



# ABDICHTUNGEN IM TUNNELBAU

Sikaplan® KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHNEN

BUILDING TRUST





## DAMALS, ...

im Jahr 1882, wurde der erste Tunnel durch den Gotthard geöffnet und bot einen neuen Eisenbahnkorridor durch die Alpen. Der Tunnel war 15 km lang und befand sich auf einer Höhe von 1150 m über dem Meeresspiegel. Vor über 100 Jahren begann auch die Erfolgsgeschichte von Sika mit diesem Tunnelbau am Gotthard. Die zur Elektrifizierung der Bahnstrecke nötige Abdichtung des Tunnels legte 1918 einerseits den Grundstein für den Erfolg der Gotthardbahnstrecke und andererseits den für das Unternehmen Sika: Kaspar Winkler stellte Sika®-1, einen Zusatz für Dichtungsmörtel vor, der nachträglich auf die bestehende Tunnelauskleidung aufgetragen wurde. Bis heute wird Sika®-1 mit derselben Formel und für den gleichen Anwendungszweck in über 90 Ländern weltweit verkauft.

# INHALT

- 04** Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen

---
- 05** Belastungen auf Tunnelbauten

---
- 06** Projektanforderungen

---
- 07** Abdichtungskonzepte

---
- 08** Unterkonstruktion - Untergrund

---
- 10** Abdichtungskonzepte und -Systeme

---
- 12** Untertagebau - Ableitkonzept

---
- 16** Untertagebau - Verdrängungskonzept

---
- 20** Untertagebau - Spritzbetoninnenring

---
- 22** Tagbautunnel - Ableitkonzept

---
- 24** Tagbautunnel - Verdrängungskonzept

---
- 26** Tagbautunnel - Galerien

---
- 28** Dauerhaftigkeit von Kunststoff-Dichtungsbahnen

---
- 30** Technologie Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen

---
- 32** Zubehör Sikaplan® Kunststoffdichtungsbahnen

---
- 36** Schweißtechniken

---
- 37** Nahtkontrolle

---
- 38** Injektionslösungen

# Sikaplan® KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHNEN

Abdichtungssysteme für jeden Tunnel

## TUNNELBAUTEN WERDEN FÜR EINE LEBENSDAUER VON ÜBER 100 JAHREN ERSTELLT.

Dem Abdichtungssystem kommt somit eine zentrale Rolle zu und es muss hohen Anforderungen genügen. So schützt es die Tragkonstruktion, sichert den Betrieb sowie die Dauerhaftigkeit und das einwandfreie Funktionieren der technischen Installationen innerhalb des Bauwerks. Nicht nur im Betrieb sondern auch während der Bauphase muss das Abdichtungssystem unterschiedlichen chemischen und mechanischen Belastungen widerstehen.

Sika Lösungen können sowohl im Untertagebau wie auch bei Tagbautunneln oder in Stollen und Schächten eingesetzt werden. Dies bedeutet vielseitige und kompatible Lösungen für Übergänge zwischen verschiedenen Anwendungsgebieten und Bauelementen durch das richtige Zubehör. Die hochflexiblen Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen ermöglichen eine sichere Abdichtung auch unterhalb des Grundwasserspiegels und können Risse überbrücken, welche durch Setzungen oder seismische Aktivitäten entstehen. Je nach Gegebenheiten und Anforderungen können die Systeme im Ableit- oder druckwasserhaltenden Konzept ausgebildet werden.

Die Qualität der Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen entspricht den Europäischen und Schweizer Normen und wird während der Produktion permanent kontrolliert. So können die hohen Anforderungen wie auch die Dauerhaftigkeit sichergestellt werden. Über 50 Jahre Erfahrung sowie integrierte Kontrollen und Systemlösungen geben den Bauherren, Planern und Verarbeitern Vertrauen in diese Abdichtungstechnologie. Eine Tunnelabdichtung mit Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen bedeutet schnelle Installation auch auf kritischen Untergründen, hohe Qualität und Dauerhaftigkeit.

## ANWENDUNGSGEBIETE

### UNTERTAGEBAU



STRASSENTUNNEL



EISENBAHTUNNEL



DRUCKSTOLLEN



SCHÄCHTE

### TAGBAUTUNNEL



STRASSENTUNNEL



SCHUTZGALERIEN

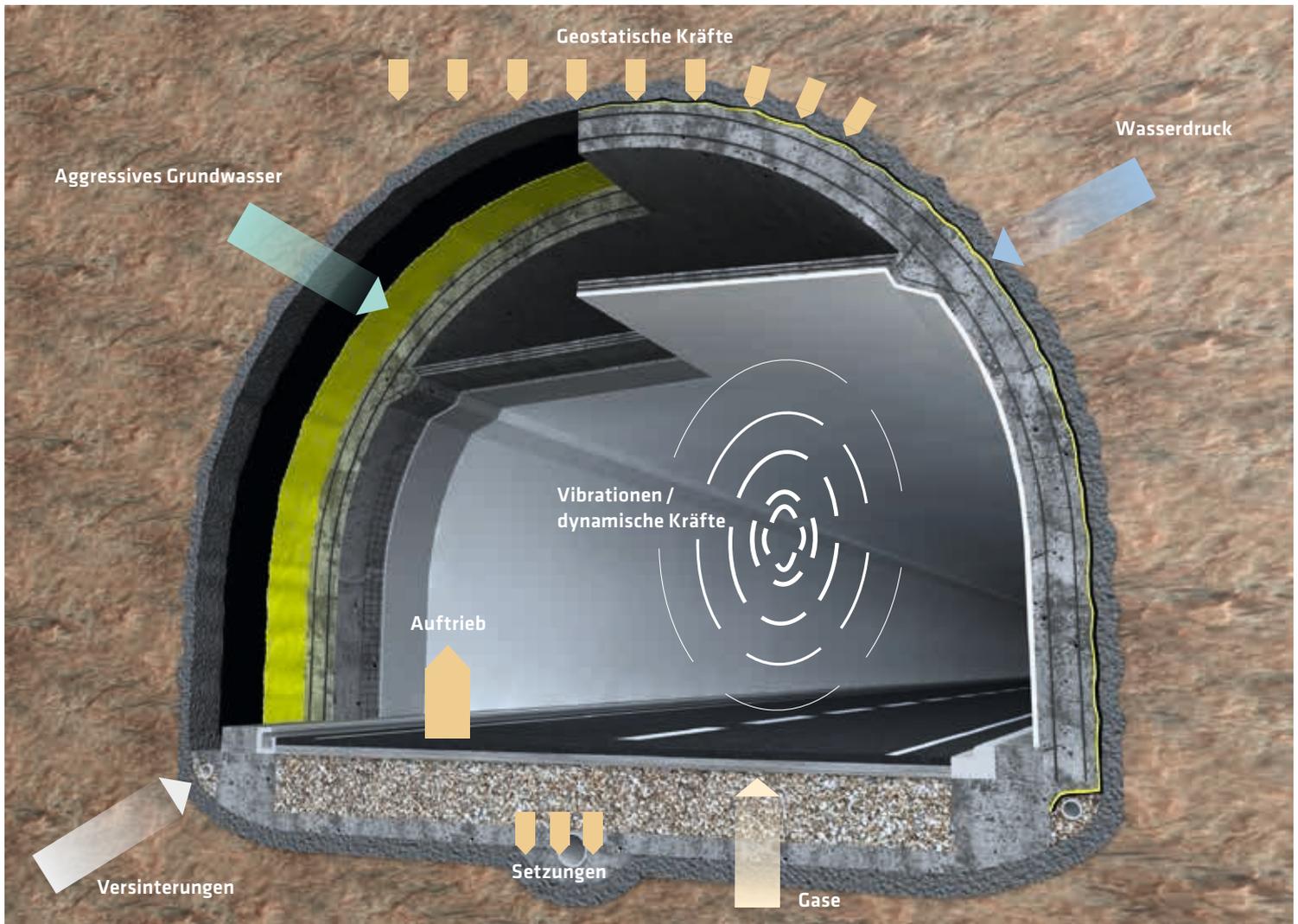


EISENBAHTUNNEL



LÜFTUNGSZENTRALEN

# BELASTUNGEN AUF TUNNELBAUTEN



Unterschiedliche Belastungen wirken auf das Tunnelbauwerk ein und können gravierende Folgen haben. Abdichtungssysteme schützen das Bauwerk vor:

Belastung	Folge
Eindringen von Wasser	→ Schäden an Konstruktion, Verkabelung und elektrischen Installationen, Korrosion der Bewehrung
Aggressiven Chemikalien	→ Betonschäden (durch Sulfateinwirkung), Korrosion der Bewehrung (durch Chlorideinwirkung)
Statischer und dynamischer Belastung	→ Risse in der Tragkonstruktion
Temperaturschwankungen	→ Kondensation, Zwängungen, Abplatzen oder Risse im Beton

# PROJEKTANFORDERUNGEN

## **DIE RICHTIGE ABDICHTUNGSSTRATEGIE WIRD DURCH FUNKTIONALITÄT, DAUERHAFTIGKEIT UND WIRTSCHAFTLICHKEIT BESTIMMT.**

Die Tunnelabdichtung hat die Aufgabe das Bauwerk vor dem Eindringen des Wassers und vor chemischen Angriffen zu schützen. Dies ist von hoher wirtschaftlicher und technischer Bedeutung. Die Anforderungen an die Dichtigkeit sind je nach Einsatzgebiet sehr hoch. Bei Tunnelbauwerken mit Verkehrsbelastung steht beispielsweise der sichere Betrieb und der Schutz der technischen Installation über die gesamte Lebensdauer im Vordergrund.

## FUNKTIONALITÄT (NUTZUNG, DICHTIGKEITSKLASSE)

Die künftige Verwendung bestimmt die Dichtigkeitsklasse eines Bauwerkes. Die Schweizer Norm SIA 270 bestimmt die Anforderungen mittels vier Dichtigkeitsklassen. Tunnelbauwerke werden mit der Anforderung der Trockenheit in der Dichtigkeitsklasse 1 oder 2 erstellt.

Dichtigkeitsklasse 1	Dichtigkeitsklasse 2	Dichtigkeitsklasse 3	Dichtigkeitsklasse 4
Vollständig trocken	Trocken bis leicht feucht	Feucht	Feucht bis nass
Keine Feuchtstellen an trockenseitigen Bauwerks-oberflächen zugelassen.	Einzelne Feuchtstellen zugelassen. Kein tropfendes Wasser an trockenseitigen Bauwerks-oberflächen zugelassen.	Örtlich begrenzte Feuchtstellen und einzelne Tropfstellen an trockenseitigen Bauwerks-oberflächen zugelassen.	Feucht- und Tropfstellen zugelassen.

## LEBENSDAUER / BESTÄNDIGKEIT

Eine Betriebsdauer von 100 Jahren und mehr wird zum Standard im Tunnelbau. Nationale und internationale Regelwerke und Richtlinien beschreiben die Materialeigenschaften von Tunnelabdichtungssystemen teilweise unter Berücksichtigung erhöhter Anforderungen an die Betriebsdauer, Gebirgsüberdeckung und Wassertemperaturen. Die Anforderungen beinhalten auch strenge Langzeit-Prüfungen wie zum Beispiel Lagerungen in warmem Wasser oder bestimmten Chemikalien. Das erste Bauwerk, welches solche Tests der Abdichtungssysteme gefordert hat, ist der NEAT Basistunnel.

### **Massgebende Regelwerke**

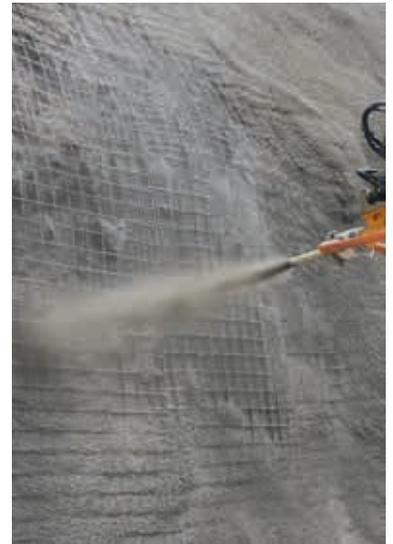
- SIA 272 – Abdichtung und Entwässerung von Bauten unter Terrain und im Untertagbau
- ÖBV-Richtlinie, Tunnelabdichtung
- VAT-Empfehlung



# UNTERKONSTRUKTION – UNTERGRUND

Spritzbeton

**SPRITZBETON WIRD OFTMALS UNTERGRUND FÜR KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHNEN VERWENDET.** Er dient nicht nur als Ausbruchssicherung, sondern füllt auch beim Ausbruch entstandene Hohlräume. Dadurch wird ein für den Einbau von Kunststoff-Dichtungsbahnen geeigneter Untergrund hergestellt. Spritzbeton weist durch seine Applikationstechnik und die Grösse der Zuschlagkörner immer eine gewisse Rauigkeit auf. Die richtige Ebenheit hingegen erfordert einen hochwertigen Beton mit aufeinander abgestimmten Inhaltsstoffen und den Auftrag durch einen erfahrenen Düsenführer. Das verwendete Material und die fachgerechte Applikation haben beide einen grossen Einfluss auf die Qualität der Oberfläche.



