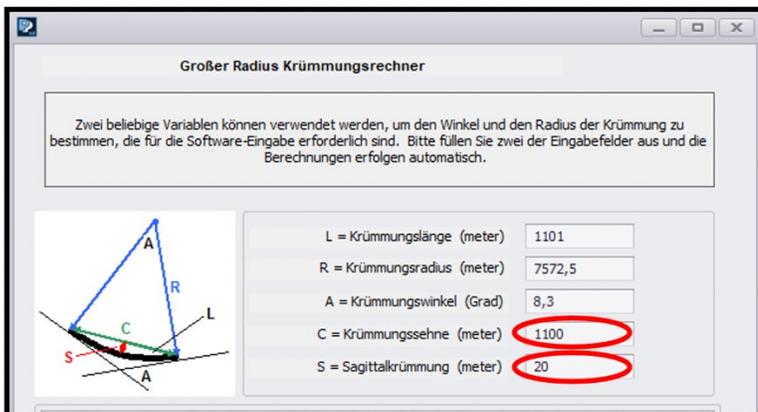
Biegung mit großem Radius – Beispiel 2

Der Rechner für Biegungen mit großem Radius kann für lange Biegungen verwendet werden, die typisch für das Horizontal-Richtbohren (horizontal directional drilling, HDD) sind. In diesem Beispiel gibt es eigentlich zwei Biegungen – im ersten Teil wird das Kabel nach unten in eine vertikale Aufwärtsbiegung gezogen und im zweiten Teil wird das Kabel nach oben in eine vertikale Aufwärtsbiegung gezogen.



In diesem Fall kennen Sie die Biegungssehnenlänge (1100 m) und die Biegetiefe (20 m). Bezogen auf die Segmenteingabe handelt es sich um zwei Biegungen. Die erste ist eine vertikale Aufwärtsbiegung, die nach unten gezogen wird, und die zweite ist eine vertikale Aufwärtsbiegung, die nach oben gezogen wird. In diesem Fall können Sie die beiden Biegungen genau in der Mitte teilen.

Verwenden Sie den Rechner für Biegungen mit großem Radius, um den Radius und die Bogenlänge zu bestimmen. Beginnen Sie dazu mit der Eingabe einer Biegung mit großem Radius für das erste Segment, um den Rechner für Biegungen mit großem Radius zu öffnen. Geben Sie die beiden Variablen ein, die Sie kennen. (Die Art der Biegung oder die Richtung der Gravitation spielt an dieser Stelle keine Rolle.) In diesem Beispiel:



Sie möchten dieses Biegungssegment nicht behalten. Bei dieser Übung geht es darum, die Werte für den Radius, 7.572,5 Meter, und den Biegungswinkel, 8,3 Grad, zu ermitteln. Bei der Aufteilung in zwei Biegungen würde der Radius gleich bleiben. Leider überschreitet das die Eingabegrenze des Pull-Planners. Der Pull-Planner kann jedoch diese Biegung mit großem Radius trotzdem berechnen, aber Sie müssen die Biegungslänge und den Biegungswinkel eingeben. Diese Werte müssen durch 2 geteilt werden. Da das Programm den Biegungswinkel auf das nächste Zehntel rundet, verwenden Sie den etwas höheren Wert für den Einzug nach oben. Dies ist der konservativste Fall. Der Einzug ist in zwei Segmente aufgeteilt:

1. Vertikale Aufwärtsbiegung, Einzug nach unten mit einer Biegungslänge von 550,5 Metern und einem Biegungswinkel von 4,1 Grad.
2. Vertikale Aufwärtsbiegung, Einzug nach oben mit einer Biegungslänge von 550,5 Metern und einem Biegungswinkel von 4,2 Grad.

Dadurch bleibt die korrekte Kabellänge bei diesem Entwurf erhalten. Die Eingabe sieht wie folgt aus:

| Krümmung Typ | Krümmung Richtung | Krümmungsradius (m) | Krümmung Winkel (°) | Krümmungslinie (m) | Krümmung COF | Spannung (kN) | Seitenwand Druck (kN/m) |
|---------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------|---------------|-------------------------|
| Vertikal hoch | Runter | 30,00 | 90,0 | 47,1 | 0,10 | -3,75 | 0,00 |
| Horizontale | -- | 30,00 | 90,0 | 47,1 | 0,10 | 3,01 | 0,07 |

Diese Kurven mit großem Radius erzeugen keine hohen Spannungswerte und verhalten sich sehr ähnlich wie sanfte Neigungen.

KONTAKT

+1 651 430 2270 Zentrale (USA) | Europa, Naher Osten, Nordafrika +31 10 233 0578 | E-Mail: support@polywater.com

WICHTIGER HINWEIS: Die Angaben in diesem Datenblatt werden nach Treu und Glauben gemacht und basieren auf Prüfungen und Beobachtungen, die wir als zuverlässig erachten. Wir übernehmen jedoch keine Garantie für die Vollständigkeit und Korrektheit der Informationen. Der Endanwender sollte vor dem Gebrauch die erforderlichen Beurteilungen durchführen, um zu bestimmen, ob sich das Produkt für den vorgesehenen Zweck eignet.

American Polywater schließt alle stillschweigenden Gewährleistungen und Bedingungen in Bezug auf die Marktfähigkeit oder Eignung für einen bestimmten Zweck ausdrücklich aus. Die Verpflichtung von American Polywater bleibt auf den Ersatz des nachweislich fehlerhaften Produkts beschränkt. Außer der Abhilfe durch Ersatz haftet American Polywater nicht für Verluste, Verletzungen bzw. für direkte, indirekte oder Folgeschäden, die aus dem Gebrauch des Produkts entstehen. Dies gilt ungeachtet der geltend gemachten Rechtsauffassung.

Polywater[®]
Solutions at work.