



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère du Développement durable  
et des Infrastructures

Administration des ponts et chaussées

# Journées Portes Ouvertes 2016

**sur le site de Bertrange le 18 septembre 2016**



## Division des Ateliers Centraux Atelier serrurerie



Les artisans de la serrurerie s'occupent avant tout de la confection des supports métalliques de la signalisation et du montage d'un grand nombre de panneaux de route.

L'entretien des stations de pompage de saumure, appartenant à l'administration est garantie par le service de la serrurerie. De plus, des travaux de réparation et de modification des constructions métalliques d'équipements, tel que chasse-neiges, épandeurs, faucheuses, sont prestés par l'atelier de serrurerie.

Personnel actuellement affecté à la serrurerie:  
2 serruriers et 2 tourneurs-sur-fer.







## Division des Ateliers Centraux Atelier électrique

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier. Elle est destinée à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements. Elle comprend trois grands ensembles: la signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, les balises, les bornes, la signalisation (verticale) électrique qui comprend les feux tricolores fixes et temporaires ainsi que la signalisation routière horizontale, constituée des marquages au sol.



Notre signalisation électrique comprend les signaux et dispositifs implantés de façon temporaire, destinés à signaler et à renseigner sur les conditions de circulation, obstacles ou dangers fortuits.

Elle constitue également des mesures non permanentes de régulation du trafic, de chantiers fixes ou mobiles. Deux artisans sont chargés de la programmation, du montage ainsi que des réparations et de l'entretien de ses installations.

L'atelier électrique dispose aussi d'une performante station de charge, où 30 batteries destinées à alimenter la signalisation temporaire, peuvent être chargées simultanément.

Un autre pilier de l'atelier électrique consiste dans l'entretien et la réparation des diverses machines et moteurs électriques, dont dispose l'administration, de même pour les installations fixes montées dans nos bâtiments.

Personnel actuellement affecté à l'atelier électrique :  
2 électriciens et 1 mécanicien.





## Division des Ateliers Centraux Atelier menuiserie

Les artisans de la menuiserie créent un équipement individuel adapté au besoin des différents utilisateurs de notre administration.

Des aménagements particuliers pour nos véhicules de service, des bancs pour parcs, des pergolas, des passerelles (p.ex. : Vallée de la Pétrusse) etc., sont également produits par notre atelier.

Les réparations de tout genre de mobilier des bâtiments de l'administration sont effectués par les mêmes artisans.

Un autre pilier de ce service comprend l'aménagement de diverses expositions et de centres d'information sur les chantiers de l'administration (fabrication de maquettes, ...).

Tous ces travaux sont prestés par 3 menuisiers.



véhicule de service



équipement individuel adapté au  
besoin des différents utilisateurs  
de notre administration

bancs  
pour  
parcs





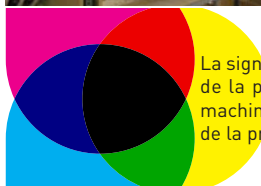
## Division des Ateliers Centraux Atelier d'impression et de collage



La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier. Elle est destinée à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements.

Elle comprend trois grands ensembles :

- la **signalisation routière verticale**, qui comprend les panneaux, les balises, les bornes,
- la **signalisation (verticale) électrique**, qui comprend les feux tricolores fixes et temporaires
- la **signalisation routière horizontale**, constituée des marquages au sol.



La signalisation verticale, disposée sur la voirie de l'Etat est quasi entièrement produite dans nos ateliers. L'envergure de la production annuelle peut être chiffrée à environ 10000 panneaux de tout genre. A l'aide de nos nouvelles machines de lettrage et d'impression digitale un produit fini de qualité supérieure, répondant aux besoins et exigences de la pratique, est réalisé.

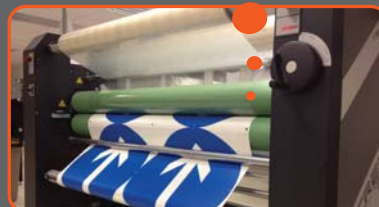
### Etapes de production des panneaux de signalisation routière



préparation d'un fichier sur les différents logiciels de création graphique vectorielle



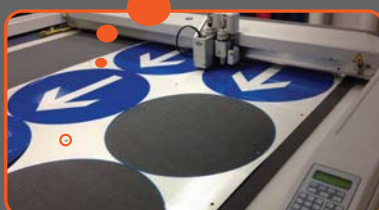
impression du fichier sur une imprimante avec la technologie de séchage LED UV (séchage très rapide)



laminage: appliquer un film transparent sur le support imprimé, qui le protège contre tâches, eau et rayons uv



la dernière étape c'est l'encollage sur des panneaux en alu



après la découpe les autocollants sont facilement à retirer du support



découpe du vinyle imprimé et laminé à l'aide d'une caméra détectant les points noirs appelés "Videomärke"

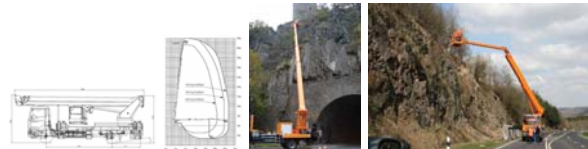




## Division des Ateliers Centraux Hubarbeitsbühne Wumag - WT450

Die Einsatzbereiche von Hubarbeitsbühnen sind sehr vielfältig :

- Baumpflege
- Wartungsarbeiten an der Straßenbeleuchtung
- Brückenkontrolle
- Sicherheitskontrolle von Felswänden
- Etc



Beim WUMAG WT450 handelt es sich um die Hubarbeitsbühne mit der höchsten Arbeitshöhe der Strassenbauverwaltung.  
Die Hauptdaten sind eine maximale Arbeitshöhe von 45m und eine maximale Arbeitstiefe von 6m.

### Basisdaten des Grundgerätes

Max. Arbeitshöhe 45 m  
Max. Bodenhöhe 43 m  
Max. horizontale Reichweite / 28,7 m  
teleskopierbarer Korb / mit Korblast  
Max. horizontale Reichweite / 29,5 m  
Schwerlastkorb / mit Korblast

### Arbeitskorb

Schwerlastkorb (B x L x H) 2,47 x 1,05 x 1,10 m  
Schwenkbereich Arbeitskorb 2 x 80°  
Schwerlastkorb 700 kg  
Motor Start / Stopp im Arbeitskorb  
Kunststoffabdeckung über Steuerpult  
230 V CEE Steckdose im Arbeitskorb  
5 Ösen zur Befestigung von Sicherheitsgurten  
Versetzbares Steuerpult mit Grafikdisplay  
Schwenkrichtung nach Pultversetzung umkehrbar  
Batteriespannungsüberwachung im Korb

### Armsystem

Anzahl ausfahrbarer Teleskope (Hauptarm) 3  
Korbarm austeleskopierbar  
Max. Korblänge 8,5 m  
Arbeitsbereich mit Korbarm unter Flur bis zu 6 m  
Komplette Energieführung, Hydraulik und Mechanik  
innenliegend und optimal vor Beschädigungen geschützt  
Hydraulischer Korbarm, Arbeitsbereich 175°  
Automatische Hubarmablage (automatische Rückführung  
in Transportstellung) „Home Function“

### Schwenkwerk

Schwenken innerhalb der Spiegelbreite / Schwenkbereich 540°

### Abstützung

Funktion der Abstützung vollvariabel  
Max. Abstützbreite - beidseitig horizontal ausgefahren 6,20 m  
Stützensteuerung an der Basis  
Abstützautomatik und automatische Aufstellnivellierung,  
zulässige Aufstellneigung max. 2°  
Blinkleuchten an den Stützensauslegern  
4 Safety Unterbohlen

### Trägerfahrzeug

MAN TGM 18.280 - 206 kw  
Zulässige Gesamtgewicht 18,6 t  
Länge in Transportstellung 10 m  
Breite in Transportstellung 2,50 m  
Höhe in Transportstellung 3,90 m  
Böschungswinkel ca. 9°

### Hand- bzw. Notsteuerung

Geschützt und versperrbar im Aufbau integriert  
Notablasssystem vom Korb  
Vollwertige Zweit- / Notsteuerung an der Basis  
24 V Elektro-Notpumpe







## Division des Ateliers Centraux Marquage - Signalisation routière horizontale

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier. Elle est destinée à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements. Elle comprend trois grands ensembles : la signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, les balises, les bornes, la signalisation (verticale) électrique qui comprend les feux tricolores fixes et temporaires ainsi que la signalisation routière horizontale, constituée des marquages au sol.



L'application du marquage sur la route est effectuée à l'aide de machines à pulvérisation par air comprimé ou du type "airless", un ou plusieurs pistolets. Le marquage frais est suspoudré de microbilles de verre pour améliorer la rétro-réflexion. La durée de séchage est très variable, +/- une quinzaine de minutes pour les peintures très performantes, mais est tributaire des conditions atmosphériques (température et humidité relative).

Une autre technique consiste dans l'utilisation de bandes et symboles préfabriqués, qui sont des produits prêts à l'emploi et donc d'une application commode et rapide. Les bandes sont soit autocollantes soit thermocollantes. Une fois posées, les bandes sont immédiatement circulables. L'utilisation des bandes préfabriquées est très variable. Elle concerne principalement les domaines suivants : le marquage temporaire (bandes jaunes), les messages au sol réalisés à l'aide de dessins, flèches et de lettres (BUS, PARKING, LIVRAISON,...).

Les différentes opérations des équipes du marquage se lisent comme suite :

- Application mécanique de la peinture routière (couleur à deux composants)
- Mise en œuvre manuelle d'un enduit spécial pour les passages à piétons
- Mise en œuvre de symboles et de lignes préformés
- Démarquage

Pendant les périodes de mauvais temps, l'équipe du service marquage procède à l'enlèvement de « graffiti », considéré comme du vandalisme, dégradation des ouvrages d'art. Pour ces travaux, l'équipe se sert d'une sableuse montée sur remorque, spécialement aménagée à cet effet.

L'équipe du service marquage routier se compose de 2 cantonniers, 6 ouvriers et plusieurs ouvriers saisonniers (chômeurs).





## Division des Ateliers Centraux Marquage - Hoffmann H26

### Hoffmann H26

#### Nutzdaten : Perltank

Inhalt: +- 350 Liter  
Druck: 2 Bar  
350 Liter = 530kg Glasperlen  
530 kg : 1,2 kg/m<sup>2</sup> = 440 m<sup>2</sup>  
440 m<sup>2</sup> x 8,33 = 3670 m  
3670 m Vollinie 12 cm breit

#### Nutzdaten: Farbtank

Inhalt: +- 330 Liter  
Druck: 7 Bar  
330 Liter = 520kg Farbe\* (\*bez. auf Limbo KSP 120)  
520 kg : 1,0 kg/m<sup>2</sup> = 520 m<sup>2</sup>  
520 m<sup>2</sup> x 8,33 = 4330 m  
4330 m Vollinie 12 cm breit







## Division des Ateliers Centraux Marquage - Machines

### Trassar 8 super

Machine poussée pour marquage urbain et travaux spéciaux ♦ technique airless ♦ produits applicables: peinture et deux composants (liquide/solide)

#### Machine de base "sans motorisation"

- Châssis cadre acier pouvant recevoir un bidon de peinture et muni de 2 roues arrière et d'une roue avant directrice
- Groupe hydraulique autonome alimentant la pompe airless
- Frein de parking
- Flèche de guidage

#### Motorisation

- Groupe moteur à essence HONDA GX160, 4 kW à 3600 tr/min (5,5 ch), ou
- Groupe moteur à essence HONDA GX200, 4,7 kW à 3600 tr/min (6,5 ch). [recommandé dans le cas de l'utilisation simultanée des options kit billage compresseur et kit auto-traction à conducteur marchant]
- Groupe moteur électrique 220 V (niveau de bruit < 65 db(A)) et / ou
- Kit ENERGY avec groupe électrique 24 V (niveau de bruit = 50 db(A))

#### Equipements de marquage

- Malaxage de la peinture par recyclage
- Ensemble d'application airless avec pompe à piston débitant 8 litres/min
- Marqueur avec 1 pistolet airless commandé par câble pour largeurs de 5 à 30 cm.
- Ce pistolet avec 15 mètres de tuyau est démontable pour les travaux manuels.
- Rinçage du circuit peinture par aspiration de diluant
- Jeu de 3 buses réversibles

#### Dimensions - Encombrement

Poids à vide	129 kg
Longueur sans marqueur	161 cm
Largeur sans marqueur	82 cm
Hauteur sans système de réflectorisation	104 cm



#### Options

- Rampe pour marquage jusqu'à 60 cm avec buses standards
- Rampe pour marquage jusqu'à 60 cm avec buses réversibles
- Rampe réglable en largeur de 15 à 60 cm avec buses standards
- Rampe réglable en largeur de 15 à 60 cm avec buses réversibles
- Kit second pistolet avec tuyau longueur 1,20 m
- Kit second pistolet complet avec supports, câble, etc... pour marquage linéaire
- Bidon peinture polyéthylène capacité utile 60 kg (permet de doubler la capacité peinture de la machine)
- Enrouleur automatique pour pistolet manuel
- Jeu de batterie supplémentaire pour kit ENERGY
- Buse à largeur et débit variables
- Rallonge 40 cm pour pistolet airless
- Kit compresseur avec système de billage 50 cm avec air de diffusion
- Système de réflectorisation par gravité jusqu'à 50 cm
- Billeur saupoudreur manuel
- Modulateur de marquage visuel
- Modulateur électronique ELEXAR 8 avec batterie
- Gyroflash pour signalisation de chantier
- Compteur horaire sur moteur thermique
- Kit auto-traction à conducteur marchant avec kit marche arrière (ne peut fonctionner simultanément avec le kit ENERGY)
- Kit auto-traction à conducteur porté TRASSAR 678 V2
- Remorque spéciale TRASSAR 8 Super

### Trassar 251airless V3

Machine auto-tractionnée de type conducteur porte pour marquage à grand rendement ♦ transmission hydrostatique ♦ technique airless ♦ produits applicables: peinture solvantée, aqueuse et composants (liquide/solide)

#### Machine de base

- Châssis articulé, propulsion arrière et direction hydraulique
- Moteur Turbo Diesel industriel LOMBARDINI 4 cylindres, 48 kW à 3000 t/min (65 ch), refroidissement liquide. Alternateur 65 A
- Transmission hydrostatique à 2 vitesses, vitesse de 0 à 13 km/h et 13 km/h à 25 km/h
- Compresseur à pistons, débitant 533 litres/min à 7 bars (débit réel), entraîné par moteur hydraulique
- Freins de parking sur les moteurs roues, défreinage par commande électro-hydraulique au tableau de bord
- Poste de pilotage ergonomique avec volant et siège réglables et déportables en axe, à droite et à gauche
- Plate-forme arrière, pare-soleil, 2 gyrophares
- Avertisseur sonore de marche arrière
- Couleur blanche RAL 9010