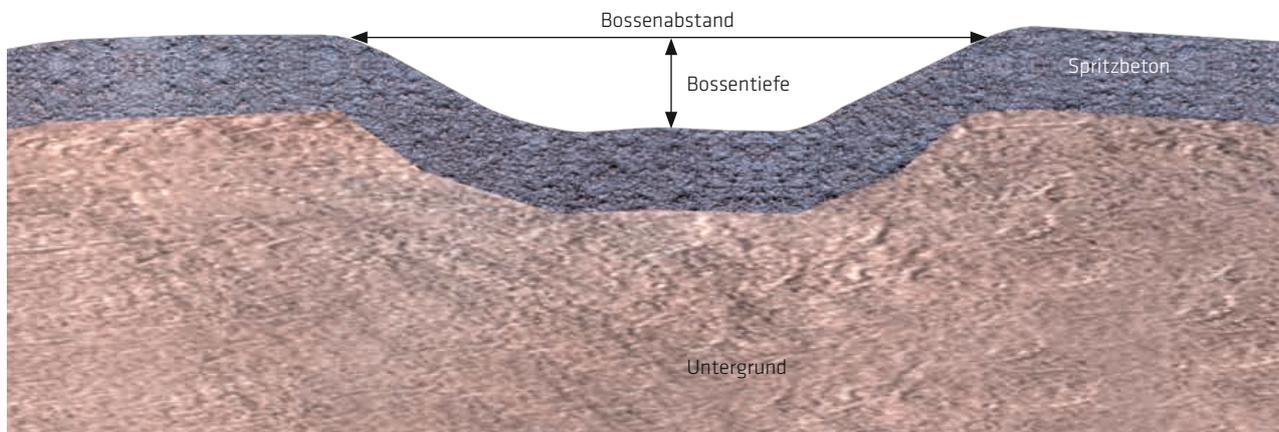
## Flexibilität der Kunststoff-Dichtungsbahn ist ausschlaggebend

**IN DER ANWENDUNG IST DIE FLEXIBILITÄT DER KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHN** ein wichtiges Element um ein Versagen des Abdichtungssystems auszuschliessen. Anforderungen an den Untergrund wie Ebenheit oder Rauigkeit stehen in direkter Abhängigkeit mit der Flexibilität.

Eine Kunststoff-Dichtungsbahn muss spannungsarm und faltenfrei verlegt werden können. Die Untergrundbeschaffenheit spielt dabei eine wichtige Rolle. Neben Festigkeit, Sauberkeit und Trockenheit, sind insbesondere Rauigkeit und Ebenheit von zentraler Bedeutung. Hochflexible Kunststoff-Dichtungsbahnen lassen sich auch auf unebenen Flächen untergrundnah verlegen. Die Ebenheit des Untergrundes ist deshalb ausschlaggebend für die Anforderung an die Flexibilität von Kunststoff-Dichtungsbahnen. Als Mass für die Ebenheit wird im Tunnelbau das Verhältnis Bossenabstand zu Bossentiefe verwendet. Je kleiner das Verhältnis, desto ebener ist der Untergrund. Als Mindestanforderung an die Ebenheit fordert die SIA 272 in Anhang B1, Tabelle 16 ein Verhältnis Bossenabstand zu Bossentiefe von  $\geq 10:1$ . Die VAT-Richtlinie

stellt alle Anforderungen in Kapitel "2 Untergrund" übersichtlich dar. Zudem wird darauf verwiesen, dass bei hohem Wasserdruck das Verhältnis Bossenabstand zu Bossentiefe auf  $\geq 20:1$  zu erhöhen ist. Der Elastizitätsmodul  $E_{1-2}$  hingegen ist ein Mass für die Flexibilität der Abdichtungsbahn. Je kleiner der E-Modul ist, desto flexibler ist die Abdichtung.

Schlechte Schweißnähte sind häufig Schwachstellen im Abdichtungssystem. Hier schafft der Einsatz hochflexibler Kunststoff-Dichtungsbahnen Abhilfe. Die Abdichtungsbahn liegt näher auf den Unebenheiten des Untergrundes auf, wodurch Automaten- und Handschweißungen vereinfacht und zudem direkte Spannungen auf die Nähte minimiert werden.



### Anforderungen an die Flexibilität von Kunststoff-Dichtungsbahnen in Abhängigkeit der Ebenheit von Spritzbetonuntergründen

Materialtyp	PVC-P (Sikaplan® WP)	FPO (Sikaplan® WT)
Abschnitt Elastizitätsmodul $E_{1,2}$ nach ISO 527	$\leq 20 \text{ N/mm}^2$	$\leq 65 \text{ N/mm}^2$
Ebenheit des Spritzbetons (Bossenabstand : Bossentiefe)	$\approx 5:1$ bis $10:1$	$\approx 10:1$ bis $20:1$

# ABDICHTUNGSKONZEPTE UND -SYSTEME

Tunnelbauwerke werden seit Jahrzehnten erfolgreich mit Kunststoff-Dichtungsbahnen sowohl im Ableit- als auch im Verdrängungskonzept abgedichtet. Wichtig ist jedoch nicht nur die Materialwahl der Dichtungsbahn sondern auch der Systemgedanke. Stösse, Anschlüsse, Abschottungen und Durchdringungen müssen systemgerecht ausgeführt werden. Die verwendeten Baustoffe müssen kompatibel sein und den Anforderungen der Konstruktion und Nutzung genügen.



## Ableitkonzept Tagbau

**Vollflächig verklebte Kunststoff-Dichtungsbahn (KDB mit Verbund)**

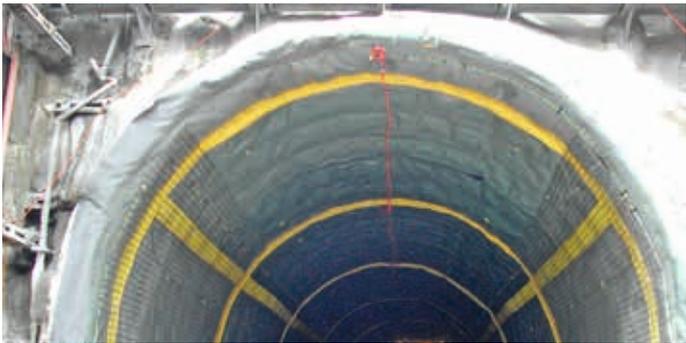
## Ableitkonzept Untertag

**Drainiertes System**

<b>Beschreibung</b>	<b>Vollflächig verklebt mit oder ohne Drainage, 1-lagig</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Als Abdichtung gegen Feuchtigkeit, Sicker- und Grundwasser, wie auch Wasser unter hydrostatischem Druck</li> <li>■ Durch die vollflächige Verklebung ist das System hinterlaufsicher, allfällige Leckagen können lokal zugeordnet werden</li> </ul>	<b>Lose verlegt, mit Drainage, ohne Abschottungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Als Abdichtung gegen Feuchtigkeit, Sicker- und Grundwasser</li> <li>■ Zur Vorbeugung von Wasserdruck ist ein Entwässerungssystem erforderlich</li> </ul>
<b>Wasserdruck</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Drückendes Wasser (geringer Wasserdruck)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kein Druck zulässig</li> </ul>
<b>Drainage- und Entwässerungssystem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Drainagematten oder Rundkies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Sikaplan® WP Drainagewinkel</b></li> <li>■ <b>Sikaplan® W Tundrain</b> oder Drainagematten</li> <li>■ <b>FlexoDrain W</b> (lokale Untergrundentwässerung)</li> </ul>
<b>Trennlage auf Untergrund</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ System wird vollflächig aufgeklebt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Keine</li> </ul>
<b>Befestigung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>SikaForce® 7720 L 105</b> - Polyurethanklebstoff</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Sikaplan® WP / WT Disc</b></li> <li>■ Hotmelt-Klebesystem</li> <li>■ Klettsystem</li> </ul>
<b>Abdichtung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Sikaplan WT 1200</b> (oberflächenmodifiziert)</li> <li>■ <b>Sikaplan WP 2110</b></li> <li>■ <b>Sikaplan WP 2101</b> (erhöhte Anforderungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Sikaplan® WT 2200</b></li> <li>■ <b>Sikaplan® WP 2110*</b></li> <li>■ <b>Sikaplan® WP 2101</b> (erhöhte Anforderungen)</li> </ul>
<b>Dicke</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>\geq 2 \text{ mm} / \geq 3 \text{ mm}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>\geq 2 \text{ mm} / \geq 3 \text{ mm}</math></li> </ul>
<b>Lagen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1-lagig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1-lagig (mit Abschottungen)</li> </ul>
<b>Schutzlagen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Sikaplan® WP / WT Protection Sheet</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Sikaplan® WP / WT Protection Sheet</b></li> </ul>
<b>Zusatzmassnahmen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Sika® Dilatec System</b> (PVC-P)</li> <li>■ <b>Sikaplan® WT Tape</b> (TPO)</li> <li>■ <b>Sika® Fugenbänder</b> (TPO / PVC-P)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Sika® Dilatec System</b> (PVC-P)</li> <li>■ <b>Sikaplan® WT Tape</b> (TPO)</li> <li>■ <b>Sika® Fugenbänder</b> (TPO / PVC-P)</li> </ul>

Sikaplan® WP: Sortiment auf der Basis von PVC-P

Sikaplan® WT: Sortiment auf der Basis von flexiblen Polyolefinen (TPO / FPO)



## Verdrängungskonzepte Untertag

### Rundumabdichtung – hinterlegtes System

#### Lose verlegt, ohne Drainage, 1-lagig, mit Abschottungen

- Als Abdichtung gegen Wasser unter hydrostatischem Druck
- Vor dem Anstieg des Wasserspiegels werden die Sika® Fugenbänder mit Sika® Injection-201 CE ausinjiziert und danach die abgeschotteten Felder mit Zementsuspension hinterlegt.

- Drückendes Wasser (geringer Wasserdruck)

- **FlexoDrain W** (lokale Untergrundentwässerung)
- Keine Flächendrainage

#### ■ Sika® W Felt

- **Sikaplan® WP / WT Disc**
- Hotmelt-Klebesystem
- Klettsystem

#### ■ Sika® WT 2200

- **Sikaplan® WP 2110**
- **Sikaplan® WP 2101** (erhöhte Anforderungen)

- $\geq 3$  mm

- 1-lagig mit Abschottungen

#### ■ Sika® WP / WT Protection Sheet

- **Sika® Fugenbänder** mit integrierten Injektionskanälen (TPO / PVC-P)
- **Sikaplan® WP / WT** Injektionsstutzen
- **Sika® Dilatec System** (PVC-P)
- **Sikaplan® WT Tape** (TPO)

### Rundumabdichtung – Active Control System

#### Lose verlegt, ohne Drainage, 2-lagig, mit Abschottungen

- Als Abdichtung gegen Wasser unter hydrostatischem Druck
- Hohe Sicherheit durch Leckerkennung im Abdichtungssystem auch während der Bauphase
- Abgeschottete Felder können im Bedarfsfall ausinjiziert werden

- Drückendes Wasser (hoher Wasserdruck)

- **FlexoDrain W** (lokale Untergrundentwässerung)
- Keine Flächendrainage

#### ■ Sika® W Felt

- **Sikaplan® WT Disc**
- Hotmelt-Klebesystem
- Klettsystem

#### ■ Sika® WT 2200

- **Sikaplan® WT 2220** (mit Noppenprägung)

- $\geq 3$  mm und  $\geq 2$  mm (mit Noppenprägung)

- 2-lagig mit Abschottungen

#### ■ Sika® WT Protection Sheet

- **Sika® Fugenbänder** mit integrierten Injektionskanälen (TPO)
- **Sikaplan® WP / WT** Prüf- und Injektionsstutzen
- **Sikaplan® WT Tape** (TPO)



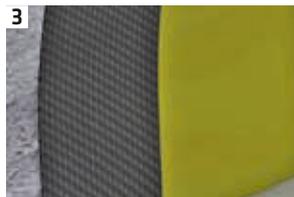
SYSTEM	Sikaplan® WP 2110 / 1100	Sikaplan® WP 2101	Sikaplan® WT 2200
<b>BESCHREIBUNG</b>	Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC-P mit Signalschicht Dicke ≥ 2 mm	Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC-P mit erhöhter chemischer Beständigkeit und Signalschicht Dicke ≥ 2 mm	Kunststoff-Dichtungsbahn aus flexiblen Polyolefinen (FPO) mit Signalschicht Dicke ≥ 2 mm
<b>NUTZEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Nach Bedarf erhöhte Brandbeständigkeit BKZ 5.1 (VKF)</li> <li>■ Einfache Verlegung / Fügetechnik</li> <li>■ Wirtschaftlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geeignet für den Einsatz bei Temperaturen bis 50°C</li> <li>■ Hohe chemische Beständigkeit</li> <li>■ Einfache Verlegung / Fügetechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Gute chemische und thermische Beständigkeit</li> </ul>



**1 Spritzbeton**  
Wird zur Ausbruchssicherung und zum Ebenen des Untergrundes aufgebracht. Mit Sigunit® Beschleunigern wird eine hohe Frühfestigkeit erreicht.