#### Equipements de marquage

- 2 cuves peinture en inox de 375 kg chacune (750 kg au total), brassage par recyclage. Indicateurs de fin de cuves
- Pompe pneumatique de remplissage peinture débit 100 litres/min (environ 150 kg/min)
- Circuit peinture équipé d'une pompe haute pression débit 32 litres/min entraînée par un vérin hydraulique autocommuté, et de 2 écréteurs pneumatiques
- 2 cuves billes pressurisées en acier de 375 kg chacune (750 kg au total). Indicateurs de fin de cuves
- Rinçage par aspiration directe de solvant
- Système hydraulique permettant d'ajuster instantanément le débit de peinture lors de l'ouverture d'un deuxième pistolet
- Flèche de guidage relevable automatiquement depuis le poste de pilotage
- Modulateur électronique ELEXAR 25, permettant la commande de 3 marqueurs, le repassage automatique, programme des V15 et la débimétrie

#### Equipements de marquage

- Malaxage de la peinture par recyclage
- Ensemble d'application airless avec pompe à piston débitant 8 litres/min
- Marqueur avec 1 pistolet airless commandé par câble pour largeurs de 5 à 30 cm.
- Ce pistolet avec 15 mètres de tuyau est démontable pour les travaux manuels.
- Rinçage du circuit peinture par aspiration de diluant
- Jeu de 3 buses réversibles

#### Capacités - Dimensions / encombrement

Cuves peinture	2 x 375 kg soit 750 kg au total
Cuves billes	2 x 375 kg soit 750 kg au total
Réservoir de carburant	90 litres
Réservoir hydraulique	100 litres
Poids à vide (maximum toutes options)	2 700 kg
Poids total en charge (maximum toutes options)	4 200 kg
Longueur sans plate-forme arrière	4,21 m
Largeur hors tout	1,30 m
Hauteur hors tout	2,35 m
Rayon de marquage en rive	2,24 m



#### Options

- Plusieurs équipements de marquage possibles : en axe, du plus simple (une bande) au plus complet (lignes continues, accolées et bandes d'annonce) ; en rives bandes de 5 à 60 cm
- Billage par injection
- Multimètre électronique assurant l'enregistrement des linéaires, consommations, données de chantier, édition à bord ou déportée (pour ELEXAR 25)
- Malaxeurs sur cuves peinture
- Bras pour marqueur en rive gauche
- Pistolet manuel avec 12 mètres de tuyauterie montée sur enrouleur automatique
- Equipements pour pistolet manuel : buse Airless à largeur et débit variable, rallonge 40 cm
- Circuit pour aspiration peinture dans bidon annexe
- Siège pour poseur de cônes sur plate-forme arrière
- Balisages de sécurité avec triflash rabattable
- 2 phares pour travail de nuit
- Kit autonome de remplissage rapide pour microbilles de verre incorporé sur la machine et avec arrêt automatique. Débit : environ 75 kg/min en fonction du produit
- Roue de secours
- Bras de report pour le pré-marquage
- Couleur spéciale
- Remorques spéciales





## Division des Ateliers Centraux Marquage

### ROTO-RUNNER® RR-300

Kaltfräse für Asphalt und Beton RR-300-D Mit den Vorzügen einer Grossfräse, jedoch ausserordentlich wendig, leistungsfähig und in leicht transportierbarer, kompakten Bauweise hergestellt.

- Abfräsen von defekten Deckschichten
- Fräsen von Anschlüssen
- Fahrbahnen instandstellen (punktuelle Reparaturen)
- Fräsen von Nuten, randnah
- Abfräsen von Markierungen und Thermoplastik
- Kaltfräsen von Betonflächen, Fussböden etc.



Das Herzstück der RR-300 Kaltfräse besteht aus einem Trommelkörper mit darauf montierten, Hartmetall bestückten Rundschaftmeisseln. Frästrommel für verschiedene Einsätze und Oberflächen stehen zur Verfügung. Feinfrästrommel zur Markierungsentfernung.

Der übersichtlich angeordnete Fahrstand ermöglicht eine einfache Bedienung der Kaltfräse wie etwa Frästiefe und Vorschubgeschwindigkeit einstellen. Sehr gute Zugänglichkeit zu allen Antriebsteilen. Kompakte Bauweise und geringes Gewicht gewährleisten raschen Transport und Einsatz auf Gehsteigen und in Parkhäusern

#### Technische Daten

Motor	DEUTZ Dieselmotor
Fräsbreite	max. 400 mm Type F03L2011
Frästiefe	0-50 mm (je nach Oberfläche)
Kühlung	Luft / Öl
Fräsrolle Ø	300 mm, mit Meisseln
Anzahl Zylinder	3 200 mm, ohne Meisseln
Kraftstofftank	30l
Anzahl Meissel	je nach Trommelwahl
Wassertank	80l
Gesamtgewicht	ca.1800 kg
Hydrauliktank	40l
Frontachse	ca.750 kg
Bodenfreiheit	90mm
Hinterachse	ca.1150 kg
Leistung	46PS Kraft 34Kw
Bereifung	Vorne 310 x 120 Hinten 260 x 85

Option: RR-300 mit Elektroantrieb







## Division des Ateliers Centraux Marquage - Handmarkierung





## Division des Ateliers Centraux Atelier mécanique

La division des ateliers centraux est située sur deux sites, l'atelier central de Diekirch et l'atelier central de Bertrange. L'atelier mécanique de Bertrange est chargé de l'exécution, de l'entretien et des réparations de tout le parc automobile de la division de la voirie de Luxembourg (DVL), de la division de l'exploitation de la grande voirie et de la gestion du trafic (DGT), de la division des travaux neufs (DTN) et de la division des ouvrages d'art (DOA) entre autres.



Le parc matériel roulant de l'Administration des Ponts et Chaussées compte +/- 1300 unités, y compris les accessoires. L'atelier de Bertrange s'occupe de +/- 950 unités :

- 140 Camions (y compris les Unimogs, balayeuses, vidangeuses, nacelles, ...)
- 60 Chargeurs à roue, chargeurs-élévateurs, tracteurs, traçuses
- 80 Camionnettes
- 170 Voitures
- 200 Remorques (y compris les remorques de signalisation, broyeurs, compresseurs, ...)
- 270 Accessoires (87 épanduses, faucheuses d'accotements, chasse-neiges, ...)

Pour tout dépannage, l'atelier dispose du matériel adapté, comme par exemple deux dépanneuses et une camionnette équipée pour des réparations sur place.

Du 1er octobre au 30 avril le personnel des ateliers est garant d'une permanence pour les réparations urgentes du service hiver.

L'acquisition de tout matériel roulant, y compris les accessoires, est effectuée par la division des ateliers centraux. Les adaptations de nouveaux véhicules au besoin de l'administration, comme le montage de téléphones, de phares supplémentaires, du matériel de signalisation et du montage de l'équipement hivernal, sont prestées dans ces ateliers.



17 personnes travaillent auprès des ateliers mécaniques/auto-électriques de Bertrange: un chef d'atelier, des mécaniciens en automobile/camions/tracteurs, des électriciens en automobile et un magasinier.







## Division des Ateliers Centraux Atelier carrosserie

Une des fonctions essentielles de l'atelier carrosserie consiste dans l'entretien des carrosseries caduques, tel que le traitement antirouille des véhicules. Tous les véhicules de l'Administration des Ponts et Chaussées sont traités à l'atelier de Bertrange.

De plus, les artisans se chargent de la remise en état et du débosselage des dégâts légers à moyens causés par des accidents de circulation, ainsi que des réparations et remplacements de pare-brises.



Actuellement 2 débosseurs-peintres sont affectés à la l'atelier carrosserie.





## Division des Ateliers Centraux Strassenbelagsäuberungs- und Oelspurbeseitigungsfahrzeug

### MAN – Faun Viajet 7

Daten Trägerfahrzeug: MAN TGS 18.360 4x2 BL „Euro 6“

Zulässiges Gesamtgewicht:	19000kg
Zulässige Achslast vorne:	8000kg
Zulässige Achslast hinten:	12000kg
Motor:	MAN-Diesel D2066LF42 265 kW (360PS) / 1900 Upm, Hubraum 10518 cm <sup>3</sup>
Getriebe:	manuelles Schaltgetriebe kombiniert mit hydrostatischem Antrieb
Maximale Geschwindigkeit:	90 km/h
Arbeitsgeschwindigkeit:	1 – 4 km/h



### Daten Aufbau: FAUN Viatic GmbH Viajet 7 R/L HS expert:

Die VIAJET 7 expert wurde für den harten Einsatz im anspruchsvollen Umfeld von spezialisierten Kehrwanwendungen konzipiert. Sie fühlt sich besonders im Straßenbau und im industriellen Einsatz wohl. Hierzu greift sie auf die vielfältigen, von FAUN entwickelten, Antriebs- und Fahrkonzepte zurück. Die erhöhte Saugleistung der VIAJET 7 expert greift auch auf das bewährte emissionsarme FAUN-Umluftsystem zurück. Dies verhindert auch in dem schmutzreichen Einsatzfeld dieser Maschine einen erhöhten Staubaustritt während des Kehrens. Die Luft wird in einem internen Kreislauf geführt und ihre vorhandene Energie genutzt, um über eine Blasdüse das Kehrgut im Saugmund zu beschleunigen. Die Aufnahme von Kehrgut wird dadurch ohne weitere Verschleißelemente und zusätzlichen Energieeinsatz entscheidend verbessert. Zudem verringert sich hierdurch der Einsatz von Wasser zur notwendigen Staubbildung und die Einsatzzeit der Maschine wird entscheidend verlängert. Die Luftführung im Kreislauf, kombiniert mit einem großzügig gestalteten Luftberuhigungsraum zwischen dem Gebläse und dem Schmutzbehälter, verhindert eine Luftverwirbelung außerhalb der Kehrmaschine und ermöglicht das für FAUN typische Kehren ohne Staubwolke.



Zusätzlich zu der normalen Straßenreinigung, kann dieses Fahrzeug zur Ölspurbeseitigung eingesetzt werden. Zu diesem Zweck hat die Maschine vorne einen Sprühbalken, zB zum Auftragen von Nokomis oder sonstigen Ölbindemitteln, sowie am Heck eine Hecksauganlage. Dies ermöglicht eine Beseitigung von Straßenverunreinigungen in einem Arbeitsgang.







## Division des Ateliers Centraux Oelspur- und Strassenbelagsäuberungsfahrzeug

### Ladog – Orcatech ÖSF1400

Daten Trägerfahrzeug: LADOG-Fahrzeugbau und Vertriebs-GmbH

Zulässiges Gesamtgewicht: 5000kg

Zulässige Achslast vorne: 2530kg

Zulässige Achslast hinten: 2530kg

Motor: VM Detroit Euro 4 Turbodiesel mit Ladeluftkühlung,  
340 Nm / 1400 Upm, Hubraum 3000 cm<sup>3</sup>, 70 kW (98 PS)

Getriebe: Hydrostatischer Fahrtrieb „Ladog Hydro 99“, permanenter Allradantrieb mit Differenzialsperre

Maximale Geschwindigkeit: 62 km/h

Arbeitsgeschwindigkeit: 0,5 – 5 km/h

### Daten Aufbau:

#### ORCA® - Hochdruck – Vakuum – Reinigungssystem:

- Zweikammer – Vakuum – Tank aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) als Tank- in Tank-System Frischwasser ca. 1000 Liter / Schmutzwasser ca. 1500 Liter)
- Hochleistungsradialgebläse, Antriebsleistung ca. 15 kW, Luftleistung ca. 5100 m<sup>3</sup>/h, Vakuumleistung ca. 120 mbar, Axialkolbenhydraulikmotor 40 Liter / 200 bar, Drehzahl 1000 U/min
- Hochdruckpumpeneinheit, Sechs-Kolben-Hochdruckpumpe, Antriebsleistung ca. 11.5 kW, Liefermenge 30 Liter/min bei 200 bar, Axialkolbenhydraulikmotor 40 Liter / 200 bar, Drehzahl 1000 U/min
- Druckdurchlauferhitzer mit Temperaturwählschalter (max 60°) zur Reinigung mit Warmwasser
- Rotorenhäube mit integrierter Saugkammer, drei Hochdruckdrehgelenke, Arbeitsdruck max. 200 (250) bar, drei Rotorenbalken mit jeweils zwei Hochdruckdüsen, Rotordrehzahl max. 2000 U/min, Arbeitsbreite 1500 mm
- Dosiereinrichtung für Reinigungsmittel, stufenlos einstellbar für 1 bis 3 %-ige Zumischung
- Reinigungshandlanze mit direkter Schmutzwasserabsaugung für schwerereichbare Stellen





## Division des Ateliers Centraux Demarkierungs- und Strassenbelagsäuberungsfahrzeug

### Actros – Frimokar

#### Daten Trägerfahrzeug: Mercedes-Benz Actros

Zulässiges Gesamtgewicht:	32000 kg
Zulässige Achslast vorne 1:	8000kg
vorne 2:	8000kg
Zulässige Achslast hinten 1:	12000kg
hinten 2:	8000kg
Motor:	MB 8 Zylinder Euro 4 Turbodiesel mit Ladeluftkühlung Hubraum 15928 cm <sup>3</sup> , 405 kW (550 PS)
Getriebe:	8 – Gang Schaltgetriebe + OMSI - Getriebe
Maximale Geschwindigkeit:	90 km/h
Arbeitsgeschwindigkeit:	Stufe 1:             0,2 – 5 km/h Stufe 2:             5 – 15 km/h Steigfähigkeit: 24%



#### Daten Aufbau:

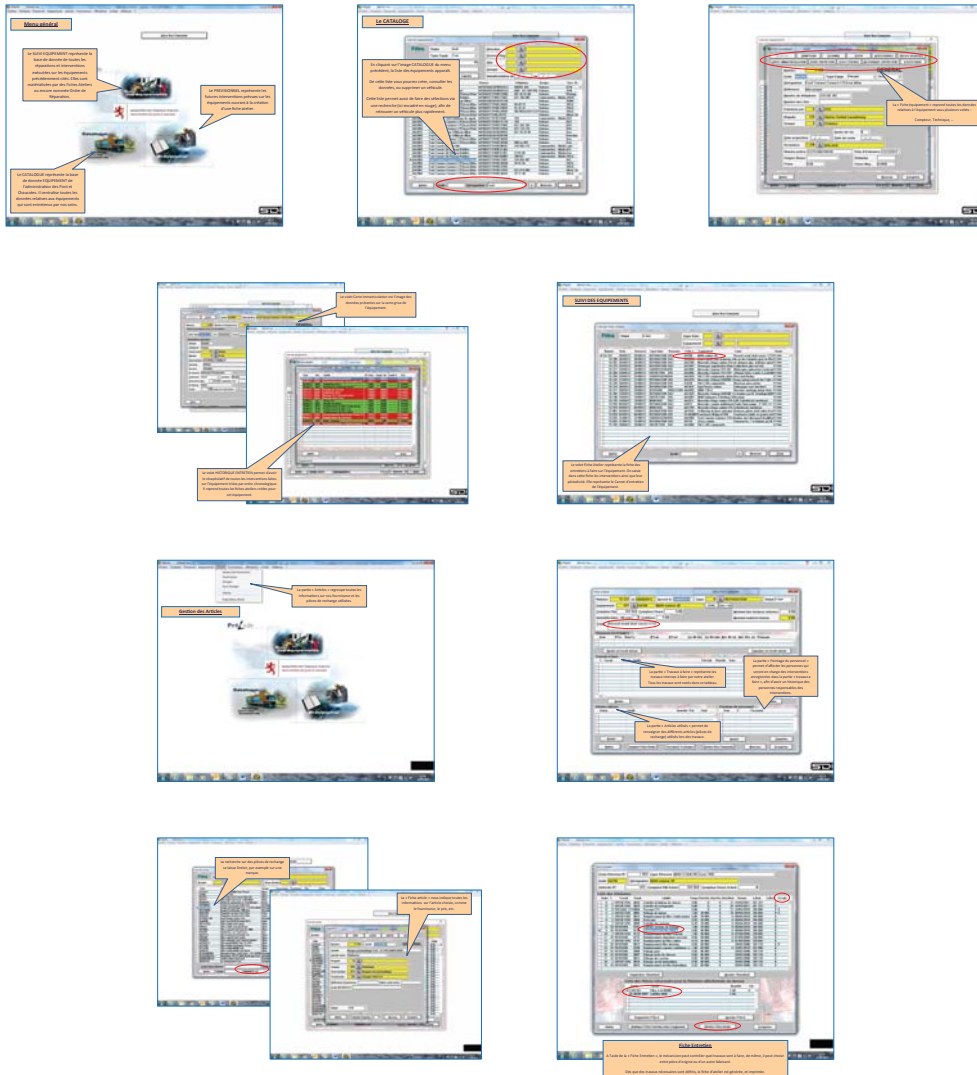
#### Frimokar® - Hochdruck – Vakuum – Reinigungssystem:

- Zweikammer Tank in Tank-System (Frischwasser ca. 7000 Liter (mit Selbstbefüllungspumpe) / Schmutzwasser ca. 9500 Liter)
- Hochleistungsradialgebläse, Luftleistung ca. 30000 m<sup>3</sup>/h, Vakuumleistung ca. 120 mbar, Drehzahl 3000 U/min
- Hochdruckpumpeneinheit „Jetstream“, Drei-Kolben-Hochdruckpumpe (wechselbar), Antriebsleistung ca. 250 kW
  - ▶ Pumpenkopf 1: max. Arbeitsdruck 1000 bar bei 120 l/min
  - ▶ Pumpenkopf 2: max. Arbeitsdruck 2750 bar bei 45 l/min
- Rotorenhabe hinten mit integrierter Saugkammer (Strassenreinigungssystem), drei Hochdruckdrehdurchführungen, Arbeitsdruck max. 1000 bar, drei Rotorenbalken mit jeweils sechs Hochdruckdüsen, Arbeitsbreite 2,20 m
- Rotorenhabe links oder rechts mit integrierter Saugkammer (Demarkierungssystem), zwei Hochdruckdrehdurchführungen, Arbeitsdruck max. 2750 bar, Arbeitsbreite variabel ( 30 – 60 cm )
- Schwemmbalken vorne, Niederdrucksprühanlage 84l / min bei ca 5,5 bar bei zwei Teilarbeitsbreiten (verstellbar), vier Teilarbeitsbreiten für Reinigungsmittel (Nokomis)
- Reinigungshandlanze Mitteldruck 100 bar bei 152 l / min





## Division des Ateliers Centraux Logiciel Prelude® - Gestion Atelier



Pour toute question supplémentaire, n'ayez pas peur de vous adresser à un de nos artisans.



1839

invention de la photographie par Niépce, Daguerre et Talbot. L'arrivée de la photographie permet l'enregistrement photographique des perspectives.

1849



Aimé Laussedat (1819-1907) développe une idée de l'hydrographe Beautemps-Beaupré: il imagine d'utiliser les perspectives dessinées comme des documents métriques à partir desquels il est possible de reconstituer le faisceau perspectif formé par l'ensemble des rayons visuels partant de tous les points d'une construction et aboutissant à l'oeil de l'observateur. Il crée alors la 'méthode des perspectives' en utilisant chaque perspective individuellement. Aimé Laussedat est considéré comme l'inventeur de la photogrammétrie.

1858



première prise de vue aérienne par Nadar (Gaspard Felix Tournachon) à bord d'un ballon à 80 mètres d'altitude.

1867



L'architecte Albrecht Meydenbauer (1834-1921) effectue les premiers tests en faisant un relevé de l'architecture de l'église de Freyburg-in-Unstrut à partir de photographies. Le premier appareil construit par Meydenbauer est aussi la première chambre de prise de vue spécialement destinée à la photogrammétrie. Il utilise pour la première fois le terme 'photogrammétrie' dans une publication dans le journal 'Wochenblatt des Architektenvereins zu Berlin'.

1901



Dr. Carl Pulfrich invente le premier stéréocomparateur. Il permet de mesurer de façon précise un couple de photos pris dans les conditions normales de stéréophotogrammétrie. Pulfrich est depuis ce jour considéré comme le père de la stéréophotogrammétrie.

1926

construction de la première chambre de prises de vues aériennes (RMK C3 Carl Zeiss Jena).

1930

Premier restituteur photogramétrique analogique comprenant des composants optiques et mécaniques de haute précision.



années '50

Prises de vues aériennes sur le Luxembourg à partir des années '50 (pour le compte des Ponts et Chaussées). Réalisation de projets photogramétriques à grande échelle: reconnaissance de terrain, stéréopréparation, détermination de points de calage, orientation des clichés stéréoscopiques, restitution photogramétrique à grande échelle (1964-1990), travaux cartographiques.

# PHOTOGRAMMETRIE

## DEFINITION

“ La photogrammétrie ('Bildmessung') est la science qui permet d'obtenir des informations fiables sur l'espace naturel ou sur les objets physiques par l'enregistrement, la mesure et l'interprétation d'images photographiques ou produites par rayonnements électromagnétiques ou autres phénomènes. ”

*Définition par la société internationale de photogrammétrie et de télédétection (ISPRS)*

# HISTORIQUE SOMMAIRE

Conception du premier restituteur analytique par le finlandais Uuno Helava. Grâce aux développements de l'informatique dans les années '50, la photogrammétrie analogique sera lentement remplacée par la photogrammétrie analytique. Presque toutes les fonctions mécaniques des nouveaux appareils mécano-optiques sont effectuées par un ordinateur. La commercialisation des restituteurs analytiques se fera à partir des années '70.

1957

Photogrammétrie analytique à grande échelle. Produits fournis par la Division des géomètres et de la photogrammétrie des Ponts et Chaussées: cartes digitales en 3D aux échelles 1:500 et 1:250, modèles numériques de terrain, orthophotos (résolution au sol 10 cm).

1990...2010



Photogrammétrie numérique: la commercialisation de caméras numériques aéroportées destinées aux prises de vues aériennes photogramétriques a révolutionné la photogrammétrie en fournissant des images dont la qualité dépasse de loin les images argentiques classiques au niveau de la radiométrie et de la géométrie. Les restituteurs analytiques sont remplacés par des stations de travail pour la photogrammétrie numérique.

2010 jusqu'à nos jours



# CAMPAGNE PHOTOGRAMMETRIQUE AERIENNE



## LES DIFFERENTES ETAPES

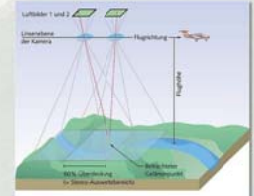
### 1. PLANIFICATION

Définition des besoins, détermination de l'équipement, reconnaissance de la zone de survol, établissement d'un plan de survol.



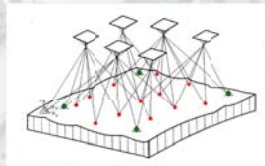
### 2. SURVOL

Survol de la région, prises de vues aériennes (évt. laser aéroporté), recouvrement longitudinal/latéral des photos (70%/40%).



### 4. AEROTRIANGULATION

Aérotriangulation numérique: géoréférencement de tous les clichés en employant la méthode de la compensation par faisceaux.



### 3. POINTS DE CALAGE

Planification, balisage et détermination de points de calage photogrammétrique dans la région survolée.



### 5. RESTITUTION PHOTOGRAMMETRIQUE

création de cartes digitales en 3D à grande échelle (1:500/1:250) de précision centimétrique à partir de prises de vue aériennes.



### 6. MNT

modèle numérique du terrain: représentation 3D de la surface terrestre, créée à partir de données altimétriques.



### CADASTRE DES TOITURES (optionnel)

modélisation en 3D des toitures.



### 7. ORTHOPHOTOS

production d'orthophotos (images aériennes rectifiées géométriquement et égalisées radiométriquement (résolution au sol 10 cm/5cm).



Toutes les prestations de service réalisées par la Division des géomètres et de la photogrammétrie sont validées suite à un contrôle qualité d'envergure, notamment en ce qui concerne la précision géométrique demandée au niveau des cartes 3D, des modèles numériques du terrain ou des orthophotos.



# CAMPAGNE PHOTOGRAMMETRIQUE TERRESTRE

## LASERGRAMMETRIE TERRESTRE



### 1. PREPARATION

inspection et préparation du chantier, planification des positions de scannage et du positionnement des réflecteurs.



### 2. SCANNAGE

mise en place des réflecteurs, calibration du système, scannage et photos de l'ouvrage depuis plusieurs positions, assemblage des positions isolées dans un même système de coordonnées.



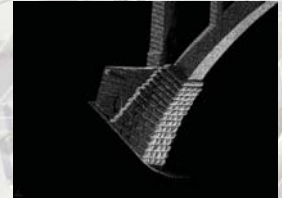
### 4. RESTITUTION

restitution de l'ouvrage, décomposition en primitives géométriques à partir du nuage des points et des photographies.

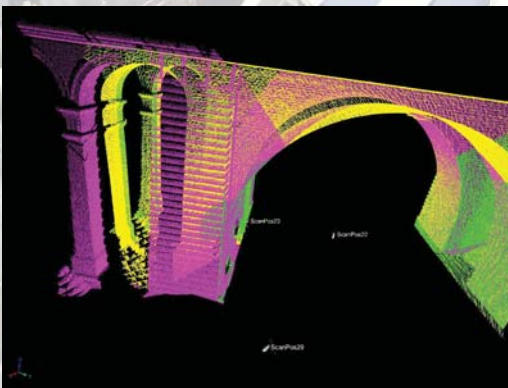


### 3. POST-TRAITEMENT

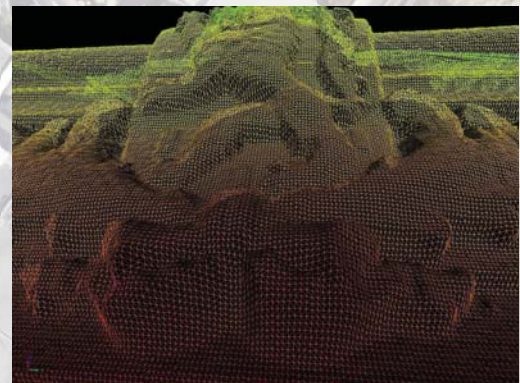
vérification du nuage des points, élimination des erreurs, opérations de filtrage et de classification.



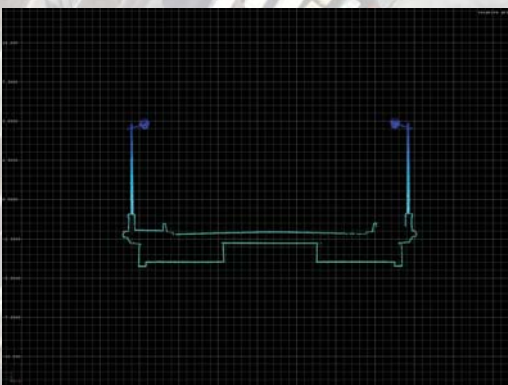
## EXEMPLES (PONT ADOLPHE)



nuage de points (différentes couleurs en fonction de la position de scannage)