**2 FlexoDrain W**  
Zur lokalen Entwässerung von Tunnelflächen werden Kunststoff-Halbschalen auf dem Untergrund befestigt und mit Spritzbeton überdeckt.



**3 Sikaplan® W Tundrain**  
Flächiges Drainagesystem zum Ableiten des Wassers.



**4 Sikaplan® WP / WT**  
Hochwertige Kunststoff-Dichtungsbahnen auf der Basis von PVC-P resp. (FPO) gewährleisten eine dauerhafte Abdichtung.



**5 Sikaplan® WP Drainagewinkel**  
Ermöglicht einen wirtschaftlichen Einbau von Sickerkies und lässt sich gut mit den Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen verbinden.



**6 Sikaplan® WP/WT Protection Sheet**  
Die Schutzbahn schützt die Kunststoff-Dichtungsbahn vor mechanischen Verletzungen im Bereich der Abschalung bei Blockfugen sowie im bewehrten Bereich bei Nischen, Querschlägen, Zwischendecken, usw.

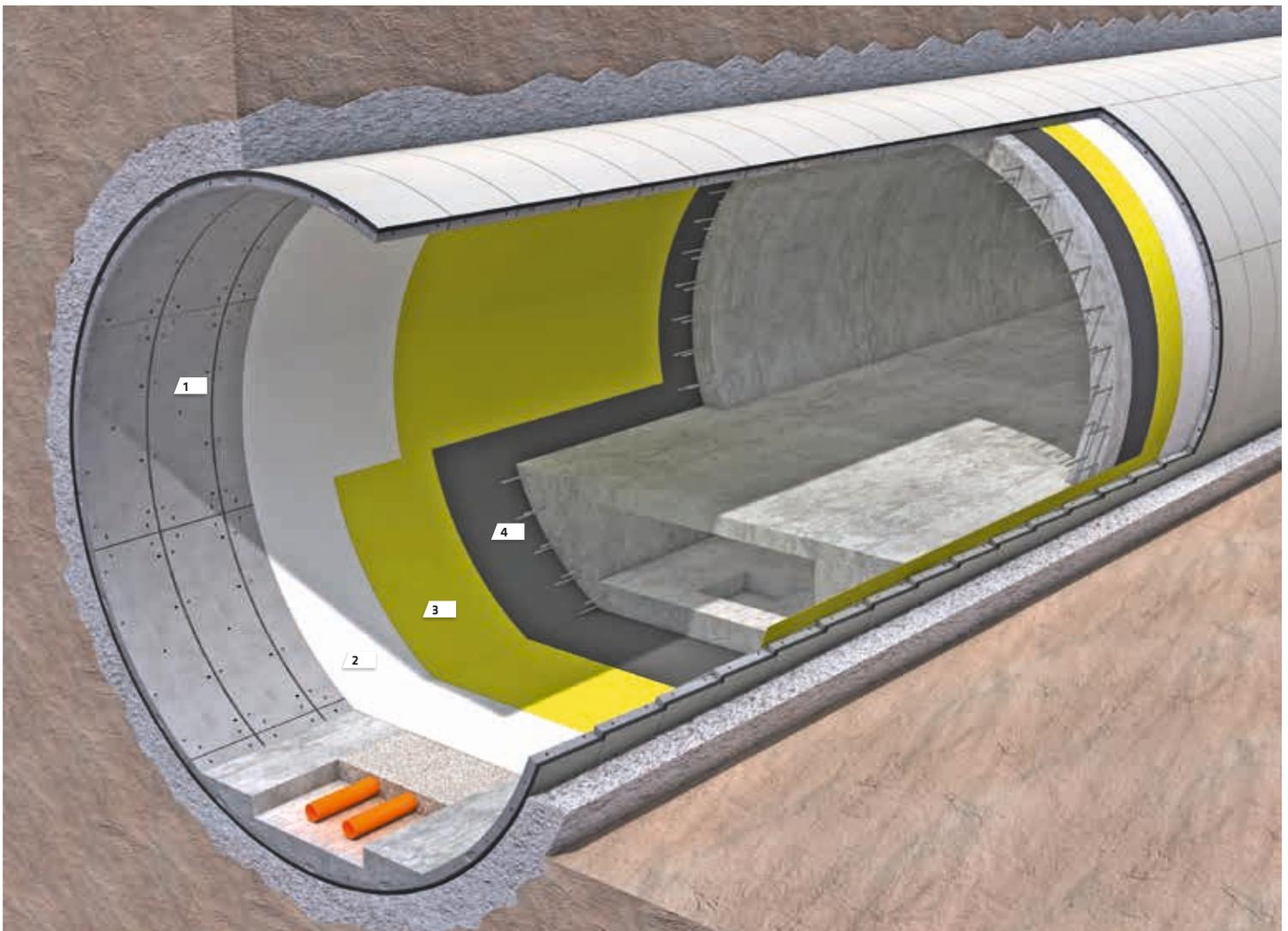


**7 Betoninnenring**  
Anforderungen an Konsistenz, Stabilität und Frühfestigkeit können mit Einsatz von Sika® ViscoCrete® und Sikament® Zusatzmitteln gesteuert werden.

# UNTERTAGEBAU – ABLEITKONZEPT

Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen auf Tübbing

**TÜBBINGE WERDEN OFT ALS SCHUTZSCHILD FÜR STABILITÄT UND GEGEN BERGVERFORMUNGEN EINGESETZT.** Eine Möglichkeit im Tunnelausbau besteht mit der Hinterfüllung von Tübbingelementen mit Rundkies als Drainagesystem. So wird das anfallende Wasser abgeleitet und kein Wasserdruck aufgebaut. Dabei bildet der Tübbing den Untergrund für die Abdichtung.



SYSTEM	Sikaplan® WP 2110 / 1100	Sikaplan® WP 2101	Sikaplan® WT 2200
<b>BESCHREIBUNG</b>	Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC-P mit Signalschicht Dicke ≥ 2 oder ≥ 3 mm	Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC-P mit erhöhter chemischer Beständigkeit und Signalschicht Dicke ≥ 2 mm	Kunststoff-Dichtungsbahn aus flexiblen Polyolefinen (FPO) mit Signalschicht Dicke ≥ 2 mm
<b>NUTZEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Nach Bedarf erhöhte Brandbeständigkeit BKZ 5.1 (VKF)</li> <li>■ Einfache Verlegung / Fügetechnik</li> <li>■ Wirtschaftlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geeignet für den Einsatz bei Temperaturen bis 50°C</li> <li>■ Hohe chemische Beständigkeit</li> <li>■ Einfache Verlegung / Fügetechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Gute chemische und thermische Beständigkeit</li> </ul>



#### **Tübbing**

Die vorgefertigten Betonelemente dienen zur Aussteifung des Tunnels. Die erforderlichen Betoneigenschaften hinsichtlich Umweltbedingungen und Verarbeitung werden durch Betonzusatzmittel wie Sika® ViscoCrete® erreicht.



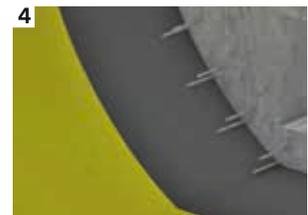
#### **Sikaplan® W Felt**

Das Geotextil schützt die Kunststoff-Dichtungsbahn vor lokalen Spannungsspitzen, welche bedingt durch Unebenheiten im Untergrund entstehen.



#### **Sikaplan® WP / WT**

Hochwertige Kunststoff-Dichtungsbahnen auf der Basis von PVC-P resp. flexiblen Polyolefinen (FPO) gewährleisten eine dauerhafte Abdichtung.



#### **Sikaplan® WP / WT Protection Sheet**

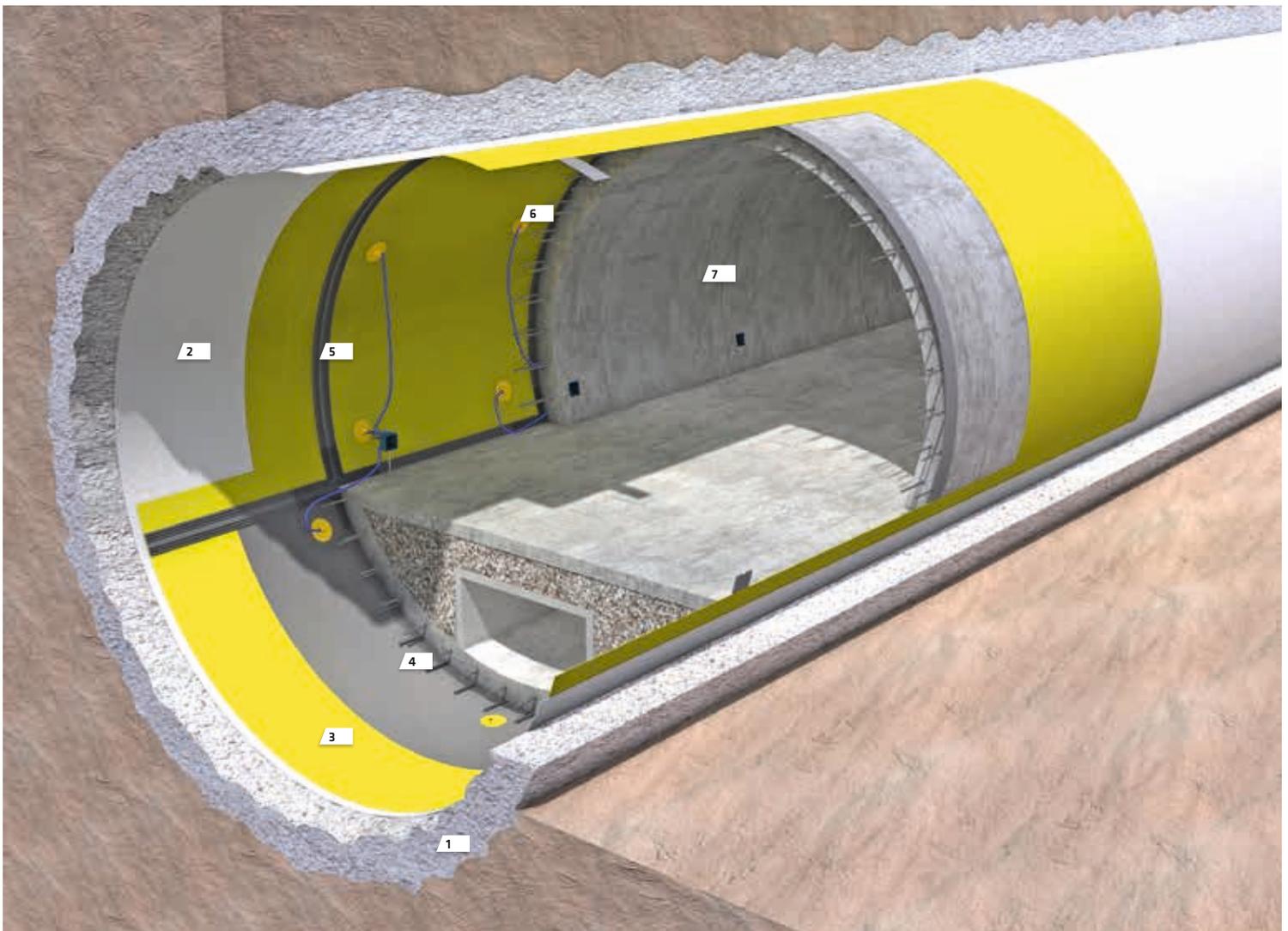
Die Schutzbahn schützt die Kunststoff-Dichtungsbahnen vor mechanischen Verletzungen während des Einbaus an exponierten Stellen wie bewehrte Bauteile, Bereich der Stirnschalung etc.

# UNTERTAGEBAU – VERDRÄNGUNGSKONZEPT

1-Lagen-System mit Abschottung und Hinterlegung mit Sikaplan®  
Kunststoff-Dichtungsbahnen

## **IM VERDRÄNGUNGSKONZEPT WIRD DAS BERGWASSER NICHT ABGELEITET.**

Das hinterlegte System wird bei niedrigen Wasserdrücken eingesetzt. Es zeichnet sich durch gezielte Abschottungen mit Sika® Fugenbändern sowie einer erhöhten Sicherheit durch die Hinterlegung aus. Vor dem Anstieg des Wasserspiegels werden zuerst die Fugenbänder und Schläuche mit einem Injektionsgut (z.B. Sika® Injection-201 CE) ausinjiziert. Danach werden die abgeschotteten Felder mit Zementsuspension hinterlegt.