maille tridimensionnelle d'un détail du pont



vue en profil du tablier du pont



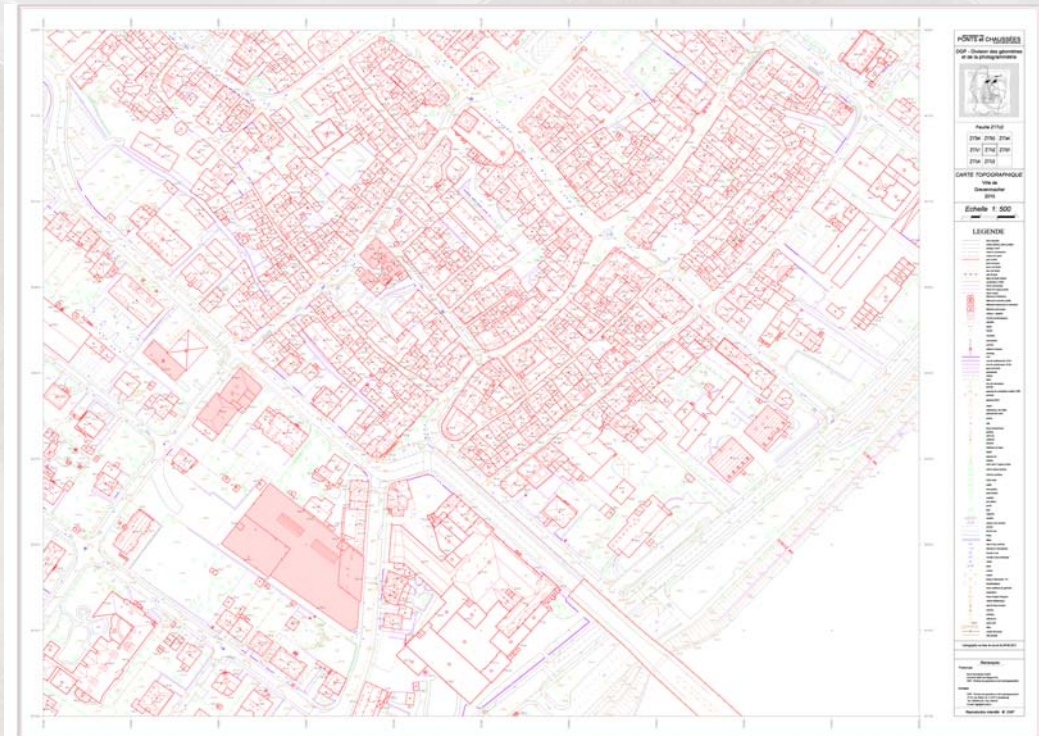
partie restituée



# PRODUITS (1)

## PLANS A GRANDE ECHELLE, CADASTRE DES TOITURES

### PLANS A GRANDE ECHELLE



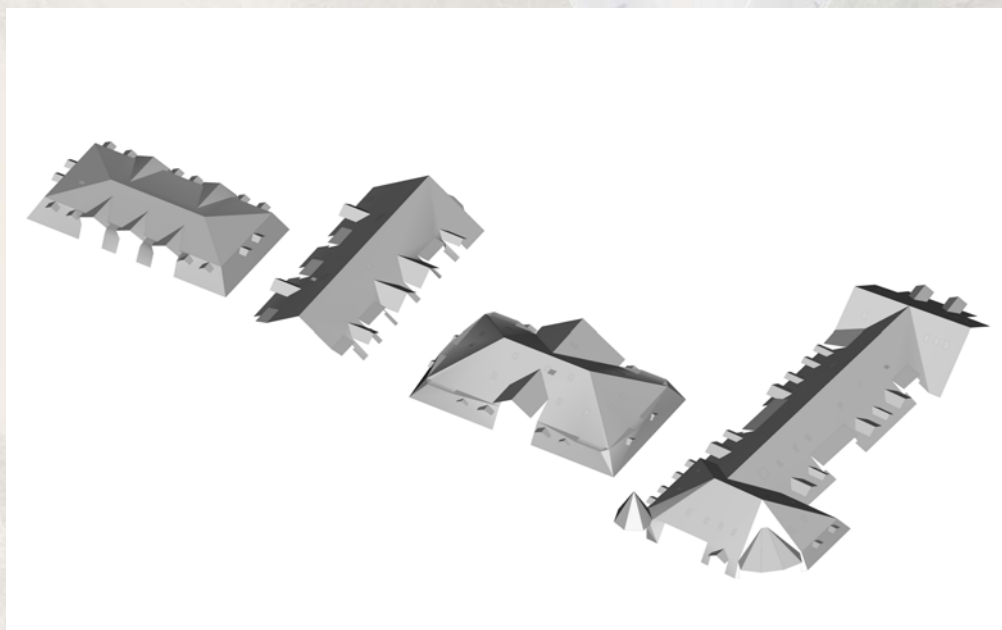
Plan topographique à l'échelle 1:500, Grevenmacher (2015)

plan topographique à l'échelle 1:500 créée à partir des données 3D de la restitution photogrammétrique.

fichier CAD

plans référencés dans le système national LUREF.

### CADASTRE DES TOITURES



Extrait du cadastre des toitures de Grevenmacher (2015)

mesurage des limites des toits, y compris les lucarnes, afin de réaliser un cadastre des toitures.

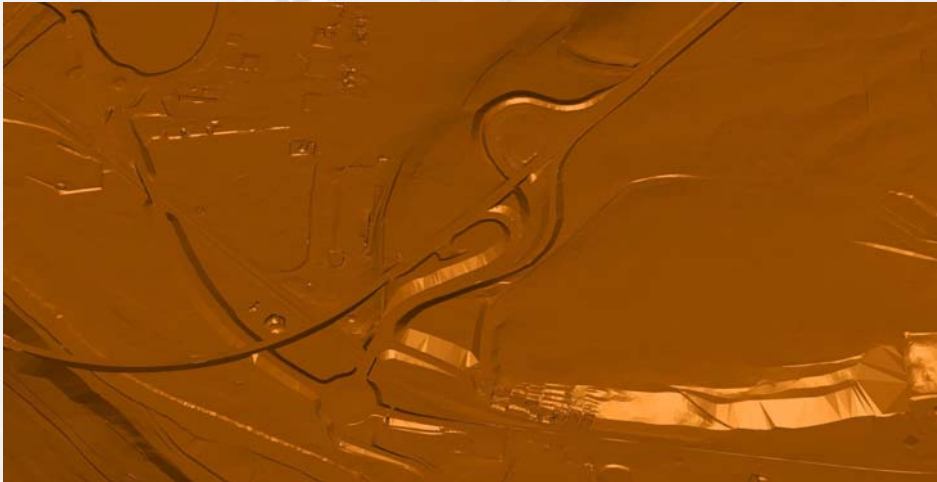
possibilité de réaliser une analyse du potentiel photovoltaïque pour le compte des communes



## PRODUITS (2)

### MODELE NUMERIQUE DU TERRAIN, MODELISATION 3D

#### MODELE NUMERIQUE DU TERRAIN



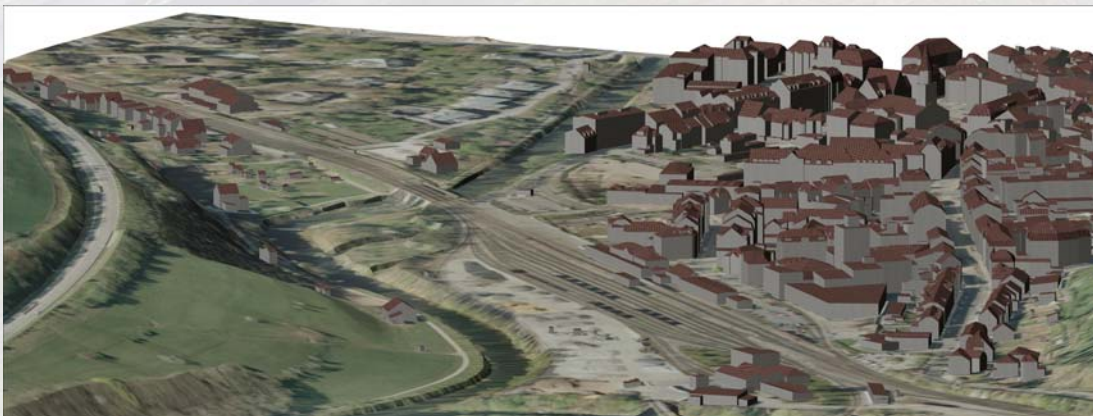
échangeur d'Ingeldorf

représentation 3D de la surface d'un terrain, y compris les ouvrages d'art (p.ex. ponts, barrages).

acquisition stéréoscopique à partir de prises de vue aériennes (lignes de rupture, points isolés, grille de points) et/ou nuages de points relevés par capteur laser (lasergrammétrie).

maillage triangulé.

#### MODELISATION 3D



modélisation 3D du quartier de la gare d'Ettelbruck

modélisation tridimensionnelle de la géométrie du paysage en tenant compte de la géométrie des bâtiments.

le sol est représenté par un maillage triangulé drapé d'une orthophoto.

les bâtiments sont extraits à partir du cadastre des toitures.



vue détaillée



# PRODUITS (3)

## ORTHOPHOTO, NUAGE DE POINTS (LASER AEROPORTE)

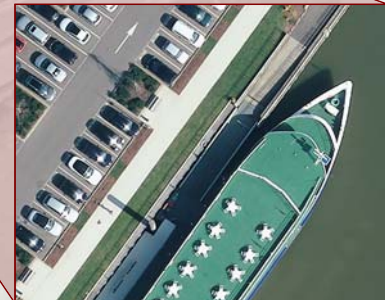
### ORTHOPHOTO



Grevenmacher (survol de 2015), résolution au sol: 10cm

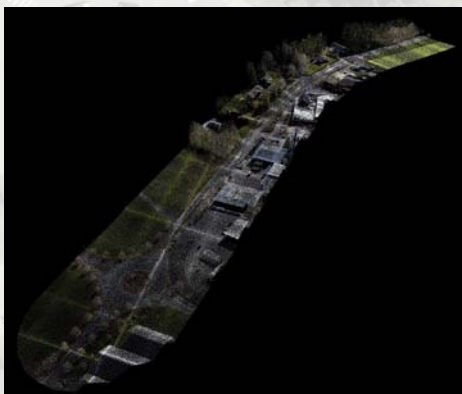
orthophoto: image aérienne de la surface terrestre rectifiée géométriquement et égalisée radiométriquement.

opérations nécessaires pour ortho-rectifier les images: orientation des images aériennes dans l'espace, calcul du relief grâce au modèle numérique du terrain, adaptation de la radiométrie (couleurs, contraste, saturation) des images, assemblage des photos et mosaïquage.



vue détaillée

### NUAGE DE POINTS (LASER AEROPORTE)



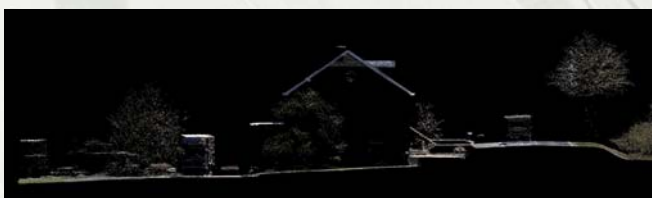
nuage de points (partie de la N7)

balayage du sol à l'aide d'un laser aéroporté à bord de l'avion.

mesurage de la distance et de la réflectivité de chaque point rencontré dans l'espace et calcul des coordonnées de chaque point.

post-traitement du nuage de points: classification (sol, toits, végétation, etc.) et élimination des erreurs.

produits dérivés: modèle numérique de terrain, profil en long, profils en travers, modélisations en 3D.



nuage de points (vue en profil)



# SYSTEME D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES

## LES DONNEES GEOGRAPHIQUES

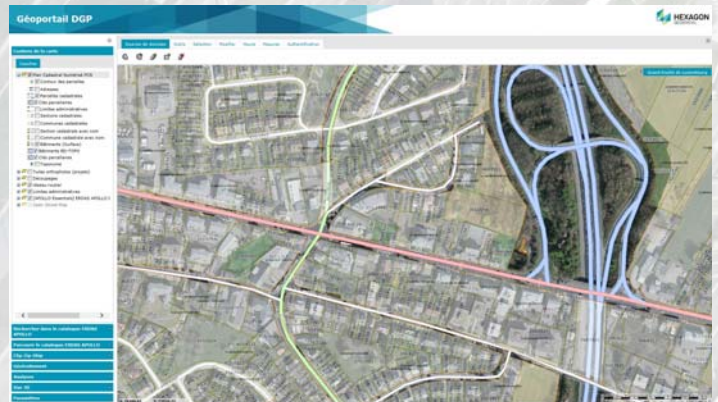
### DEFINITION

Un système d'informations géographiques décrit un système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et afficher différents types de données spatiales et géographiques.

Les logiciels SIG assurent les fonctions suivantes: la saisie des données (acquisition), la gestion (archivage), la manipulation et l'interrogation (analyse), la visualisation (affichage), la représentation du monde réel (abstraction) et la prospective (anticipation).

Une donnée est dite 'géographique' lorsqu'elle fait référence à un ou plusieurs objets localisés à la surface de la Terre. Ses coordonnées sont définies par un système de référence spatiale (LUREF pour le Grand-Duché de Luxembourg).

Couches thématiques (exemples): infrastructures routières (axes de la voirie, ouvrages d'art, couloir bus, glissières, radars, murs californiens etc.), pistes cyclables, cartes topo., orthophotos, prises de vue aériennes, etc.



### REQUETE EXEMPLAIRE: EVOLUTION D'UN SITE OU D'UNE REGION AU FIL DU TEMPS



1970



1981



1985



2004



2000



1996



2008



2014

Applications: urbanisme, cadastre de sites pollués, documentation historique etc.



# TOPOGRAPHIE

## LES DIFFERENTES APPLICATIONS

### PRODUCTION



point de calage signalé



clou d'arpentage

#### points de calage

détermination des coordonnées (x,y,z) des points de calage pour le géoréférencement des prises de vue aériennes.



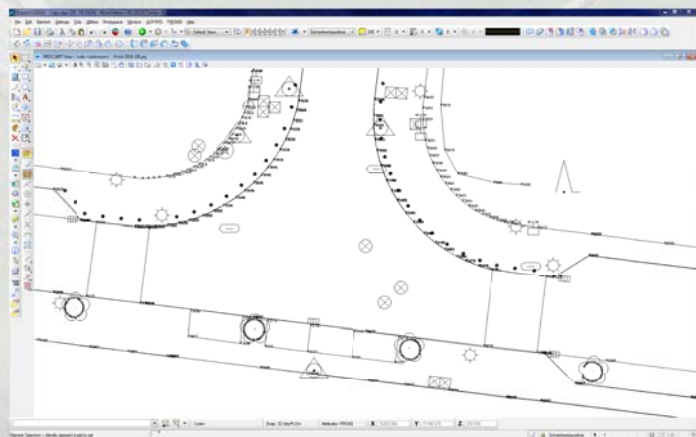
RNG de l'ACT



repère de nivellement PCH

#### gestion et densification du réseau géodésique de l'administration

basé sur un large réseau de l'administration du cadastre, l'administration des ponts et chaussées détermine des points de référence supplémentaires afin de garantir une couverture plus dense notamment le long de l'infrastructure routière du pays.



CAD - Extrait d'un lever 3D

#### leviers topographiques 3D

points levés dans le terrain par tachéométrie et par nivellement afin de produire une cartographie 3D de la situation existante. Ces leviers topographiques sont utilisés notamment dans le cadre des études ou de l'exécution de projets de génie civil, ou servent à réaliser des plans 'as built' de l'infrastructure routière.

### NIVELLEMENT, TACHEOMETRE ET SOLUTIONS A GPS



Nivellement à haute précision



Tachéomètre (Station totale & Smart Pole)



Station mobile de GPS



# Division des travaux neufs

## Nos Missions, nos chantiers, nos projets



La division des travaux neufs est chargée:  
 - de la conception et de la réalisation des infrastructures des transports: autoroutes, voies expresses, contournements régionaux, y compris l'éclairage public ainsi que les équipements électromécaniques et de sécurité;  
 - des travaux des entretiens normal et constructif de la piste, du taxiway et de la voirie connexe de l'aéroport de Luxembourg, y compris la viabilité hivernale, ainsi que des autres travaux d'infrastructure à réaliser sur cet aéroport et  
 - de la gestion de la cellule pour la surveillance des chantiers.  
 La division des travaux neufs peut être chargée de la conception et de la réalisation de l'infrastructure des travaux de génie civil pour d'autres départements ou sociétés chargées de la gestion d'infrastructures publiques.

(Art. 3 du règlement grand-ducal du 28 avril 2011 déterminant l'organisation de l'Administration des ponts et chaussées)

Actuellement, une trentaine de personnes sont occupés dans les divers domaines concernés par la DTN

Les études concernant la Grande voirie, contournements de localités, les voies pour autobus sur les autoroutes et à l'approche des grands centre d'agglomération, les pôles d'échange multimodaux en relation avec les transports publics routiers, les infrastructures dans la zone de l'aéroport, .....

### Les plus grands chantiers en cours, sont:

- Ban de Gasperich
- Echangeur de Dudelange-Burange
- Echangeur de Hellange
- Echangeur de Schifflange
- Liaison Micheville
- Rocade de Differdange

### **Route du Nord**



### **Liaison Micheville**



### **Aéroport**





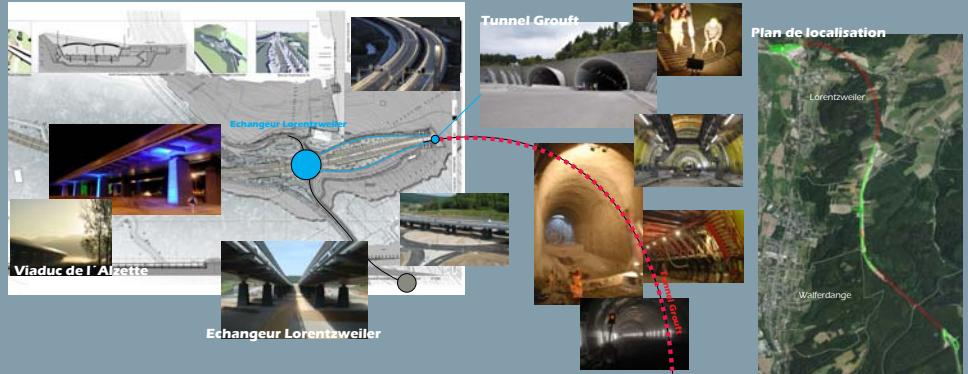


# Division des travaux neufs

## Route du Nord



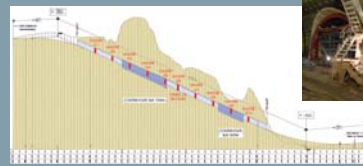
Comme pour tous les grands projets routiers, de nombreuses variantes étaient à l'origine de la définition du tracé final. Le raccordement de la Route du Nord était initialement prévu sur l'autoroute [A6] (Contournement de la ville de Luxembourg resp. Autoroute d'Arion) à la hauteur de la localité de Strassen. Comme la population se montrait défavorable vis-à-vis de cette variante « Ouest », une variante, dont le tracé devrait passer par la vallée de l'Alzette, a été étudiée. Cette solution a été également abandonnée vu la densité élevée des constructions existantes et vue que le tracé se situerait dans la majeure partie en zones inondables. Finalement la variante « Est » avec le passage à travers le « Gréngewald » via les lieux-dits « Gousseleberg », « Grouft », « Heeschdréferberg » et « Stafelter » a été retenue avec le raccordement à l'autoroute de Trèves [A1] près du Plateau de Kirchberg. Ce tronçon de route reliant Luxembourg et Mersch, est déterminé par la loi du 27 juillet 1997.



### Le tunnel Grouft

est constitué de 2 tubes, un tube à 2 voies de circulation (trafic descendant) et un tube à 3 voies de circulation (une voie lente a été ajoutée pour le trafic montant)

- Longueur: 2 966 m
- Largeur nette de la chaussée: 7 m (tube 2 voies) ; 10,50 m (tube 3 voies)
- Pente longitudinale: 4,50 ‰
- Section maximale d'excavation : 111,70 m<sup>2</sup> pour les profils en fer à cheval
- 164,10 m<sup>2</sup> pour les profils en contre-voute
- Volume maximal de l'excavation: 600 000 m<sup>3</sup> (non foisonné et sans hors-profil)
- Volume du béton de revêtement: 85 000 m<sup>3</sup> (avec béton des hors-profil estimés)
- Volume du béton projeté de l'anneau ext. : 75 000 m<sup>3</sup>
- Etanchéité des tunnels: 190 000 m<sup>2</sup>



### Passage à gibier «Rengelbur»

L'ouvrage est du type double cadre ouvert de 150 m de longueur. La dalle, d'une épaisseur variant entre 1,15 m et 0,80 m, repose sur trois voiles de 60 cm, respectivement 65 cm d'épaisseur. Les fondations présentent des semelles superficielles, appuyées sur la roche. Tous les éléments de la structure sont en béton armé.

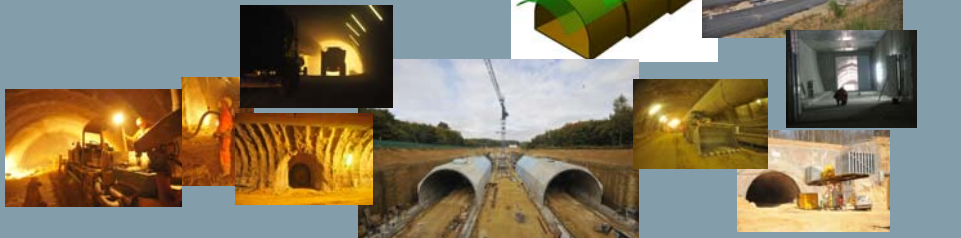
**La réalisation** se fait en tranchée ouverte, c'est à dire que le coffrage, le ferrailage et le coulage du béton sont exécutés dans une fouille classique. Par après, un remblaiement autour et sur la dalle permettra de rétablir la végétation locale.



### Le tunnel Stafelter

est constitué de 2 tubes, chacun à 2 voies de circulation

- Longueur: 1 850 m
- Largeur nette de la chaussée: 7 m (tube 2 voies)
- Pente longitudinale: max 0,50 ‰
- Profil-type d'excavation : 72,39 à 76,15 m<sup>2</sup>
- Volume maximal de l'excavation: 300 000 m<sup>3</sup> (non foisonné et sans hors-profil)
- Volume du béton de revêtement: 42 500 m<sup>3</sup> (avec béton des hors-profil estimés)
- Volume du béton projeté de l'anneau ext. : 22 000 m<sup>3</sup>
- Etanchéité des tunnels: 85 000 m<sup>2</sup>





## Geschlossene Bauweise

Bei der geschlossenen Bauweise erfolgt die Herstellung bergmännisch überwiegend nach der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise NÖT, auch Spritzbetonbauweise genannt. Der Tunnel wird entweder in der klassischen Bauweise mittels Bohr- und Sprengvortrieb beziehungsweise mittels mechanischem Ausbruch durch Bagger, Rippiergeräten und Teilschnittmaschinen TSM oder maschinell mittels einer Tunnelbohrmaschine TBM (siehe Exponat) ausgegraben. Bei der klassischen Bauweise unterscheidet man zwei Ausbrucharten, den Vollausbruch, wobei der Gesamtquerschnitt ausgebrochen wird und den Teilausbruch, meist durch Kalotten- und nachfolgendem Strosseausbruch. Bei längeren Tunneln im Gebirge und im Hochgebirge kommt oft nur der Gegenortvortrieb als Bauweise in Frage, dies um die Bauzeit auf eine wirtschaftlich sinnvolle Zeitdauer zu begrenzen. Beim Gegenortvortrieb wird die Röhre von beiden Enden des zu erstellenden Tunnels ausgebrochen, eventuell ergänzt um weitere Vortriebe von Zwischenangriffen aus. Die großen Autobahntunnel wurden nach der NÖT Bauweise nach der klassischen Arbeitsmethode hergestellt, der Tunnel Markusberg mittels Baggerausbruch und die drei großen Tunnelbauwerke der Nordstraße A7 (Tunnel Gousselerberg, Grouff und Stafelter) mittels Bohr- und Sprengvortrieb. Dabei wurden die Tunnel Gousselerberg und Grouff im Gegenortvortrieb ausgebrochen.

## Offene Bauweise

Beim Tunnelbau in offener Bauweise erfolgt die Herstellung des Tunnelbauwerks in einer offenen Baugrube, die anschließend wieder verfüllt wird. Die offene Bauweise wird überwiegend bei geringer Überdeckung verwendet. Bei der herkömmlichen offenen Bauweise bleibt die Baugrube während der gesamten Bauzeit offen. Nach Fertigstellung des Bauwerks wird die Baugrube wieder verfüllt. Bei der Deckelbauweise wird eine Schlitzwand oder Bohrpfahlwand aus Stahl- oder Stahlbeton-Bohrpfählen errichtet, zwischen denen die Baugrube ausgehoben wird. Sobald die Höhe erreicht ist, in dessen Bagger und Radlader arbeiten können, wird die Grube zur Aufrechterhaltung des darüber fließenden Straßenverkehrs abgedeckt. Beim Taktvorschub wird ein Tunnelbetonteil neben der endgültigen Stelle hergestellt. Entweder nach dem kompletten Entfernen der Erdmassen oder durch kontinuierliches Entfernen und phasenweise Schieben, wird das Tunnelbetonteil über eine vorab gefertigte Bodenplatte an die entsprechende Stelle geschoben. Die Grube wird daraufhin wieder aufgefüllt. Innerhalb kürzester Zeit werden die Verkehrsverbindungen wiederhergestellt damit der Verkehr wieder fließen kann. Der Tunnel "Central Gate" auf der neuen Liaison Micheville wurde nach dieser Methode gebaut. Der Bau von Tunnel ist sehr investitionsintensiv. So schlägt ein zweistreifiger Straßentunnel, welcher bergmännisch in mittelschweren Bodenverhältnissen hergestellt wird, mit etwa 25.000 Euro pro Meter zu Buche. Dies ist nur ein Durchschnittswert, der nach unten, vor allem aber stark nach oben hin abweichen kann. Dazu entfallen in der Regel noch gut und gerne 20 Prozent auf die Ausstattung des Tunnels, zum Beispiel Beleuchtung, Belüftung, Überwachungskameras, Notrufsäulen usw. Neben den zum Teil enormen Baukosten ist die Unterhaltung des Tunnels ebenfalls sehr kostspielig. So rechnet man im Schnitt mit jährlichen 180.000 Euro Folgekosten pro Kilometer Tunnelstrecke.

**Equipements** Un tunnel d'une longueur de 100 m ne necessite pas d'equiptement particulier. Des encoches d'arret seront installees devant les deux trémies. Elles seront equipées de bornes d'appel d'urgence et d'hydrants, permettant l'alimentation par les chambres de surpression des tunnels Grouff et Stafelter. L'éclairage dans le tunnel sera conçu de manière à ne pas avoir d'effet négatif sur le bon fonctionnement des passages à gibier et à répondre au mieux aux exigences liées à la sécurité du trafic. La section courante ne sera pas éclairée.

Par après, un remblaiement autour et sur la dalle permettra de retabir la végétation locale. Le tunnel est subdivisé en tronçons de 25 m, dont tous les 25 m un joint de dilatation sera mis en oeuvre, ce qui confère à l'ouvrage une certaine flexibilité pour pouvoir se soustraire aux sollicitations et s'adapter aux mouvements, dus aux effets de tassement. Ce compartimentage régulier permet l'automatisation du coffrage à l'entreprise. La longueur des étapes de bétonnage des voiles, ainsi que de la dalle sera de 25:2 = 12,5 m ou 25:3 = 8,33 m, ceci en fonction du plan-ning de l'entreprise.

## Historisches zu den Orten Grouff, Stafelter

### Grouff

Der Tunnel Grouff durchläuft das Kuelent-Massiv, dessen Bergspitze mit einer Höhe von 428 Metern einer der höchsten Punkte des Gutlandes und somit auch des Gréngewald ist. Demgemäß hieß der Tunnel am Beginn der Planungen zur Ostvariante Kuelent und erhielt erst später den Namen Grouff, da er die gleichnamigen Quellenflässchen der Gemeinde Lorentzweiler durchläuft.

Der Name Kuelent oder Kueleberg rührt daher, da auf dieser Anhöhe wahrscheinlich im 17. Jahrhundert Holzkohle für die Eisenverhüttung in Fischbach hergestellt wurde.

Seit dem Altertum ist die Herstellung von Holzkohle in Meilern bekannt. Hierbei setzen die Köhler – Arbeiter, dessen Aufgabe es ist, aus Holz Holzkohle herzustellen - Holzschichte in kegelförmige Haufen (Meiler) um Pfähle, legten ein mit Reisig und Spänen gefüllter Feuerschacht an und schafften eine luftdichte Decke aus Gras, Moos und Erde. Im Feuerschacht wird der Meiler entzündet, sodass der Verkohlungsprozess einsetzt. Nahe dem Kuelent befindet sich in einem Felsvorsprung die mysteriöse Grotte Fauteuilfels mit einem Umfuss von etwa 9 x 5 Metern. Die Herkunft der Höhle wie auch dessen Name ist umstritten. Auf der Anhöhe des Kuelent befinden sich neolithische Überreste und auch die benachbarten Felsen zeigen prähistorische Felszeichnungen. War die Höhle etwa von prähistorischen Menschen bewohnt?

Dessen Name könnte eventuell vom französischen Wort „Faulde“ daher rühren, das den Standort für das Errichten des Meilers für die Holzkohleherstellung bezeichnet. Vielleicht war die Höhle im 17. Jahrhundert auch von Köhlern bewohnt?

Erst Ende des 18. Jahrhunderts erhielt die Grotte ihren religiösen Charakter, da er als Zufluchtsort während der Französischen Revolution galt, indem man auch Messen zelebrierte. Gegen 1840 wurden der aktuelle Altar und die Statuen eingerichtet, sie stammen allesamt aus der zerstörten Kirche in Blascheid.

### Stafelter

Zur Herkunft des Namens Staffelfein, mundartlich Stafelter, gibt es mehrere Versionen.

An der Wegekreuzung am Waldrand lag früher der sogenannte Staffelfein, ein großer flacher Stein in Tischform, an dem einst die Rechtsverhältnisse geregelt worden sein sollen.

Der Name kann auch daher rühren, dass früher an der hier vorbeiführenden wichtigen römischen Straße ein Stapelstein oder Stapelplatz war, an dem Waren gehandelt wurden.