SYSTEM	Sikaplan WP 2110 / 1100	Sikaplan® WP 2101	Sikaplan® WT 2200
<b>BESCHREIBUNG</b>	Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC-P mit Signalschicht Dicke ≥ 3 mm	Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC-P mit erhöhter chemischer Beständigkeit und Signalschicht Dicke ≥ 3 mm	Kunststoff-Dichtungsbahn aus flexiblen Polyolefinen (FPO) mit Signalschicht Dicke ≥ 3 mm
<b>NUTZEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Nach Bedarf erhöhte Brandbeständigkeit BKZ 5.1 (VKF)</li> <li>■ Einfache Verlegung / Fügetechnik</li> <li>■ Wirtschaftlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geeignet für den Einsatz bei Temperaturen bis 50°C</li> <li>■ Hohe chemische Beständigkeit</li> <li>■ Einfache Verlegung / Fügetechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Gute chemische und thermische Beständigkeit</li> </ul>



**1 Spritzbeton**  
Wird zur Ausbruchssicherung und zum Ebenen des Untergrundes aufgebracht. Mit Sigunit® Beschleunigern wird eine hohe Frühfestigkeit erreicht.



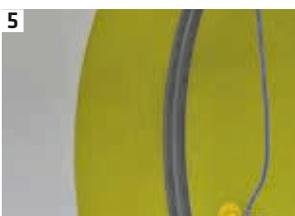
**2 Sikaplan® W Felt**  
Das Geotextil schützt die Kunststoff-Dichtungsbahn vor lokalen Spannungsspitzen, welche bedingt durch Unebenheiten im Untergrund entstehen.



**3 Sikaplan® WP / WT**  
Hochwertige Kunststoff-Dichtungsbahnen auf der Basis von PVC-P resp. flexiblen Polyolefinen (FPO) gewährleisten eine dauerhafte Abdichtung.



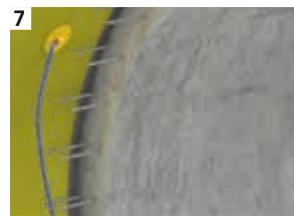
**4 Sikaplan® WP / WT Protection Sheet**  
Die Schutzbahn schützt die Kunststoff-Dichtungsbahnen vor mechanischen Verletzungen während des Einbaus an exponierten Stellen wie bei bewehrten Bauteilen, im Bereich der Stirnschalung etc.



**5 Sika® Fugenband WP / WT**  
Die Fugenbänder ermöglichen die Unterteilung der Abdichtung in abgeschottete Felder. Vor dem Anstieg des Wasserspiegels werden die Sika® Fugenbänder mit Sika® Injection-201 CE ausinjiziert und danach die abgeschotteten Felder mit Zementsuspension hinterlegt.



**6 Sikaplan® WP / WT Control Socket**  
Die injektionsstutzen ermöglichen eine gezielte Injektion zwischen der Schutzbahn, dem Betoninnenring und der Kunststoffdichtungsbahn.

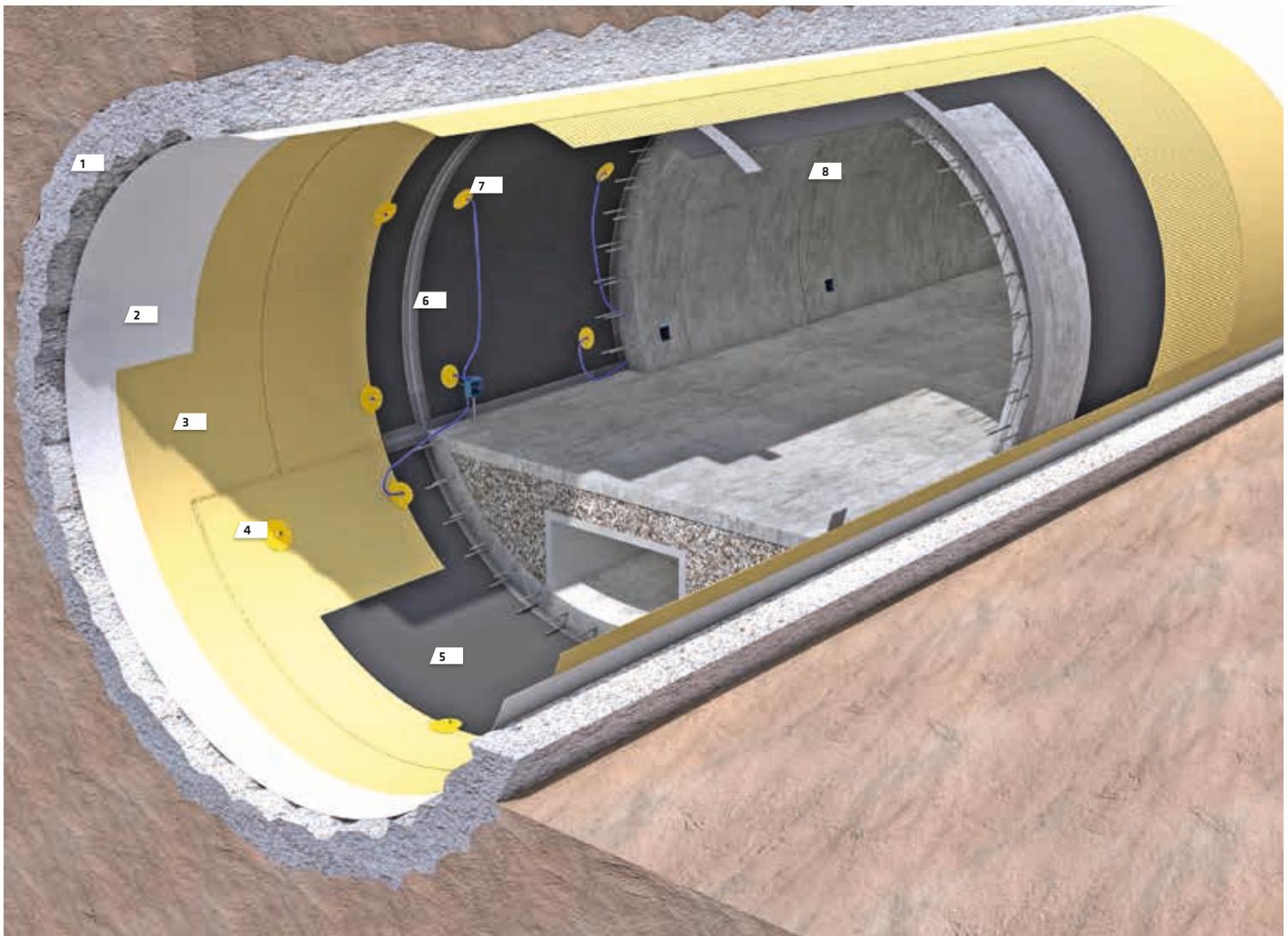


**7 Betoninnenring**  
Anforderungen an Konsistenz, Stabilität und Frühfestigkeit können mit Einsatz von Sika® ViscoCrete® und Sikament® Zusatzmitteln gesteuert werden.

# UNTERTAGEBAU – VERDRÄNGUNGSKONZEPT

Active Control System mit Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen

**BEIM VERDRÄNGUNGSKONZEPT MUSS DAS ABDICHTUNGSSYSTEM AUF DEN VOLLEN HYDROSTATISCHEN DRUCK BEMESSEN WERDEN.** Das Sika® Active Control System besteht aus einer doppelagigen Abdichtung. Durch den Einsatz von Injektionssystemen können Abschottungsfelder vor dem Betonieren mit Vakuum geprüft und bei allfälligen Undichtigkeiten nachträglich injiziert werden. Fugenbänder ermöglichen die Unterteilung der Abdichtung in Abschottungsfelder. Das Sika® Active Control System erfüllt die höchsten Anforderungen an Dichtigkeit und Sicherheit auch bei hohen Wasserdrücken.



**SYSTEM** Sikaplan® WT 2200-31HL2 / Sikaplan® WT 2220-25HLE

**BESCHREIBUNG** Kunststoff-Dichtungsbahn aus flexiblen Polyolefinen (FPO) mit Signalschicht und Noppenprägung mit einer Dicke von  $\geq 3$  mm resp. 2.5 mm

- NUTZEN**
- Langzeiterfahrung
  - Gute chemische und thermische Beständigkeit
  - Vakuumprüfung
  - Gezielte Injektion zwischen zwei Kunststoff-Dichtungsbahnen



**Spritzbeton**  
Wird zur Ausbruchssicherung und zum Ebenen des Untergrundes aufgebracht. Mit Sigunit® Beschleunigern wird eine hohe Frühfestigkeit erreicht.



**Sikaplan® W Felt**  
Das Geotextil schützt die Kunststoff-Dichtungsbahn vor lokalen Spannungsspitzen, welche bedingt durch Unebenheiten im Untergrund entstehen.



**Sikaplan® WT – erste Lage**  
Die  $\geq 3$  mm dicke Abdichtungsschicht schützt die Konstruktion gegen chemisch aggressives Grundwasser.



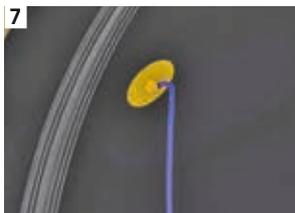
**Sikaplan® WT mit Prägung – zweite Lage**  
Die Prägung der Kunststoff-Dichtungsbahn stellt die dauerhafte Prüfung durch Vakuum unter dem gegebenen Berg- und Wasserdruck sicher.



**Sikaplan® WT Protection Sheet**  
Die Schutzbahn schützt die Kunststoff-Dichtungsbahnen vor mechanischen Verletzungen während des Einbaus an exponierten Stellen wie bei bewehrten Bauteilen, im Bereich der Stirnschalung, der Sohle sowie bei Blockfugen.



**Sika® Fugenband WP/WT**  
Die Fugenbänder ermöglichen die Unterteilung der Abdichtung in abgeschottete Felder. Die Abschottungsfelder können bei Leckagen gezielt nachinjiziert werden. Die Sika® Fugenbänder sind mit Injektionskanälen ausgestattet.



**Sikaplan® WT Control Socket**  
Dicht auf die zweite Abdichtungslage aufgeschweisst, kann die Dichtigkeit der einzelnen Abschottungsfelder durch Vakuum vor und nach der Betonage des Innenrings geprüft werden. Die Möglichkeit einer nachträglichen Injektion ist gewährleistet.



**Betoninnenring**  
Anforderungen an Konsistenz, Stabilität und Frühfestigkeit können mit Einsatz von Sika® ViscoCrete® und Sikament® Zusatzmitteln gesteuert werden.

# UNTERTAGEBAU – SPRITZBETONINNENRING

**DIE INNENSCHALE IST DIE TRAGENDE UND DAUERHAFTE BETONAUSKLEIDUNG EINES TUNNELBAUWERKES.** Ihre endgültige Beschaffenheit hängt vom gewählten Bauverfahren ab. In den meisten Fällen wird der Betoninnenring mit geschalter Tunnelinnenschale in Ortbetonbauweise erstellt. Bei kurzen Tunneln oder Änderungen im Tunnelquerschnitt (Verbreiterungsabschnitte, Querverbindungen etc.) sind massgeschneiderte Schalungen aufwändig und kostenintensiv. In solchen Fällen kann durch eine Spritzbetoninnenschale die Komplexität der Bauarbeiten vermindert sowie eine Kosteneinsparung erreicht werden, weil keine Sonderschalung benötigt wird.

Durch gezielten Einsatz von Sika® ViscoCrete® SC-403 Zusatzmitteln und einer Verstärkung mit SikaFiber® kann der tragende Innenring mit Spritzbeton ausgeführt werden. Der Spritzbeton haftet nicht auf der glatten Abdichtung mit Kunststoff-Dichtungsbahnen. Aus diesem Grund muss ein Stahlnetz über der Abdichtung montiert werden, welches die statische Last des frischen Betons übernimmt und den Rück-

prall reduziert. Für die Verankerung des Netzes sind Befestigungsanker durch die Abdichtung hindurch zu setzen. Diese müssen zwingend im System wieder abgedichtet werden. Eine Abdichtung kann durch das BA Ankersystem oder den Sikaplan® Trumpet Flansch erfolgen.

## BA ANKER SYSTEM

Der BA Anker ist eine Hart-PVC-Hülse mit Flansch und werkseitig aufgeschweisster Sikaplan® WT oder Sikaplan® WP Kunststoff-Dichtungsbahn. Er ermöglicht ein durchdringungsfreies Anschliessen auf die flächige Abdichtung der Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahn. Dabei wird die Abdichtungsebene nicht mehr vom Anker durchbrochen, sondern mit dem gleichen Material wie die Abdichtung um diesen herumgeführt.