Der Name kann ebenfalls auf das lateinische Wort „Stabulum“ zurückgehen, dessen Bedeutung Herberge bzw. Stall ist.

Vor etwa zwanzig Jahren hat man unterhalb der Grotte Schetzelläus am linken Ufer der dort entspringenden Schetzellbaach,

Quelle der Weißen Ernz, etwa einen Kilometer vom Staffelfein entfernt, Unterbauten einer gallorömischen Niederlassung entdeckt.

Zweifelsohne war dies eine Herberge für die Reisenden mit ihrem Gespann. Nach Zusammenbruch des Römischen Reiches und der Ansiedlung germanischer Völker, könnten diese den Namen in Staffelfein umgewandelt und den Ort an die bekannte Wegekreuzung übertragen haben.

Dieser markierte eine richtige Etappe, eine Staffel, wobei die natürliche Anhöhe den Reisenden eine Ruhepause ermöglichte.

Am Stafelter liegt heute eines der wenigen Häuser im ausgedehnten Waldmassiv des Gréngewald.

Das älteste Hinweis auf ein Haus bzw. einen Hof an dieser Stelle stammt aus einer Eintragung der „Administration des biens de la Cour Grand-ducale Luxembourg“ aus dem Jahr 1889.

Das Haus war früher Wohnsitz eines in den Diensten des Großherzogs stehenden Försters und ein Treffpunkt für die Jagd. Später beherbergte das Haus ein Café und war lange Zeit ein beliebtes Ausflugsziel der Bewohner der Stadt Luxemburg und den Einwohnern aus den umliegenden Dörfern. Zurzeit wird das Haus Stafelter

renoviert um später als Informationszentrum über den Gréngewald sowie als Ausgangspunkt für Wanderungen im größten zusammenhängenden Wald Luxemburgs zu dienen.

### Anwendung auf den Tunnel Stafelter

Das im Tunnel Stafelter angewendete Prinzip des Rohrschirms besteht aus einem Hüllrohr von 15 m Länge und 90 mm Durchmesser (ALWAG AT-Hüllrohrsystem). Der Pilotmeißel und die Einweg-Ringbohrkronen sind mit einer Bajonettkupplung verbunden. Diese beiden Elemente schaffen ein Bohrloch von ausreichendem Durchmesser um das Hüllrohr einzuziehen. Der Pilotmeißel und die Ringbohrkronen drehen mit dem Bohrstrang, das Hüllrohr dreht nicht mit. Die Distanz zwischen den Hüllrohren variiert zwischen 35 cm und 44 cm und die Besetzung der Bohrkrone wird auf die anstehende Geologie angepasst. Zum Einbohren der Röhre werden die gleichen Vortriebsbohrwagen wie für das Sprengloch- und Ankerbohren verwendet.

Nach Fertigstellung der Bohrung wird der Pilotmeißel durch eine leichte Rückwärtsdrehung entriegelt. Nun werden der Bohrstrang und der Pilotmeißel durch das Hüllrohr zurückgezogen. Vermessungstechnisch wird die Lagegenauigkeit festgestellt und protokolliert.

Durch Einpumpen von Injektionsmaterial über die Verschlusskappe am Bohrlochende und durch die Löcher in den Hüllrohren wird das Rohr samt Ringraum verfüllt. Nun kann der sichere Ausbruch an der Ortsbrust erfolgen.



#### Variantenfindung Nordstraße A7

Der Verlauf des Teilstücks Luxemburg – Mersch der Nordstraße A7 wird durch das Gesetz vom 27. Juli 1997 bestimmt.

Wie bei fast jedem größerem Straßenbauprojekt, waren der endgültigen Trassenfindung viele Varianten vorausgegangen. Ursprünglich sollte die Nordstraße bei Strassen an die Umgehung A6 der Stadt Luxemburg anschließen. Die Pläne der sogenannten Westvariante wurden jedoch nach Einsprüchen der Bevölkerung aufgegeben und es entstand die Idee einer Alzettevariante, dessen Strecke durch das Tal der Alzette verlaufen sollte. Wegen dessen hohen Bebauungsdichte und da das Tal als Überschwemmungsgebiet ausgewiesen ist, musste auch diese Variante aufgeben werden. Zurückbehalten wurde schließlich die sogenannte Ostvariante mit der Durchquerung des Gréngewald und dessen Orten mit den Flurnamen Grouff und Stafelter und dem Anschluss an die Autobahn A1 nahe Kirchberg.

#### Der Tunnel Stafelter

befindet sich momentan noch im Bau und wird mit der Eröffnung des Teilstücks Waldhaff – Lorentweiler für den Verkehr freigegeben.

Der Tunnel Stafelter erstreckt sich von der Anschlussstelle Waldhaff zur Hochebene des Heeschdréferberg und hat eine Gesamtlänge von 1'850 m, wovon am Nordportal 200 m in der offenen Bauweise ausgeführt wurden.

Merkmale und Herausforderungen des Tunnel Stafelter sind:

auf der Gesamtlänge des Tunnels, geringe Überdeckung (max. 15 m) im Luxemburger Sandstein, vom Südportal aus, Sprengvortrieb auf 2 Fronten nach NATM, Neue Österreichische Tunnelbauweise NOT, auf Höhe des Hauses Stafelter, Abschnitt mit sehr geringer Überdeckung (etwa 3 m) und unvorteilhafter Geologie, Ausbruch im Teilquerschnitt im Schutze eines Rohrschirms. Hier soll insbesondere auf das Prinzip des Rohrschirmsystems (Voûte parapluie) eingegangen werden.

#### Das Rohrschirmsystem

Das Rohrschirmsystem ist ein spezielles Bauverfahren um im Lockergestein sicher einen Tunnel mittels vorausseilender Stützung der Tunnelaußenseite vorzutreiben.

In den lockeren Untergrund werden entlang des Tunnelprofils mit Öffnungen versehene Stahlrohre schräg in Vortriebsrichtung gebohrt, in welche Injektionsmaterial eingepresst wird, wodurch das umgebende Gestein gewissermaßen verfestigt wird. Dabei werden im Tunnel und über dem Tunnel Gefahren aus Nach- und Verbrüchen weitestgehend minimiert und an der Ortsbrust entsteht ein sicherer Schirm, unter dessen Schutz der Tunnel ausgebrochen werden kann. Vor Erreichen des Endes des Schirmes wird ein neuer Schirm gebohrt, um so eine Überlappung der Schirme zu erreichen. Durch das schräge Ansetzen der Schirme entsteht ein sogenannter Sägezahn.





# Division des travaux neufs

## Liaison Micheville

### Tunnel «Central Gate»



Le tunnel, d'une longueur de 735m, représente le plus gros ouvrage de génie civil du projet de liaison entre Esch-sur-Alzette (L) et Micheville (F). Le «Central Gate» est l'artère principale du site. Orienté globalement selon un axe Sud-Nord, il présente en plan un tracé formé par un tronçon droit de 600 mètres côté Micheville et un virage d'un rayon de 300m sur les 135 derniers mètres côté Esch-sur-Alzette.

Caractéristiques principales:

Tunnel «bi-tube»  
2 voies de circulation de 3,50m  
trottoir latéral de 1,20m  
trottoir central de 1,20m  
dévers maximal: 5%  
dévers minimal: -5%  
rayon minimal de 300m  
alignement droit maximal de 610m  
pente maximale: 2.25%



Sur ces photos vous voyez les vérins qui ont été utilisés pour le fonçage d'une part du tunnel au-dessus des lignes CFL. Ce fonçage - qui représente le plus grand jamais construit au monde - a été réalisé en seulement 4 jours.

Construction d'un local technique avec intégration d'une alimentation d'eau souterraine datant des années 1900.



### Evolution du site de 2001 à 2013







# Division des travaux neufs

## Réaménagement du Ban de Gasperich



Le ban de Gasperich est un terrain de 70 hectares situé au sud de la capitale qui va accueillir un nouveau quartier. Un centre commercial, un centre d'intervention, un hôtel, un lycée ainsi que des appartements et un parc vont y être installés. Le premier bâtiment sur le ban de Gasperich est l'académie européenne de PricewaterhouseCoopers.

Le réseau routier du ban de Gasperich est conforme au principe du développement durable et vise la favorisation de la mobilité douce et des transports en commun.

### Boulevard Raiffeisen



Le boulevard Raiffeisen est caractérisé par des voies latérales réservées au transport en commun et des voies de dessertes latérales réservées pour desservir les immeubles longeant le boulevard. L'espace-rue principal est délimité par des bandes de verdure de 6m de largeur au milieu et de 2m de largeur sur les deux côtés. Le boulevard Raiffeisen comprend 2x2 voies de circulation avec un élargissement aux carrefours pour intégrer les voies de tourne-à-gauche.

### Boulevard Kockelscheuer



Le boulevard Kockelscheuer comprend une voie de l'État ainsi qu'une voie de desserte latérale. Les voies réservées au transport en commun sont aménagées au milieu de l'espace-rue «double sens» et sont séparées des voies de circulation par des bandes de verdure. L'espace-rue latéral comprend des îlots de verdure séparant les pistes cyclables et les trottoirs de la voirie.

## Réaménagement de l'échangeur Pontpierre sur l'A4

Le projet a pour but la construction d'un échangeur sur l'autoroute A4 entre Luxembourg et Esch-sur-Alzette, au droit de la R.N. 13 à Pontpierre. Cet échangeur comprendra quatre bretelles venant se raccorder sur un nouveau rond-point créé sur la R.N. 13 en tenant compte de l'élargissement futur à 3 voies de l'autoroute.

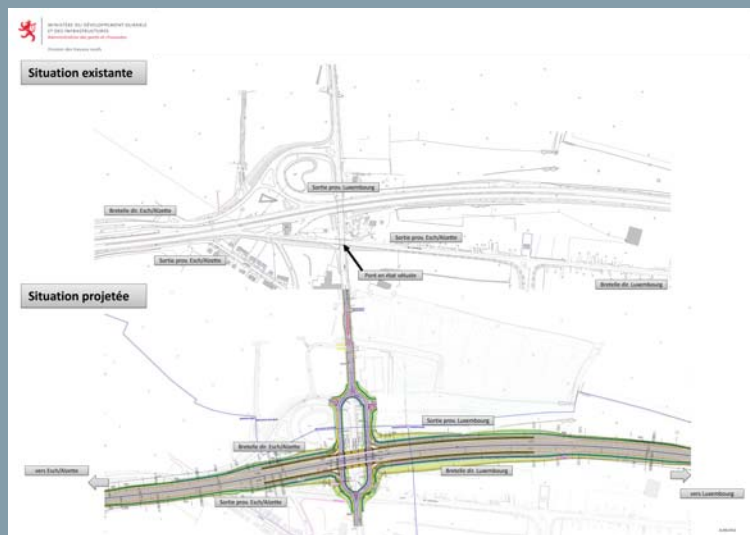
Le pont actuel au niveau de la route de l'Europe sera démolì, cette route se terminera donc par une zone de demi-tour.

La partie voirie comprend notamment:

- la démolition de l'ouvrage existant de la Route de l'Europe
- la réalisation d'un échangeur
- la construction d'un rond-point sur la R.N. 13
- l'évacuation des eaux superficielles
- la déviation ou la protection des réseaux existants

La partie ouvrage comprend notamment:

- la démolition de l'ouvrage existant de l'autoroute A4
- la reconstruction d'un ouvrage de l'autoroute
- la démolition de l'ouvrage existant sur la Mess
- la construction d'un nouvel ouvrage sur la Mess
- la construction de murs de soutènement le long de l'autoroute





# Division des travaux neufs

## Les ouvrages d'art

Nous avons pour mission la gestion d'à peu près 265 ouvrages du patrimoine de la grande voirie. A cet effet, des inspections sont effectuées régulièrement pour définir les projets de réparation relatifs. Si un ouvrage est réhabilité, il convient uniquement de procéder aux réparations des dégâts observés, mais d'autres sujets sont à traiter également, comme p. ex.: dispositifs antibruit, garde-corps etc...

### Exemple, les ouvrages d'art:

O.A. 1036:  
Pont à 2 travées en béton précontraint  
Travées de 20,80m et de 20,70m  
Largeur 26,56m  
Surface 1250m<sup>2</sup>



O.A. 1007:  
Pont à 2 travées en béton précontraint  
Travées de 25,39m et de 21,17m  
Largeur 10,00m  
Surface 480m<sup>2</sup>

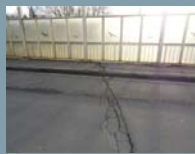
### Pathologies des ouvrages d'art à Strassen et ailleurs:

#### Appareils d'appuis



Les frettes métalliques sont corrodées  
Les caoutchoucs sont desséchés, craquelés et fissurés.  
Les plaques métalliques sur les culées sont abimées.

#### Les joints de pont



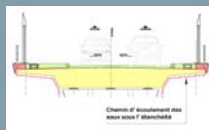
Les dilatations sont absorbées par les enrobés.  
Des fissures apparaissent.  
L'eau peut s'infiltrer dans la structure.

#### Les superstructures



C'est une zone d'interface inaccessible ayant pour conséquences:  
Un entretien est impossible.  
Des dégradations des bétons et enrobés.  
Un aspect sale de la paroi.

#### Les étanchéités défectueuses



La performance des produits d'étanchéité est dégradée  
- elles sont abimées par des travaux divers



#### Les bétons



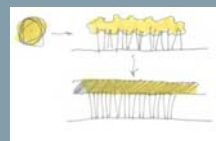
Les bétons carbonatés  
Des fissures apparaissent localement  
Des épaufrures laissant les armatures apparentes

### Les superstructures, volet architectural:

Constat:



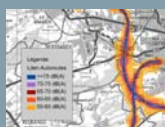
Le croisement de l'autoroute A6 avec la route d'Arlon est un repère important au niveau national. Le passage de l'autoroute sépare en deux le territoire communal de Strassen.  
Un trafic important et une végétation omniprésente et dense le long de l'autoroute.



Le mur végétal «vivant» projeté sur ce croisement urbain bruyant de routes et autoroutes constitue un substitut écologique aux murs de ciment conventionnels.  
Il favorise une absorption du son et convient donc parfaitement en bordure de route à circulation intense.  
Un tel écran végétal crée aussi un paysage plus naturel et son impact sur la perception procure un effet apaisant.

### Conception des dispositifs antibruit:

Extrait de la carte de bruit:



Les doubles tôles en acier perforées selon une trame précise et filigrane représentent graphiquement les couronnes des arbres. Elles permettent un jeu de lumière et de transparence très particulier. Des textes ou graphiques pourront être rajoutés sur ces tôles.