## Sikaplan® WP / WT Trumpet Flange

Der Sikaplan® WP / WT Trumpet Flange ermöglicht das Abdichten der Befestigungsanker des Stahlnetzes respektive der Spritzbetonarmierung mittels Flansch und Bride. Der Trompetenflansch kann direkt mit der Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahn verschweisst werden. Geeignet für Wasserdrücke bis 1.5 bar.





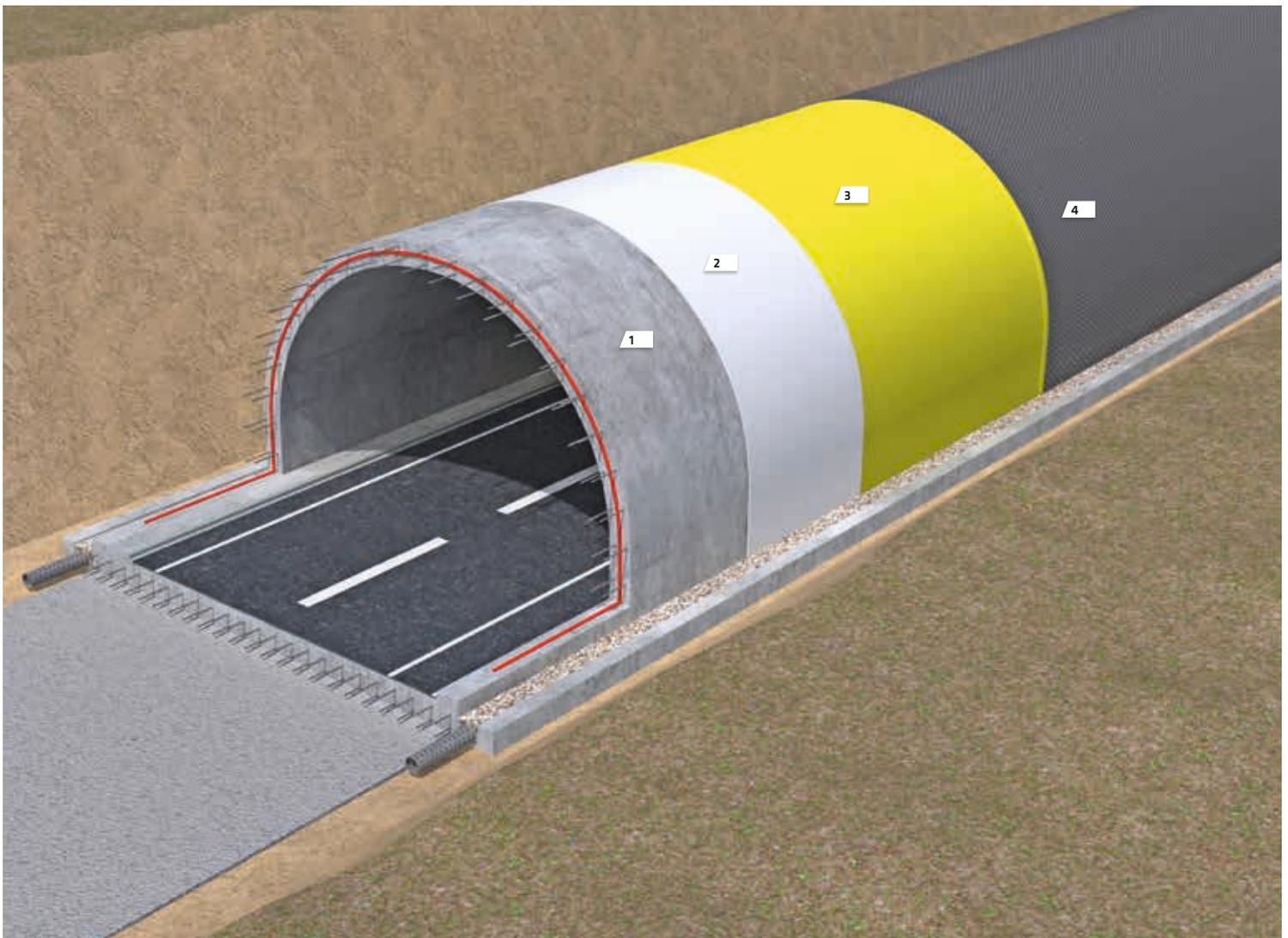
Umfahrungstunnel Lungern (CH), gespritzte zweite Auskleidung über dem Sikaplan® WP Dichtungssystem in einem Verbreiterungsabschnitt, Stahlgewebe-Durchdringung, abgedichtet mit Sikaplan® WP Trumpet Flansch.

# TAGBAUTUNNEL – ABLEITKONZEPT

Drainiertes System mit Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen

**BEI TAGBAUTUNNELN WIRD DAS WASSER ÜBER EINE LOSE, EINLAGIG VERLEGTE KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHN ZUR DRAINAGELEITUNG GEFÜHRT.**

Als Drainage kann je nach Anforderung Rundkies oder eine Drainagebahn verwendet werden. Wichtig ist, dass die Abdichtungsschicht ausreichend vor mechanischen Verletzungen geschützt und das anfallende Wasser abgeleitet wird.



SYSTEM	Sikaplan® WP 2110 / 1100	Sikaplan® WT 1200
<b>BESCHREIBUNG</b>	Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC-P mit Signalschicht Dicke ≥ 2 oder ≥ 3 mm	Glasvliesarmierte Kunststoff-Dichtungsbahn aus flexiblen Polyolefinen (FPO) Dicke ≥ 2 oder ≥ 3 mm
<b>NUTZEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Nach Bedarf erhöhte Brandbeständigkeit BKZ 5.1 (VKF)</li> <li>■ Einfache Verlegung / Fügetechnik</li> <li>■ Wirtschaftlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Gute chemische und thermische Beständigkeit</li> <li>■ Durch Glasvliesarmierung kein Verzug infolge Sonneneinstrahlung während des Einbaus</li> </ul>



**1**  
**Konstruktionsbeton**  
Anforderungen an Konsistenz, Stabilität und Frühfestigkeit können mit Einsatz von Sika® ViscoCrete® und Sikament® Zusatzmitteln gesteuert werden.



**2**  
**Sikaplan® W Felt**  
Das Geotextil schützt die Kunststoff-Dichtungsbahn vor lokalen Spannungsspitzen bedingt durch Unebenheiten im Untergrund.



**3**  
**Sikaplan® WP / WT**  
Hochwertige Kunststoff-Dichtungsbahnen auf der Basis von PVC-P resp. flexiblen Polyolefinen (FPO) gewährleisten eine dauerhafte Abdichtung.



**4**  
**Sikaplan® WT Protection Sheet**  
Die Schutzbahn schützt die Kunststoff-Dichtungsbahn vor mechanischen Verletzungen, welche durch die Hinterfüllung verursacht werden.

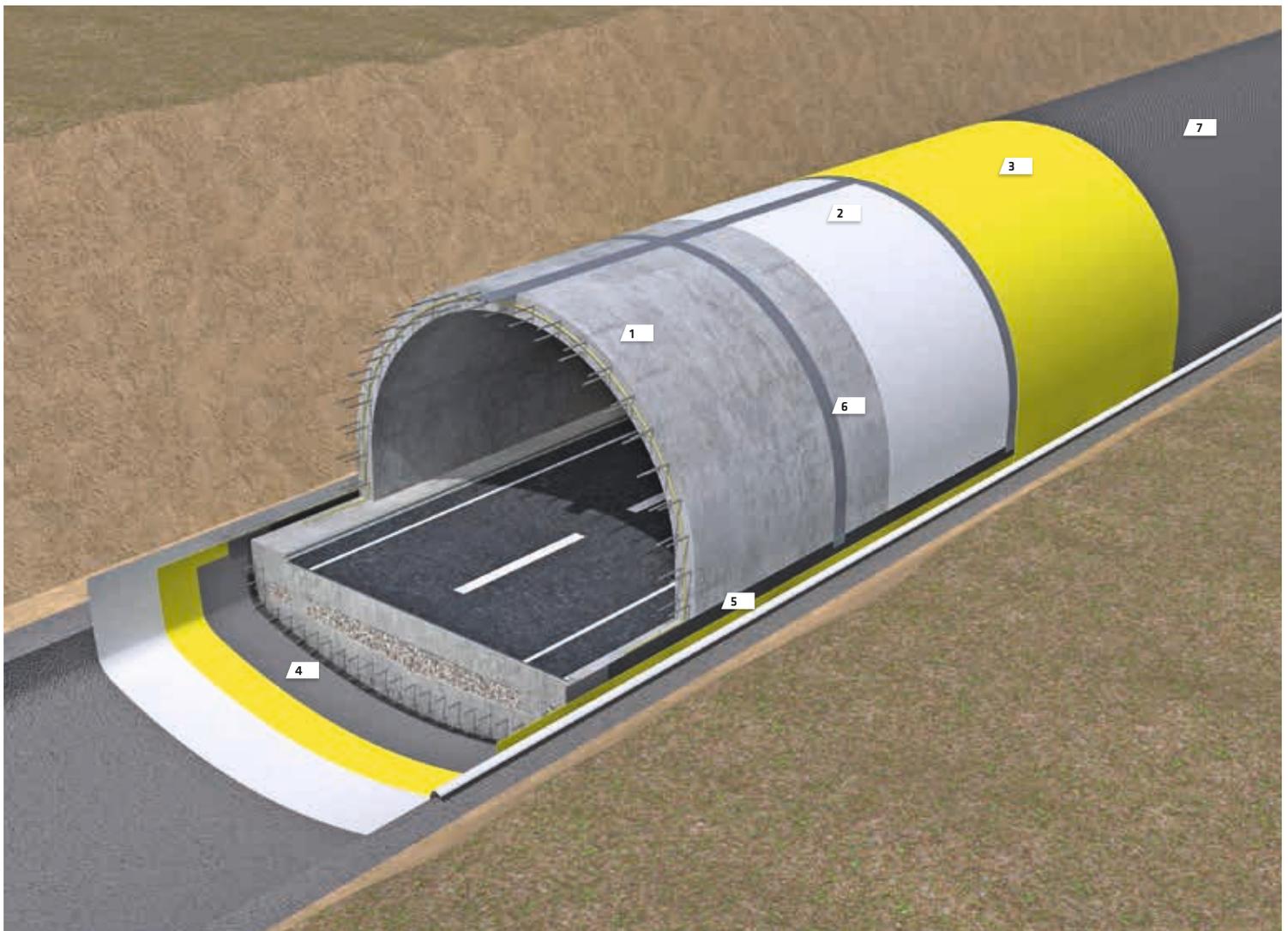


**Optional:**  
**Sika® Dilatec System / Sikaplan® WT Tape**  
Kunststoffbänder werden oft über der Blockfuge verklebt und mit der Kunststoff-Dichtungsbahn als Abschottung verschweisst. Als Abschlussband im Bereich der Drainageleitung.

# TAGBAUTUNNEL – VERDRÄNGUNGSKONZEPT

Rundumabdichtung mit Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen

**AUCH BEI TAGBAUTUNNELN KÖNNEN DRUCKWASSERHALTENDE KONZEPTE UMGESETZT WERDEN.** Das Bauwerk wird dabei rundum einlagig mit einer 3 mm dicken Kunststoff-Dichtungsbahn abgedichtet. Durch gezielte Abschottungen mit Sika® Fugenbändern und verklebten Sika Kunststoffbändern im Bereich der Sohle, kann eine allfällige Undichtigkeit lokalisiert und mit Injektionen nachgedichtet werden. Im Verdrängungskonzept wird das Bergwasser nicht abgeleitet. Das Abdichtungssystem muss dem anfallenden Druck widerstehen.



SYSTEM	Sikaplan® WP 2110 / 1100	Sikaplan® WT 1200
<b>BESCHREIBUNG</b>	Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC-P mit Signalschicht Dicke ≥ 3 mm	Glasvliesarmierte Kunststoff-Dichtungsbahn aus flexiblen Polyolefinen (FPO) Dicke ≥ 3 mm
<b>NUTZEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Nach Bedarf erhöhte Brandbeständigkeit BKZ 5.1 (VKF)</li> <li>■ Einfache Verlegung / Fügetechnik</li> <li>■ Wirtschaftlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Gute chemische und thermische Beständigkeit</li> <li>■ Durch Glasvliesarmierung kein Verzug infolge Sonneneinstrahlung während des Einbaus</li> </ul>



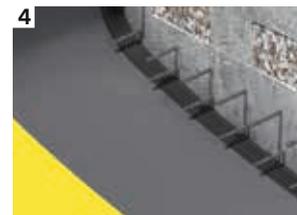
**1**  
**Konstruktionsbeton**  
Anforderungen an Konsistenz, Stabilität und Frühfestigkeit können mit Einsatz von Sika® ViscoCrete® und Sikament® Zusatzmitteln gesteuert werden.



**2**  
**Sikaplan® W Felt**  
Das Geotextil schützt die Kunststoff-Dichtungsbahn vor lokalen Spannungsspitzen bedingt durch Unebenheiten im Untergrund.



**3**  
**Sikaplan® WP / WT**  
Hochwertige Kunststoff-Dichtungsbahnen auf der Basis von PVC-P resp. flexiblen Polyolefinen (FPO) gewährleisten eine dauerhafte Abdichtung.



**4**  
**Sikaplan® WT Protection Sheet**  
Die Schutzbahn schützt die Kunststoff-Dichtungsbahnen vor mechanischen Verletzungen, welche durch die Sohlenarmierung verursacht werden.



**5**  
**Sika® Fugenbänder WP / WT**  
Die Fugenbänder ermöglichen die Unterteilung der Abdichtung im Bereich der Sohle in abgeschottete Felder. Die Abschottungsfelder können bei Leckagen gezielt nachinjiziert werden. Die Sika® Fugenbänder sind mit Injektionskanälen ausgestattet.



**6**  
**Sika® Dilatec System / Sikaplan® WT Tape**  
Kunststoffbänder werden oft über der Blockfuge verklebt und mit der Kunststoff-Dichtungsbahn als Abschottung verschweisst. Als Abschlussband im Bereich der Drainageleitung.



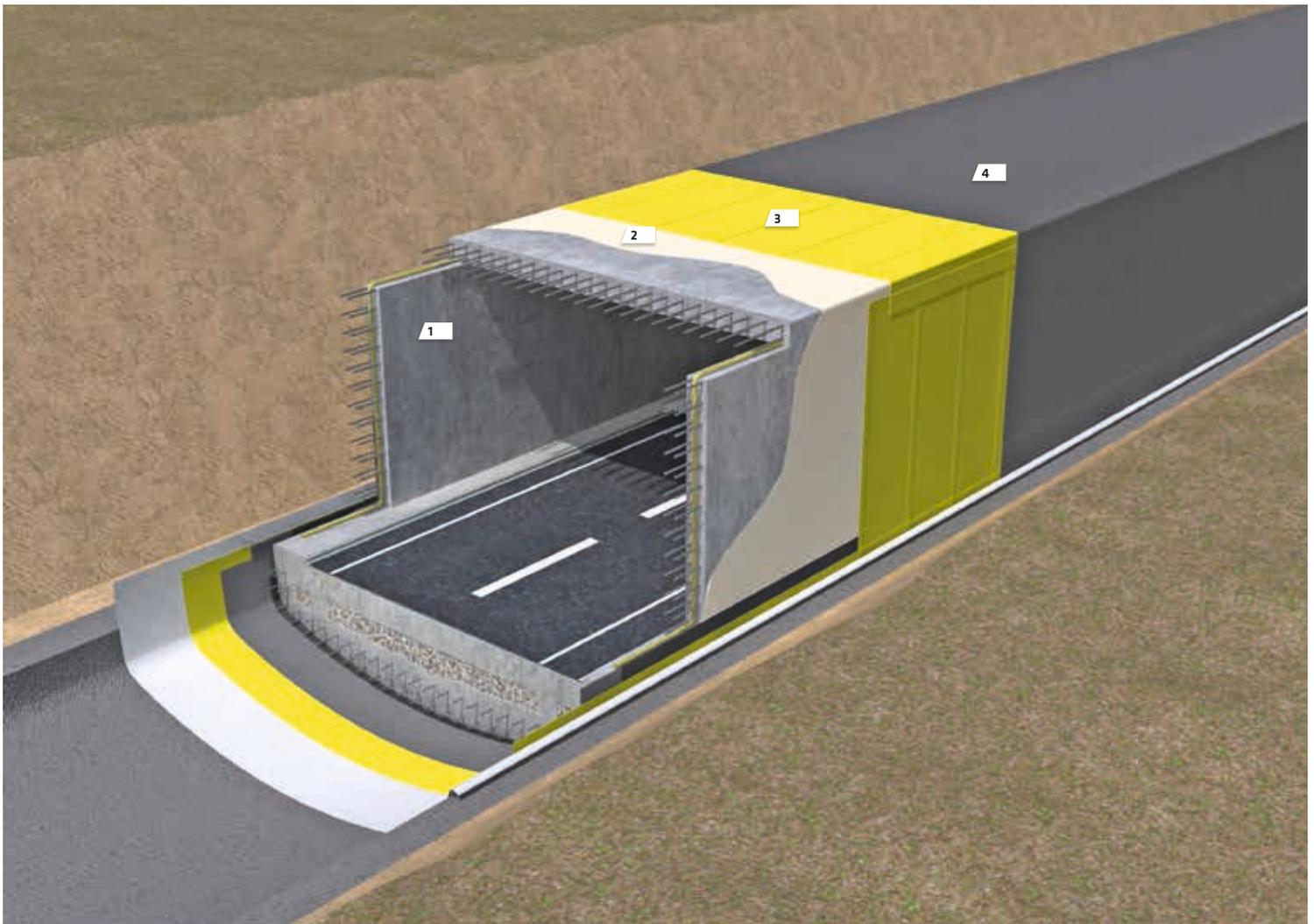
**7**  
**Sikaplan® WP / WT Protection Sheet**  
Die Schutzbahn schützt die Kunststoff-Dichtungsbahn vor mechanischen Verletzungen, welche durch die Hinterfüllung verursacht werden.

# TAGBAUTUNNEL – GALERIEN

Vollflächig verklebte Kunststoff-Dichtungsbahnen

**DAS HINTERLAUFSICHERE ABDICHTUNGSSYSTEM DER VOLLFLÄCHIG VERKLEBTEN KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHNEN** wird seit über 30 Jahren erfolgreich bei Tagbautunneln und Galerien eingesetzt. Es verbindet die Vorteile der Hinterlauf-sicherheit mit dauerhaftem Schubverbund, definierten Schichtdicken der Abdichtung und optimierten Schutzmassnahmen.

Im System wird eine Kunststoff-Dichtungsbahn mit definierten Eigenschaften ab Werk mit einem systemgerechten Polyurethan-Klebstoff auf die Betonkonstruktion aufgeklebt, Überlappungen und Anschlüsse werden dicht verschweisst. Im Falle einer Beschädigung verhindert der Klebeverbund eine unerwünschte Ausbreitung des Wassers zwischen Beton und Abdichtungsbahn. Auch bei Stauwasser wird der Wasserzutritt auf einen minimalen, lokalisierbaren Bereich beschränkt.



SYSTEM	Sikaplan® WP 2110	Sikaplan® WP 2101	Sikaplan® WT 1200 CF
<b>BESCHREIBUNG</b>	Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC-P mit Signalschicht Dicke ≥ 2 mm	Kunststoff-Dichtungsbahn aus PVC-P mit erhöhter chemischer Beständigkeit und Signalschicht Dicke ≥ 2 mm	Glasfaserarmierte Kunststoff-Dichtungsbahn aus flexiblen Polyolefinen (FPO) mit modifizierter Oberfläche Dicke ≥ 2 mm
<b>NUTZEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Erhöhte Brandbeständigkeit BKZ 5.1 (VKF)</li> <li>■ Einfache Verlegung / Fügetechnik</li> <li>■ Wirtschaftlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geeignet für den Einsatz bei Temperaturen bis 50°C</li> <li>■ Hohe chemische Beständigkeit</li> <li>■ Einfache Verlegung / Fügetechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Langzeiterfahrung</li> <li>■ Gute chemische und thermische Beständigkeit</li> <li>■ Oberflächenmodifikation zur optimalen Verklebung</li> </ul>
<b>SYSTEMKLEBER</b>	Mit dem SikaForce®-7720 auf Polyurethanbasis lassen sich Sikaplan® WP / WT Kunststoff-Dichtungsbahnen dauerhaft dicht mit dem Untergrund verkleben.		



#### 1 Betonkonstruktion

Anforderungen an Konsistenz, Stabilität und Frühfestigkeit können mit Einsatz von Sika® ViscoCrete® und Sikament® Zusatzmitteln gesteuert werden. Entfernung der Zementhaut mittels Sand- oder Wasserhochdruckstrahlen.



#### 2 SikaForce®-7720

Polyurethan Klebstoff der den dauerhaften vollflächigen Verbund zwischen Kunststoff-Dichtungsbahn und Untergrund sicherstellt.



#### 3 Sikaplan® WP / WT

Hochwertige Kunststoff-Dichtungsbahnen auf der Basis von PVC-P resp. flexiblen Polyolefinen (FPO) gewährleisten eine dauerhafte Abdichtung.



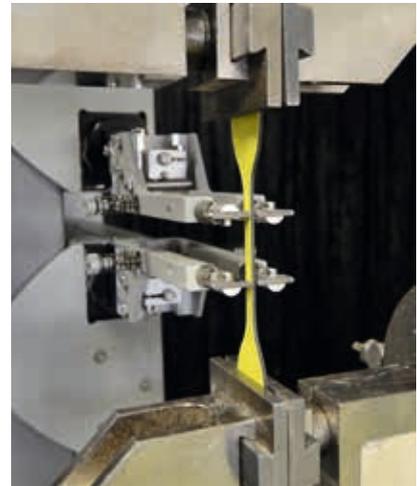
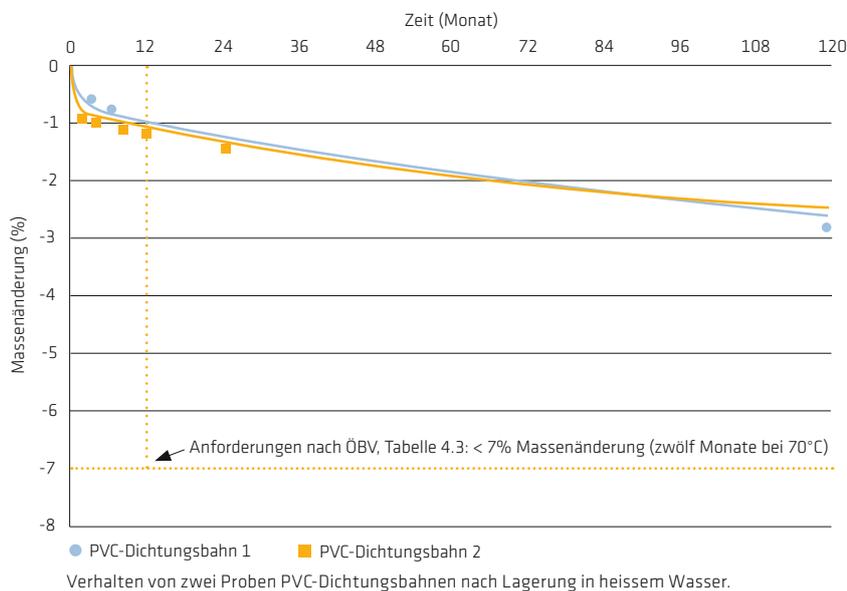
#### 4 Sikaplan® WT Protection Sheet

Die Schutzbahn schützt die Kunststoff-Dichtungsbahnen vor mechanischen Verletzungen, welche durch die Hinterfüllung verursacht werden.

# DAUERHAFTIGKEIT VON KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHNEN

## LABORSIMULATIONEN HELFEN DIE LEBENSERWARTUNG VON KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHNEN ZU PROGNOSTIZIEREN.

Lagerungen bei unterschiedlichen Temperaturen und mit unterschiedlicher Dauer ermöglichen die Simulation des Zersetzungsprozesses. Die physikalischen Eigenschaften wie Zugfestigkeit und Bruchdehnung werden nach dem Alterungsprozess gemessen und mit den ursprünglichen Leistungen verglichen. Die relative Änderung der mechanischen Eigenschaften definiert die Dauerhaftigkeit von Kunststoff-Dichtungsbahnen.