Etude exécutée par le ministère de l'environnement.

### Aménagement projeté et intégration urbaine:







# Division des travaux neufs

## Le Service de l'aéroport

Le service de l'aéroport est chargé « des travaux d'entretiens normal et constructif de la piste du taxiway et de la voirie connexe de l'aéroport de Luxembourg, y compris la viabilité hivernale, ainsi que des autres travaux d'infrastructure à réaliser sur cet aéroport ».

### Détails

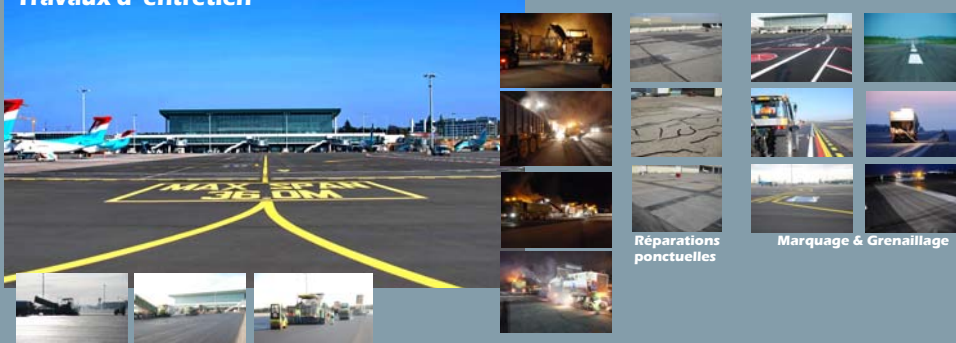
- \*Loi du 14/07/2005 relative à la revalorisation du site du Höhenhof: travaux d'aménagement et de remblaiement.
- \*Loi du 22 décembre 2004 sur la mise en conformité de l'assainissement de l'Aéroport: travaux d'assainissement.
- \*Entretien constructif (génie civil)
- \*Service estival / hivernal
- \*Pipeline (NATO)
- \*Dépôt carburant
- \*Travaux d'entretien des installations électromécaniques des projets d'assainissement (eaux usées et eaux pluviales).
- \*Pôle d'échange, plateforme intermodal Höhenhof
- \*Renforcement/Renouvellement de la structure de la chaussée des aires de roulement

### Service hivernal



Le matériel dont le service a besoin pour le service hivernal est mis à la disposition par l'Administration de la navigation aérienne considérant qu'il s'agit principalement d'équipements aéroportuaires spécifiques.

### Travaux d'entretien

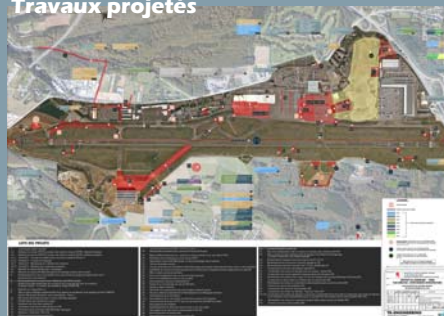


Les travaux d'entretien comporte en d' autre la réhabilitation des surfaces en tarmac, le dégommeage et le marquage de la piste et des taxiways.

### Travaux réalisés



### Travaux projetés





# Division des travaux neufs

## Echangeur de Dudelange-Burange

L'échangeur de Dudelange-Burange se situe à l'intersection de l'autoroute A13 et de la route nationale N31.

L'échangeur actuel est un échangeur de type losange à quatre branches où tous les mouvements tournants se font sur la N31 sur deux carrefours plan à l'aide d'un double tourne à gauche.

La construction de zones d'activité au Nord (Eurohub et Plateforme multimodale CFL) et au Sud (Laboratoire National de Santé) entraîne une augmentation du trafic qui ne permet plus à l'échangeur, à cause de sa configuration géométrique, de répondre aux exigences de sécurité et de capacité.

### Description du projet

Les objectifs du réaménagement de l'échangeur Dudelange-Burange sont, d'une part, de faciliter les entrées et sorties sur l'autoroute A13 ainsi que les accès aux zones d'activités autour de celle-ci.



### Les ouvrages d'art

La construction de cinq ouvrages d'art est nécessaire pour le réaménagement de l'échangeur :

L'OA 1030 est un passage inférieur situé sur la bretelle de sortie d'autoroute côté Ouest de l'échangeur.

L'OA 1051 est un passage inférieur situé sur la bretelle de sortie d'autoroute côté Est de l'échangeur.

L'OA 1017 et l'OA 1019 sont des passages inférieurs situés sur l'anneau du giratoire.

L'OA 1072 est un passage inférieur permettant le passage des voies CFL ainsi que de la piste cyclable.

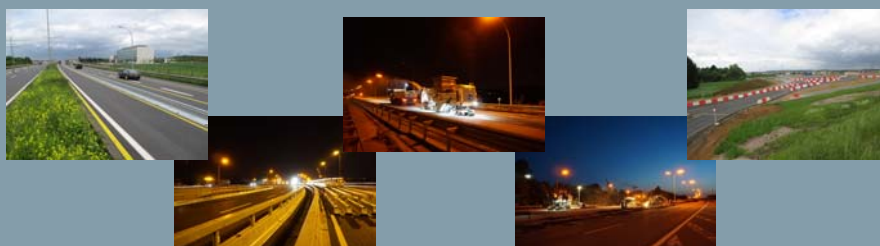


### La voirie

Le projet consiste à aménager un grand giratoire de 135m de diamètre sous l'autoroute pour permettre un meilleur équilibre des entrées et sorties sur l'A13 et éviter le croisement des flux sur la N31. Le giratoire est raccordé par six branches : deux branches pour la N31, deux branches pour les entrées et sorties de l'autoroute et deux branches pour les zones d'activité Nord et Sud.



La construction d'une piste cyclable est prévue le long du talus Sud Est de l'échangeur; le passage des cyclistes du Nord au Sud de l'autoroute se fait par un aménagement spécifique dans l'OA 1072 le long des voies ferrées.

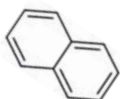






## Laboratoire

# Dosage des HAP dans les enrobés



### Définition HAP:

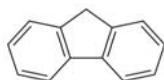
Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont une sous-famille des hydrocarbures aromatiques, des molécules constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène mais dont la structure comprend au moins deux cycles aromatiques condensés.

### Toxicité des HAP:

De nombreux HAP se sont montrés cancérigènes pour les mammifères, l'incorporation des HAP a lieu par les aliments et l'eau potable ainsi que l'air. Les sources les plus importantes pour la population sont les gaz d'échappement, fumée de tabac, ...). En raison de leur persistance, leur toxicité et leur omniprésence les HAP sont d'une grande importance en tant que contaminants dans l'environnement.

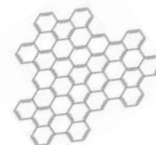
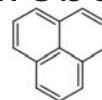
### Comment détecter les HAP?

L'identification fiable et la quantification sont réalisées par GC-MS (chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse) après préparation d'échantillons adéquats. Les résultats des tests rapides disponibles avec des bandes indicatrices ou pulvérisation de peinture sont validés par les méthodes ci-dessus pour éviter des erreurs d'interprétation.



### Source des HAP:

La source des HAP dans les enrobés est le goudron qui a été utilisé dans la construction routière jusque dans années '80. Par la suite les produits à base de goudron ont été remplacés par des matériaux à base de bitume issus de la distillation du pétrole et ne contenant pas de HAP.



## De l'échantillonnage au résultat

1

- Prélèvement de l'échantillon
- Tests rapides sur place



2

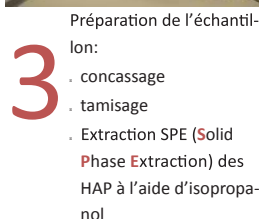
- Enregistrer l'échantillon
- séparer la carotte selon les différentes couches
- Archiver les échantillons



3

Préparation de l'échantillon:

- concassage
- tamassage
- Extraction SPE (Solid Phase Extraction) des HAP à l'aide d'isopropanol



4

Analyse:

- Enrichissement des échantillons
- Analyse par GC/MS
- Détermination du taux des HAP



### But de l'analyse:

Le but d'analyse est la quantification fiable des HAP dans l'enrobé. La teneur en HAP est importante pour les démarches futures. Avec une teneur faible en HAP l'enrobé peut être recyclé à chaud dans une centrale d'enrobage. Si le taux des HAP est élevé, il est interdit de recycler l'enrobé à chaud mais on peut le recycler à froid avec stabilisation des HAP à l'aide d'une émulsion et de ciment ou l'éliminer sur des décharges appropriées.



## Laboratoire

### Les locaux du laboratoire de chimie



### Les essais ordinaires

#### Fondants chimiques

Détermination de la teneur en Na Cl  
Détermination de l'humidité  
Détermination de la granularité

#### Ciments

Détermination de la perte au feu  
Détermination de la finesse Blaine  
Détermination de la silice SiO<sub>2</sub>  
Détermination des chlorures

#### Détermination des sulfates

Détermination des insolubles  
Détermination de la densité  
Détermination des sesquioxydes R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
Détermination de l'oxyde de calcium CaO  
Détermination de l'oxyde de magnésium MgO  
Détermination de l'oxyde de fer Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
Détermination du CaO libre  
Détermination du ciment dans le béton - méthode Florentville

#### Enrobés / Liants

Détermination de la teneur en eau dans les émulsions de bitume

#### Analyses chimiques diverses

Détermination des hydrocarbures dans les sols par FTIR  
Détermination de la dureté totale, des chlorures et des sulfates dans les eaux  
Détermination des chlorures solubles dans les bétons

### Les essais extraordinaires

#### Analyse par chromatographie en phase gazeuse



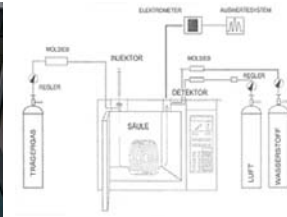
Préparation de l'échantillon



Le chromatographe à gaz



L'injecteur avec les échantillons



#### Détermination des polymères SBS et EVA dans les bitumes par spectroscopie infrarouge



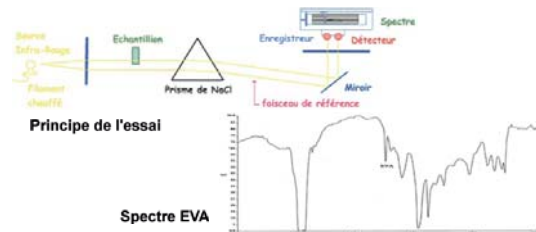
Liant



Le spectrophotomètre-IR



L'échantillon préparé



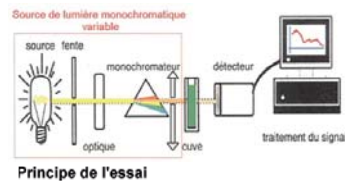
#### Détermination du chrome VI par spectroscopie-UV



Préparation des échantillons



Le spectromètre-UV







## Laboratoire

### Essais sur ciment

#### Résistance mécanique sur mortier normalisé (EN 196-1)

**Malaxage**  
  
Homogénéisation des échantillons de ciment

**Confection**  
  
Confection de prismes (4x4x16 cm) dans des moules à 3 alvéoles. Le compactage est réalisé par des secousses à l'aide d'un moteur.

**Stockage**  
  
armoire climatique

  
bac à eau


Les prismes de mortier sont conservés dans les moules pendant 24 h dans l'armoire climatique et après le décoffrage dans le bac à eau.


**Malaxeur**  
  
Le malaxeur est utilisé pour la préparation d'un mortier normalisé (ciment, sable normalisé et eau) qui sert à la confection de prismes.

#### Temps de prise d'une pâte de ciment (EN 196-3)

Malaxage: Préparation d'une pâte pure (ciment et eau) dans le malaxeur.

Stockage: Les moules Vicat remplis de pâte de ciment sont conservés dans l'armoire climatique pendant l'essai.

**Temps de prise: consistance**  
  
pénétration d'une sonde Ø10mm

**Temps de prise: début et fin**  
  
pénétration d'une aiguille Ø1,13mm

#### Stabilité d'une pâte de ciment (EN 196-3)

Malaxage: Préparation d'une pâte pure (ciment et eau) dans le malaxeur.

Stockage: Les moules "Le Chatelier" sont conservés dans un bac à eau.

  
moule "Le Chatelier"

  
Bain thermostaté avec des moules "Le Chatelier"

Les moules "Le Chatelier" sont posés dans l'eau bouillante d'un bain thermostaté pendant 3 heures. Ensuite l'écartement des aiguilles "Le Chatelier" est mesuré.

#### Résistance à la flexion



Les prismes de mortier normalisé sont cassés en deux par un effort de flexion.

#### Résistance à la compression



Détermination de la compression des deux moitiés des prismes normalisés après l'essai de flexion.

#### Consistance d'après Hägermann (EN 1015-3)

Détermination de la consistance d'un mortier. Le moule tronçonnique est rempli de mortier. Le remplissage se fait en deux couches, chacune étant compactée avec 10 coups de bâton en pilon. Le moule est retiré et la table à secousse est actionnée par 15 coups. Puis l'étalement de l'échantillon est mesuré à 2 endroits diamétralement opposés pour ainsi déterminer la consistance.

  
Table à secousses "Hägermann"

#### Perte au feu (EN 196-2)



La perte au feu est déterminée en atmosphère oxydante (air). Par calcination à l'air à 975°C le gaz carbonique et l'eau sont chassés et les éléments oxydables éventuellement présents sont oxydés.

#### Finesse

(Ciments: EN 196-6 / Fillers: EN 933-10)

Par la méthode de perméabilité à l'air (Blaine) la surface massique est mesurée en observant le temps mis par une quantité fixée d'air pour traverser un lit de ciment compacté.



Blaine

Détermination de la finesse de mouture par tamisage à sec sur un tamis 0,2 mm



machine de tamisage dans un jet d'air

#### Teneur en chlorures (EN 196-2)

Le ciment est décomposé par l'acide nitrique. Les chlorures dissous sont précipités en ajoutant une quantité connue de solution étalon de nitrate d'argent. Le nitrat d'argent en excès est dosé par une solution étalon de thiocyanate d'ammonium en présence d'un sel de fer (III) utilisé comme indicateur.

  
Titration

#### Teneur en alcalis (EN 196-2)



Photomètre

Une flamme de butane provoque l'émission par les alcalis de leur spectre caractéristique dans le domaine visible. L'émission est proportionnelle à la teneur en alcalis Na: 589 nm et K: 768 nm.