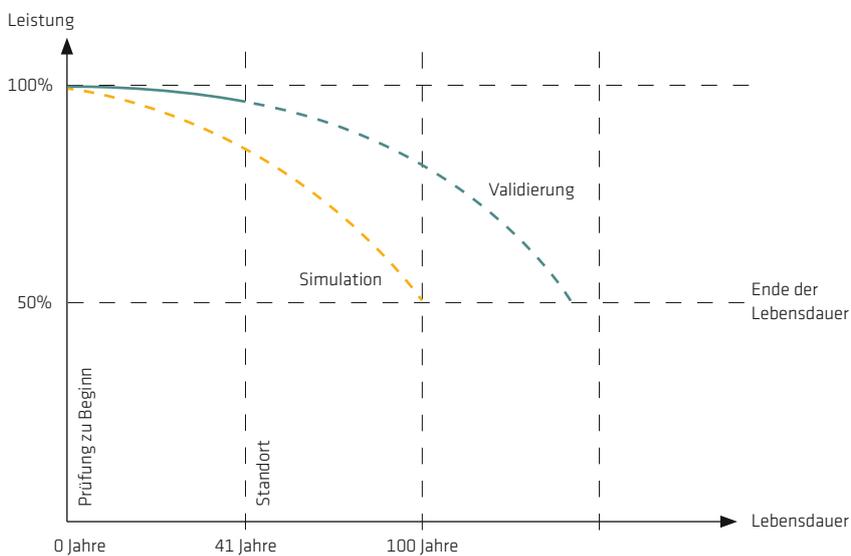
Bestimmung der Bruchdehnung und Zugfestigkeit der Sikaplan® PVC-Dichtungsbahn nach Lagerung in heissem Wasser

Kunststoff-Dichtungsbahnen werden bereits seit Jahrzehnten zur Abdichtung im Tunnelbau eingesetzt. Diese langjährigen Abdichtungserfahrungen sowie auch Erkenntnisse aus Grossprojekten mit Entwicklungsvorarbeit wie der NEAT sind in die aktuelle Europäische Normierung eingeflossen. Die Österreichische Richtlinie zur Tunnelabdichtung beschreibt verschiedene Verfahren zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Kunststoff-Dichtungsbahnen wie folgt:

Verhalten nach Lagerung in heissem Wasser <b>360 Tage bei 70°C</b>	EN 14415	Verringerung der Zugfestigkeit und Dehnung: ≤ 25% Massenänderung: ≤ 7%
Verhalten nach Lagerung in gesättigter Kalkmilch <b>360 Tage bei 50°C</b>	EN 14415	Verringerung der Zugfestigkeit und Dehnung: ≤ 25% Massenänderung: ≤ 7% Verringerung der Stosslast (Tropfhöhe): ≤ 40%
Verhalten nach Lagerung in 5-6-%iger schwefliger Säure <b>120 Tage bei 23°C</b>	EN 1847	Verringerung der Zugfestigkeit und Dehnung: ≤ 25% Massenänderung: ≤ 4% Verringerung der Stosslast (Tropfhöhe): ≤ 30%
Verhalten nach Lagerung in 0.5-%iger Schwefelsäure <b>360 Tage bei 50°C</b>	EN 1847	Verringerung der Zugfestigkeit und Dehnung: ≤ 25% Massenänderung: ≤ 7% Verringerung der Stosslast (Tropfhöhe): ≤ 40%

ÖBV-Richtlinie "Tunnelabdichtung", Tabelle 4.7.

**VALIDIEREN DER EINGEBAUTEN KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHNEN IST WICHTIG**, um die Erkenntnisse aus dem Labor sowie die prognostizierten Lebenserwartungen zu überprüfen. Dabei werden während Unterhalts- oder Erweiterungsarbeiten an bestehenden Objekten Proben der eingebauten Kunststoff-Dichtungsbahnen entnommen, im Labor getestet und nach Möglichkeit mit den Daten aus der ursprünglichen Produktionscharge (sofern vorhanden) verglichen.



PVC-Muster der Galeria Caverna auf dem Monte Ceneri von 1969

Vergleich der Laborprüfung (Simulation) mit 41 Jahre alten Proben (Validierung) aus dem Reussporttunnel.

Sika hat in den letzten Jahren zwei eigene eingebaute Dichtungsbahnen getestet. Die Kunststoff-Dichtungsbahnen wiesen nach 41 resp. 44 Jahren immer noch Eigenschaften auf, welche die Anforderungen an eine neue Dichtungsbahn erfüllen. Auf Grund der Testergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass die Dichtungsbahnen weitere Jahrzehnte ihre Funktion erfüllen und die geforderte Lebensdauer von mindestens 100 Jahren erreichen.



Eine ausgegrabene Nische ermöglicht den Zugang während der Wartungsarbeiten zu den 44 Jahre alten, eingebauten Sika Kunststoff-Dichtungsbahnen.



Anschlussarbeiten einer neuen Kunststoff-Dichtungsbahn auf eine bereits über 40 Jahre eingebaute Membrane. Die beiden Dichtungsbahnen können thermisch verschweisst werden.

# Sikaplan® KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHNEN

Technologie

**UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER GEMachten ERFAHRUNGEN** mit Kunststoff-Dichtungsbahnen in der Tunnelabdichtung sowie den Aspekten der Fügetechnik in der Praxis, der Wirtschaftlichkeit und den technischen Eigenschaften haben sich zwei Technologien bewährt: Hoch entwickeltes Weich-PVC (PVC-P) sowie hoch flexibles FPO (TPO) mit einem E-Modul  $\leq 55 \text{ N/mm}^2$ . Beides sind thermoplastische Werkstoffe, die sich ohne Extrusionsnaht auf der Baustelle schweißen lassen.

MERKMALE	PVC-P	FPO (TPO)
Beständigkeit	++	++
Einfache Anwendung	++	+
Schweisseigenschaften	++	+
Thermische und chemische Beständigkeit	+	++
Detailausbildung	++	+
Langzeiterfahrung	++	+
Flexibilität (E <sub>12</sub> -Modul)	++ $\leq 20 \text{ N/mm}^2$	+ $\leq 55 \text{ N/mm}^2$
Brandverhalten	++	+
Rauchverhalten	0	+
Widerstand gegen mechanische Einflüsse	+	+
Thermische Ausdehnung	+	0

++ sehr gut / + gut / 0 zufriedenstellend



Sikaplan® WP 1100 (PVC-P)



Sikaplan® WT 2200 (FPO)

## Produkte

**BERGMÄNNISCHE WIE AUCH OFFENE TUNNELBAUWERKE** werden seit Jahrzehnten erfolgreich mit Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen aus PVC-P (Polyvinylchlorid) und TPO (flexibles Polyolefin) sowohl im Verdrängungskonzept, wie auch im Ableitkonzept abgedichtet. Sikaplan® WT (TPO) und Sikaplan® WP (PVC-P) Abdichtungsbahnen verfügen über eine hohe Festigkeit und ein multiaxiales Dehnungsvermögen, sind beständig gegen Alterung, Wurzeldurchwuchs und Mikroorganismen, widerstandsfähig gegen mechanische und chemische Belastung sowie dimensionsstabil und kälteflexibel.

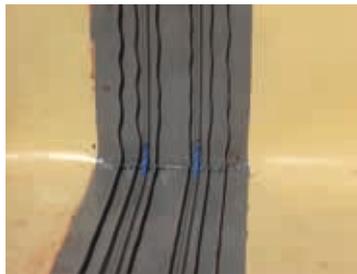
Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen erfüllen die Anforderungen der Schweizerischen Norm SIA 272 "Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagebau" und verfügen auch über die Prüfzeugnisse der Österreichischen und Deutschen Normierungen und Regelwerke.

# Sikaplan® ABDICHTUNGSBÄNDER

Fugenbänder wie auch verklebte Kunststoff-Bänder werden zur Ausbildung von Abschottungen sowie An- und Abschlüssen des Abdichtungssystems verwendet. Kunststoff-Dichtungsbahnen können mit den Bändern dicht verschweisst werden.

## Sika® Fugenbänder MIT INJEKTIONSKANÄLEN

Die Fugenbänder ermöglichen die Unterteilung der Abdichtung in abgeschottete Felder. Sika® Fugenbänder sind gleich formuliert wie Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen und können dicht mit diesen verschweisst werden. Die Abschottungsfelder ermöglichen bei Leckagen eine gezielte Nachinjektion. Die Sika® Fugenbänder für den Tunnelbau sind mit Injektionskanälen ausgestattet.



Sika® Fugenband AR-40/6

## Sikaplan® WT Tape

Das homogene flexible Abdichtungsband aus FPO weist eine modifizierte Oberfläche auf, damit es dicht mit dem Untergrund verklebt werden kann. Zur Verklebung wird der 2-Komponenten Epoxidharz Sikadur-Combiflex® CF Kleber verwendet. Die Zusammensetzung des Bandes ist kompatibel mit allen Sikaplan® WT Kunststoff-Dichtungsbahnen zur Abdichtung im Tunnelbau. Das Band wird als Ab- und Anschlussband und zur Ausbildung von Abschottungsfeldern eingesetzt.



Sikaplan® WT Tape 200

## Sikaplan® WP Tape

Das homogene flexible Abdichtungsband aus PVC-P weist eine noch nicht gekante modifizierte Unterseite auf, damit es dicht mit dem Untergrund verklebt werden kann. Zur Verklebung wird der 2-Komponenten Epoxidharz Sikadur-Combiflex® CF Kleber verwendet. Die Zusammensetzung des Bandes ist kompatibel mit allen Sikaplan® WP Kunststoff-Dichtungsbahnen zur Abdichtung im Tunnelbau. Das Band wird als Ab- und Anschlussband und zur Ausbildung von Abschottungsfeldern eingesetzt.



Sikaplan® WP Tape 200

## Sika® Dilatec ER-350 / -250 und E-220

Das flexible vorgefertigte Abdichtungsband aus PVC-P hat einseitig einen Vliesrand mit dem es dicht mit dem Untergrund verklebt werden kann. Zur Verklebung wird der 2-Komponenten Epoxidharz Sikadur-Combiflex® CF Kleber verwendet. Die Zusammensetzung des Bandes ist kompatibel mit allen Sikaplan® WP Kunststoff-Dichtungsbahnen zur Abdichtung im Tunnelbau. Das Band wird als Ab- und Anschlussband und zur Ausbildung von Abschottungsfeldern eingesetzt. Die Sika® Dilatec Bänder sind UV-stabil und können auch für Anschlüsse über Terrain verwendet werden.



Sika® Dilatec ER-350 /-250



# Sikaplan® KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHNEN

Zubehör

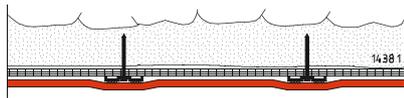
Sikaplan® WP-ZUBEHÖR (PVC)

Sikaplan® WT-ZUBEHÖR (FPO)

## BEFESTIGUNG

Der grosse Vorteil von lose verlegten, punktwise fixierten Kunststoff-Dichtungsbahnen ist deren Möglichkeit biaxiale Dehnungen aufzunehmen. Das heisst Fugen, Risse, Spalten und Setzungen können wasserdicht überbrückt werden. Die Befestigung kann unterschiedlich erfolgen.

**TUNNELRONDELLEN** aus dem gleichen Rohstoff wie die Kunststoff-Dichtungsbahn werden auf dem Untergrund mechanisch befestigt. Die Kunststoff-Dichtungsbahn wird zur temporären Befestigung auf die Rondellen geschweisst. Die Rondellen sind mit einer Sollbruchstelle ausgestattet.

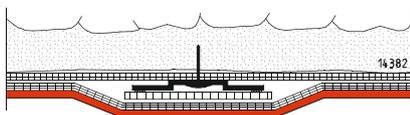


Sikaplan® WP Disc PVC schwarz

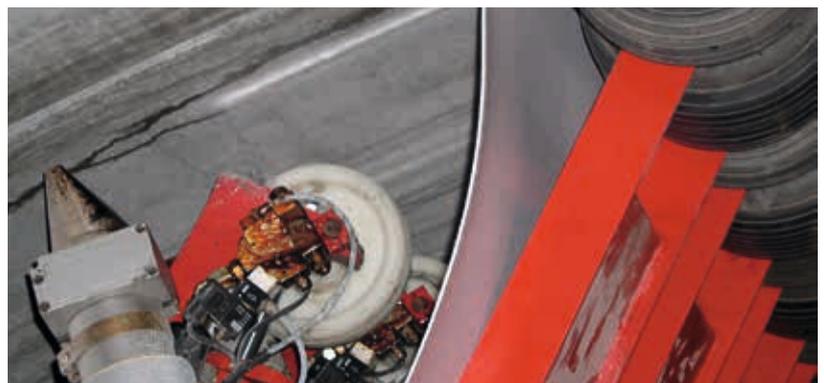
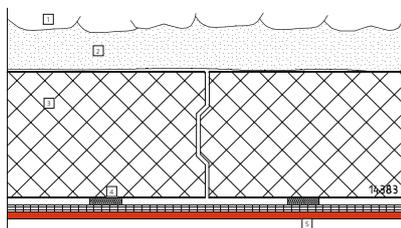


Sikaplan® WT Disc PE grau

**PROFILE MIT KLETTTHAKEN** werden mechanisch auf dem Untergrund befestigt. Kunststoff-Dichtungsbahnen mit kompatibler Vliesrückseite können in das Klett einvibriert und so punktwise befestigt werden.



**VLIESKASCHIERTE KUNSTSTOFF-DICHTUNGSBAHNEN** können durch aufkleben mit Hotmelt Klebesystemen auf ebene Untergründe wie beispielsweise Tübbinge vollautomatisch streifenweise aufgeklebt werden.



## INJEKTIONSANSCHLÜSSE

Injektionsstutzen und -anschlüsse werden im Active Control System zur Überprüfung der Dichtigkeit von Abschottungsfeldern mittels Vakuum eingesetzt. Zudem gewährleisten sie die Möglichkeit einer nachträglichen Injektion. Injektionsstutzen können mit den Kunststoff-Dichtungsbahnen dicht verschweisst werden. Über PE-Schläuche werden die Anschlüsse aus dem Beton herausgeführt.



Sikaplan® WP Control Socket



Sikaplan® WT Control Socket PE

### Sikaplan® WP-ZUBEHÖR (PVC)

### Sikaplan® WT-ZUBEHÖR (FPO)

**SCHUTZBAHNEN** schützen die Kunststoff-Dichtungsbahnen an exponierten Stellen vor mechanischen Verletzungen während des Einbaus. Im Untertagebau ist der Einsatz bei bewehrten Bauteilen und im Bereich der Stirnschalung etc. zwingend. Bei Tagbautunneln schützen die Schutzbahnen die Kunststoff-Dichtungsbahnen vor mechanischen Verletzungen, welche durch die Hinterfüllung verursacht werden.



Sikaplan® WP Protection Sheet



Sikaplan® WT Protection Sheet

### FlexoDrain-SYSTEM



- 1 FlexoDrain W
- 2 Ankerkappe
- 3 Verzweigungsstück Y
- 4 Übergangsstück auf Spiralschlauch
- 5 Verbindungsspiralschlauch
- 6 Sattelstück

### DRAINAGEWINKEL



Der Drainagewinkel aus Hart-PVC ermöglicht einen wirtschaftlichen Einbau von Sickerkies und lässt sich gut mit den Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen verbinden.

# SCHWEISSTECHNIKEN

Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahnen lassen sich nach unterschiedlichen Verfahren mittels Heissluft verschweissen. Man unterscheidet zwischen Hand- und Automatschweissung. Das Schweissverfahren muss auf die Bedingungen vor Ort und die verwendeten Kunststoff-Dichtungsbahnen abgestimmt sein. Bevor die Dichtungsbahnen verschweisst werden, muss eine Probeschweissung mit anschliessender Schälprüfung durchgeführt werden. Probeschweissungen dienen zur Prüfung der Schweisseinstellungen und – sofern erforderlich – zu deren Anpassungen an die örtlichen Bedingungen.

## HANDSCHWEISSUNG

- Zum Verschweissen von Details und Anschlüssen
- Verschweissungszonen trocken und frei von Verunreinigungen
- Überlappung min. 80 mm



Handschweissgerät



Fachgerechtes Handschweissen erfolgt in 3 Schritten:

- 1. Punktschweissen** – Kunststoff-Dichtungsbahnen ausrichten und punktuell heften.
- 2. Vorschweissen** – Zunächst wird die hintere Nahtkante geschlossen, damit beim anschliessenden dritten Arbeitsgang keine Heissluft unter der überdeckten Bahn entweicht.
- 3. Verschweissen** – Die Schweissdüse wird so in die Überlappung eingeführt, dass beide Nahtflächen gleichmässig erwärmt und mittels einer Andruckrolle homogen verbunden werden.

## AUTOMATENSCHWEISSUNG

- Zum Verschweissen von Längs- und Quernähten
- Verschweissungszonen trocken und frei von Verunreinigungen
- Überlappung je nach Schweissautomat



Heissluftschweissautomat



Doppelschweissnaht mit Prüfkanal

Auf dem Markt werden verschiedene Automaten angeboten. Je Nach Werkstoff können damit Dichtungsbahnen von 1.2 – 3 mm Dicke verschweisst werden.

## Sika® Fugenbänder – VERSCHWEISSUNG

- Verschweissen auf Sikaplan® Kunststoff-Dichtungsbahn von Hand oder mittels Halbautomaten
- Verschweissungszonen trocken und frei von Verunreinigungen



Verschweissung Halbautomat



Stossverbindungen

Die Stossverbindung von Sika® Fugenbändern wird mit Heissluft und Schweisslehre ausgeführt.

# NAHTKONTROLLE

## DRUCKLUFTPRÜFUNG



Doppelschweissnähte werden mit Druckluft auf ihre Dichtigkeit hin geprüft. Dabei wird der Prüfkanal an beiden Enden dicht verschlossen sowie ein Manometer mit Nadel angebracht. Mit einer Fuss- oder Handpumpe wird ein geeigneter Testdruck aufgebaut.

## STANDARD-TESTPARAMETER



Standard-Testparameter für Druckluftprüfungen: Testdauer: 10 Minuten, Testdruck: 1.5 - 2 bar (je nach Temperatur und Produkt). Die Naht gilt als wasserdicht, wenn der Anfangsdruck im Prüfkanal während der Testdauer um maximal 10% abfällt. Die Druckwerte werden protokolliert, insbesondere Anfangs- und Enddruck.

## VAKUUMPRÜFUNG



Bei der Vakuumprüfung wird eine durchsichtige Prüflocke auf die Naht- oder Stossverbindung aufgesetzt. Die Luft in der Glocke wird angesaugt, so dass ein Unterdruck entsteht.

## SICHTPRÜFUNG



Nach dem Schweißen müssen alle Nähte auf gute Verarbeitung sichtgeprüft werden. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei den T-Verbindungen, Durchdringungen und Anschlüssen.

## ACTIVE CONTROL SYSTEM



Beim Active Control System ist eine zusätzliche Leckerkennung im Abdichtungssystem auch während der Bauphase möglich. Mit der Vakuumprüfung lassen sich die doppellagigen Abdichtungsfelder jederzeit auf ihre Dichtigkeit hin überprüfen. Leckagen können genau erfasst und abgedichtet werden.

## MECHANISCHER TEST



Alle handgeschweißten Nähte sollten nach vollständiger Abkühlung mechanisch getestet werden. Hierzu wird ein Schraubenzieher (etwa 5 mm breit, mit stumpfen Ecken) verwendet. Es wird ein leichter Druck auf die Schweissnaht ausgeübt. Dabei sollen Kratzer auf der Kunststoff-Dichtungsbahn vermieden werden. Mit dem mechanischen Test werden nicht vollständig verschweisste Stellen sichtbar und müssen nachträglich nachgebessert werden.

# INJEKTIONSLÖSUNGEN

Dichtungssystem mit Abschottungen

**BEI WASSEREINTRITT AUFGRUND EINES LOKALISIERTEN SCHADENS AM ABDICHTUNGSSYSTEM** müssen Sanierungsmassnahmen getroffen werden. Dies erfolgt auf Grund der Unzugänglichkeit des Abdichtungssystems bei den meisten Untertagebauten nur durch Injektionen. Je nach Art und Lokalität der Leckage und dem Abdichtungssystem muss das passende Injektionsmaterial verwendet werden.

## SIKA PRODUKTE UND SYSTEMLÖSUNGEN

### *Injektion von Fugenbändern*

**Sika® Injection-201 CE** Elastisches, lösungsmittelfreies PUR-Injektionsharz für die dauerhafte Abdichtung von trockenen, feuchten oder wassertragenden Rissen und Fugen im Beton.

**Sika® Injection-307** Elastisches, sehr niedrigviskoses Polyacryl-Injektionsharz mit aktiver Passivierung der Bewehrung.

### *Injektion von Abschottungsfeldern*

**Sika® Injection-307** Elastisches, sehr niedrigviskoses Polyacryl-Injektionsharz zur Reparatur beschädigter Dichtungsbahn-Abschottungen.



**1**  
Sikaplan® WP/WT  
Control Sockets



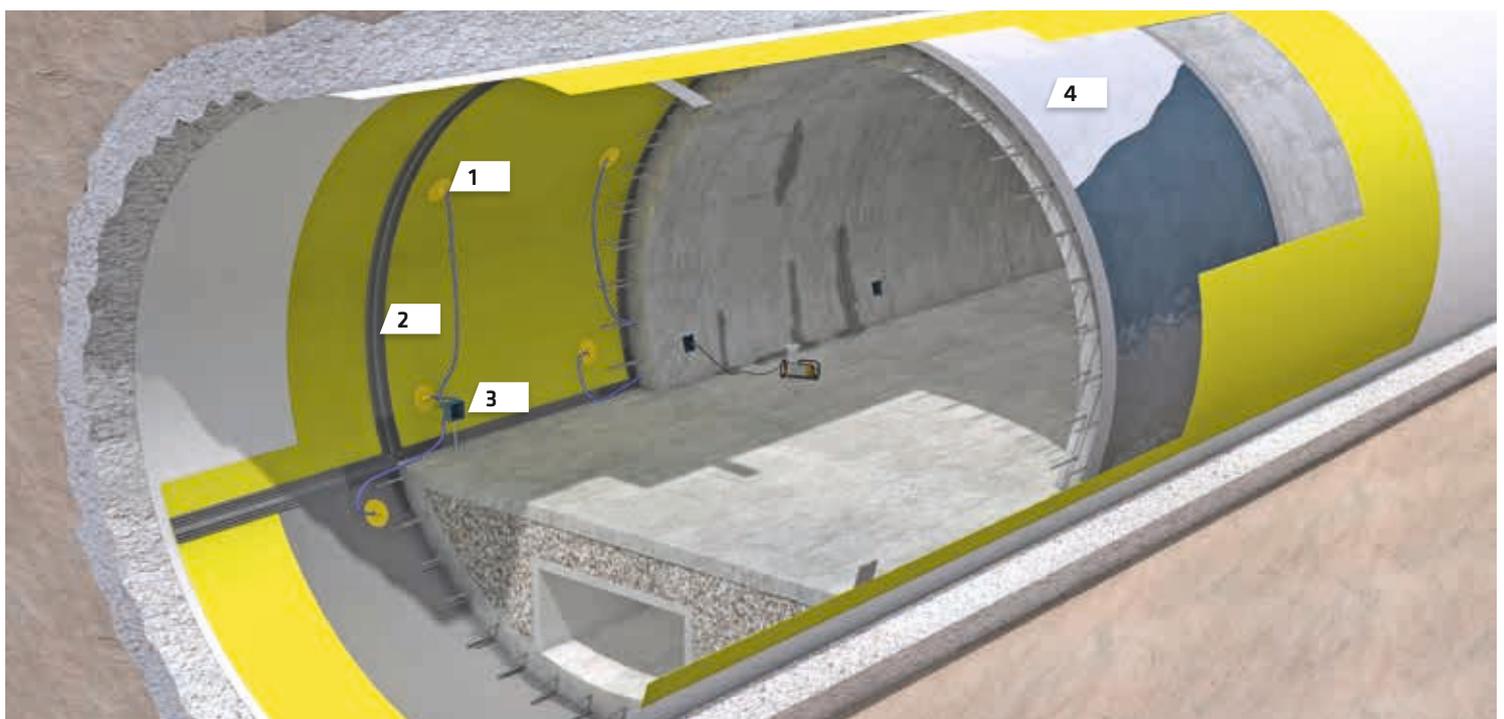
**2**  
Sika® Fugenband WP/WT Inject



**3**  
Verwahrdoose



**4**  
Sika® Injection-307





## ... UND HEUTE

125 Jahre nach Fertigstellung des ersten Eisenbahntunnels durch die Alpen wurde der neue Gotthard-Basistunnel auf einer Höhe von nur 550 m über dem Meeresspiegel gebaut. Er ermöglicht eine ebene Verbindung ohne Rampen zwischen Nord und Süd und verkürzt die Reisezeit, während gleichzeitig die Transportkapazität erhöht wird. Der Bau des 57 km langen Doppelröhrentunnels begann im Jahr 2000 und dauerte 15 Jahre. Mit über 100 Jahren Erfahrung im Abdichten von Tunnels hat Sika das gesamte Abdichtungssystem am Gotthard- und am dazu gehörenden Ceneri-Basistunnel mit Sikaplan®-Kunststoffdichtungsbahnen ausgestattet.

# GLOBALE UND LOKALE PARTNERSCHAFT



## WER WIR SIND

Sika AG in Baar, Schweiz, ist ein global tätiges Unternehmen der Spezialitätenchemie. Sika beliefert die Bau- sowie die Fertigungsindustrie (Automobil, Bus, Lastwagen und Bahn, Solar- und Windkraftanlagen, Fassaden). Im Produktsortiment führt Sika hochwertige Betonzusatzmittel, Spezialmörtel, Dicht- und Klebstoffe, Dämpf- und Verstärkungsmaterialien, Systeme für die strukturelle Verstärkung, Industrieboden- sowie Bedachungs- und Bauwerksabdichtungssysteme.

Vor Verwendung und Verarbeitung ist stets das aktuelle Produktdatenblatt der verwendeten Produkte zu konsultieren. Es gelten unsere jeweils aktuellen Allgemeinen Geschäftsbedingungen.



**SIKA SCHWEIZ AG**  
Tüffenwies 16  
CH-8048 Zürich

**Kontakt**  
Telefon +41 58 436 40 40  
sika@sika.ch | www.sika.ch

**BUILDING TRUST**