#### Teneur en sulfates (EN 196-2)



Ions sulfate mis en solution

Les ions sulfate mis en solution par une attaque chlorhydrique du ciment sont précipités par une solution de chlorure de Barium. Le dosage est ensuite effectué par gravimétrie et exprimé en SO<sub>3</sub>.

#### Résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique et le carbonate de sodium (EN 196-2)

Le résidu insoluble des ciments est obtenu au moyen d'une attaque par une solution diluée d'acide chlorhydrique pour éviter au max. la précipitation de la silice en solution. Le résidu de cette attaque est repris par une solution bouillante de carbonate de sodium afin de remettre en solution les traces de silice qui auraient été précipitées. Le résidu est dosé gravimétriquement.

  
Calcination



## Laboratoire

### Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion

Le choix du système de peinture se fait en fonction des critères suivants:

**1) Type de travaux:**

travaux neufs ou travaux d'entretien

**2) Type d'environnement:**

- Catégories de corrosivité atmosphérique

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>C1</b> (très faible)               | pas à l'extérieur   |
| <b>C2</b> (faible)                    | atmosphères avec un faible niveau de pollution (zones rurales)                    |
| <b>C3</b> (moyenne)                   | atmosphères urbaines et industrielles, pollution modérée par le dioxyde de soufre |
| <b>C4</b> (élevée)                    | zones industrielles   |
| <b>C5-I</b> (très élevée - industrie) | zones industrielles avec une humidité élevée et une atmosphère agressive          |
| <b>C5-M</b> (très élevée - marine)    | zones côtières et maritimes à salinité élevée                                     |

- Catégories pour les structures immergées ou enterrées

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Im1</b> (eau douce)  | installations dans rivières, centrales hydroélectriques |
| <b>Im2</b> (eau de mer) | zones portuaires avec des structures comme des écluses  |
| <b>Im3</b> (sol)        | réservoirs enterrés, piles en acier, tuyaux en acier    |

**3) Durabilité du système de peinture:**

- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| durabilité limitée (L) | 2 à 5 ans           |
| durabilité moyenne (M) | 5 à 15 ans          |
| durabilité haute (H)   | supérieure à 15 ans |

**Critères fondamentaux pour la conception:**

La forme d'une structure peut influencer la corrosion. Il convient par conséquent de concevoir les structures de sorte que la corrosion ne puisse facilement se produire à un endroit (piège à corrosion) - voir figure 1

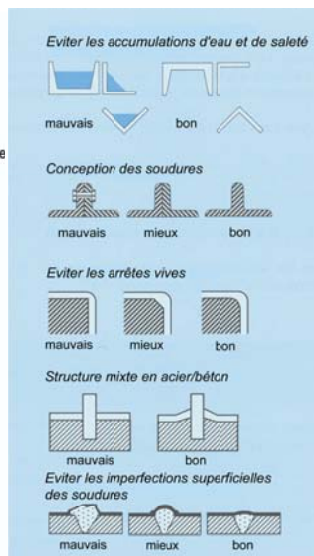


figure 1

**Les différentes étapes de la mise en peinture**

**1) Préparation des surfaces**

- Nettoyage à l'eau - éliminer les matériaux solubles à l'eau ou revêtements peu adhérents
- Nettoyage avec des solvants - éliminer la graisse ou l'huile
- Nettoyage à la main - les outils types sont des brosses métalliques, des spatules, des papiers abrasifs
- Nettoyage à la machine - les outils types sont des brosses métalliques rotatives et des meules
- Avivage - balayage à l'abrasif qui vise à nettoyer ou à créer une microrugosité
- Décapage par projection d'abrasifs (métalliques - en usine ou non métalliques - sur chantier)

**Degrés courants pour la préparation de surface par sablage ou grenailage.**

**Sa 2½** - La calamine, la rouille, les revêtements et les matières étrangères sont éliminés. Des légères taches peuvent être visible.

**Sa3** - La calamine, la rouille, les revêtements et les matières étrangères sont éliminés. La surface doit avoir une couleur uniforme métallique.

**2) Système de protection anticorrosion**

- couche primaire : la couche primaire offre une certaine protection contre la corrosion en attendant l'application des couches suivantes.

Produits: peinture liquide riche en zinc  
peinture en poudre riche en zinc  
galvanisation à chaud  
métallisation

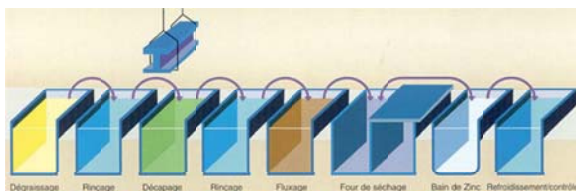
- couche(s) intermédiaire(s) : couche de protection de la couche primaire

Produit: peinture liquide p.ex. epoxy à deux composants

- couche finale : couche destinée à protéger les couches inférieures contre les attaques liées à l'environnement et à obtenir la teinte requise.

Produits: peinture liquide p.ex. polyuréthane à deux composants, peinture en poudre polyester

**Galvanisation à chaud:**



L'acier préalablement préparé en surface est immergé dans un bain de zinc en fusion à environ 450°C. L'acier forme avec le zinc un alliage intime, en plusieurs couches, qui s'avère être de loin le plus efficace bouclier contre la corrosion.

**Métallisation:**



La métallisation zinc est un procédé qui consiste à fondre un métal (zinc) sous forme de fil, et à le projeter sur la surface de l'acier à l'aide d'un pistolet à flamme. Avant la métallisation il faut s'assurer que la surface répond aux exigences de propreté et de rugosité suivantes:

- la surface doit être exempte de rouille, de trace d'oxyde, d'huile ou de graisse - prévoir un degré de propreté Sa 3
- la rugosité exprimée par la valeur Ra doit se situer entre 8 et 12 µm

**Peinture liquide:**



La surface de l'acier est préparée par sablage jusqu'à l'obtention d'un degré de propreté SA 2½. La peinture liquide est appliquée à l'aide du système airless ou au pinceau. Ces travaux de peinture s'effectuent dans un atelier ou directement sur le site.

**Thermolaquage:**



Le revêtement de peinture en poudre thermocurable est obtenu par projection électrostatique de la poudre sur la pièce à peindre, puis par cuisson dans un four de la pièce peinte. Cette cuisson fait fondre la poudre qui s'étale, puis polymérise formant un film résistant et protecteur. La température de polymérisation varie de 130° à 220°C en fonction du type de peinture en poudre.

Pour assurer une bonne adhérence sur le support, la pièce à peindre doit avoir subi une préalable une préparation de surface par voie chimique ou mécanique.





## Laboratoire

### Essais sur systèmes anticorrosion et peinture routière

#### Peintures sur supports métalliques

##### Caractérisation de rugosité des subjectiles d'acier décapés

##### Utilisation d'un appareil à palpeur (ISO 8503-4)

L'appareil fonctionne sur le principe d'induction pour mesurer la rugosité d'une grande variété de surfaces. Les profils de rugosité sont déterminés par déplacement motorisé du palpeur sur la surface à tester. Les paramètres disponibles: Ra, Ry, Rz, Rlo,.....



Rugosimètre

##### Comparaison viso-tactile ISO (ISO 8503-1)

Les comparateurs permettent d'évaluer la rugosité des surfaces par méthode viso-tactile (à la vue et au toucher).



Comparateur de surface (grit)



Rugotest N°2

##### Recueil d'image (ISO 8501)



Norme suédoise

Norme visuelle d'origine. Elle montre le degré de propreté de quatre niveaux différents d'acier rouillé nettoyé par sablage, par outils manuels, par outils électriques et par flammage.

##### Mesure du point de rosée (ISO 8502-4)

Le point de rosée de l'air est la température à laquelle l'air devient saturé de vapeur d'eau. C'est le phénomène de condensation, qui survient lorsque le point de rosée est atteint. La température de la surface à peindre ne doit pas être inférieure de 3°C au point de rosée.



Indicateur + sondes d'humidité / d'immersion / de contact

##### Epaisseur de film humide (ISO 2808-7B)

Le peigne est positionné perpendiculairement sur le revêtement humide jusqu'à ce que les dents soient mouillées. Le peigne est retiré. L'épaisseur du film humide se trouve entre la plus grande valeur de la dent recouverte (humide) et la plus petite valeur de la dent non-recouverte (sèche).



Peignes à longue section et peigne hexagonal

##### Epaisseur d'un film sec (EN ISO 2178)

On mesure les épaisseurs des revêtements non magnétiques (y compris émaux vitrifiés et porcelaine) sur un métal de base magnétique.



Jauge d'épaisseur de revêtement

##### Epaisseur d'un film sec (méthode destructive) (ISO 2808-5)

On effectue une rayure dans le revêtement jusqu'au niveau du substrat. L'épaisseur de chaque couche est mesurée à l'aide du microscope.



Jauge de contrôle de peinture



Coupe avec graduation du microscope

##### Essai de quadrillage (EN ISO 2409)

Le revêtement est découpé en petits carrés à l'aide d'un cutter  
- distance de 1 mm pour revêtement de 0 à 60 µm  
- distance de 2 mm pour revêtement de 61 à 120 µm  
- distance de 3 mm pour revêtement de 121 à 250 µm  
Ensuite l'adhérence est évaluée par rapport au tableau de classification des résultats.



Coute + Cutter



Cotation 0

Cotation 4

CLASSIFICATION DES RESULTATS DES ESSAIS-ADHERENCE PAR LA METHODE DE QUADRILLAGE		
Description	Surface	Notation
Les bords des coupes sont totalement lisses, aucun joint de bords n'est observé. Détaillage de parties saillantes ou recouvrement aux intersections des coupes. Surface affectée <10% de la zone de test.		1
Le recouvrement forme de petites lamelles le long des bords situés à l'intersection des découps. Surface affectée entre 10% et 30% de la zone de test.		2
Le recouvrement n'est pas égalé le long des bords, complètement ou partiellement en fonction de la zone affectée. Surface affectée entre 30% et 60% de la zone de test.		3
Le recouvrement n'occupe le long des bords que des coupes en grande partie effilées. Quelques coupes de bord atteignent partiellement ou entièrement. Surface affectée entre 60% et 100% de la zone de test.		4
Un degré d'attachement tel qu'il n'est pas classifié en 4/10.		5

##### Essai de traction (EN 24624)

Un plot d'essai est fixé à un revêtement à l'aide d'une colle. Avant l'essai on découpe le revêtement autour du plot. Le plot est arraché du support à l'aide de l'appareil de traction et la valeur de résistance à la traction est lue sur la graduation de l'appareil.



Colle / Plot / Testeur d'adhésion

##### Essai de porosité (ISO 2746)

Une faible tension électrique est appliquée sur une éponge humidifiée. Quand l'éponge est en contact avec le revêtement, le liquide pénètre dans le substrat et génère un circuit électrique, déclenchant une alarme. Cette technique identifiera les défauts de revêtement à l'endroit où le substrat est non revêtu (rétraction, formation de craquelures, points de corrosion et certaines formes de sous- et sur-revêtement).

Détecteur de porosité avec éponge plate



##### Inspection

Inspection approfondie des défauts de revêtement et de la propreté de surface.



Loupe ou microscope de poche

Inspection les zones difficilement accessibles.



Miroir d'inspection

#### Marquage routier

##### Rétroreflexion (EN1436)

Détermination des valeurs RL et Qd



Retroreflectomètre



Qd: Rétroreflexion sous l'éclairage des projecteurs de véhicules.



RL: Réflexion à la lumière du jour ou sous un éclairage public.

##### Mesurage de l'adhérence (EN1436)

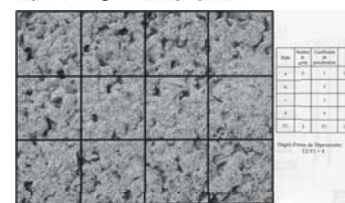
L'équipement d'essai se compose d'un pendule oscillant mun d'un patin en caoutchouc à son extrémité libre. La perte d'énergie due au frottement du patin sur une longueur déterminée d'un marquage routier est mesurée et le résultat exprimé en unités SRT.



Pendule SRT

##### Détermination du degré d'usure (EN1824 Annexe G)

Le degré d'usure est déterminé à l'aide d'un système de notation basé sur une photographie de la zone de mesurage du marquage routier sur laquelle une grille est superposée.



Détail d'un trait de marquage + Grille superposée + Tableau



## Laboratoire

### Essais sur béton frais

#### Confection et conservation d'éprouvettes en béton (EN 12390-2)



Confection d'un mélange de béton au labo ou essai sur un mélange provenant d'un chantier



Remplissage des moules en 2 couches, vibration de chaque couche à refus, conservation en chambre humide

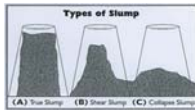


Décoffrage des éprouvettes au plus tôt 16 heures et au plus tard 3 jours après leur confection



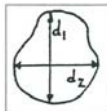
Stockage dans la chambre humide à  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  et humidité relative  $> 95\%$

#### Essai d'affaissement (EN 12350-2)



Le béton frais est rempli dans un moule ayant la forme d'un tronc de cône. Lorsque le cône est soulevé verticalement, l'affaissement du béton permet de mesurer sa consistance.

#### Essai d'étalement à la table à chocs (EN 12350-5)



Mesure de l'étalement du béton frais sur un plateau plan soumis à 15 secousses

#### Masse volumique (EN 12350-6)



Le poids du béton rempli dans un récipient est divisé par le volume du récipient.

#### Détermination de la teneur en air (EN 12350-7)



Cette méthode consiste à égaliser un volume d'air connu, à une pression connue dans une enceinte hermétique, avec le volume d'air inconnu de l'échantillon de béton.

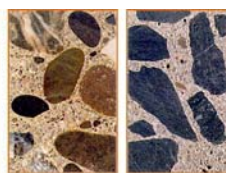
#### Détermination de la teneur en eau (DIN 1048)



Séchage d'un échantillon de béton frais sur un réchaud. La différence de poids (poids humide - poids sec) indique la teneur en eau.

#### Les classes de consistance

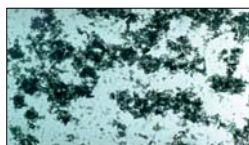
CONSISTANCE	ÉTALEMENT [cm]	AFFAISSEMENT [mm]
TRÈS FERME		S1 £ 10 à 40
FERME	F1 34	
PLASTIQUE	F2 35 - 41	S2 de 50 à 90
MOLLE	F3 42 - 48	S3 de 100 à 150
TRÈS MOLLE	F4* 49 - 55	S4 de 160 à 210
FLUIDE	F5* 56 - 62	S5 <sup>3</sup> 220
TRÈS FLUIDE*	F6* <sup>3</sup> 63	



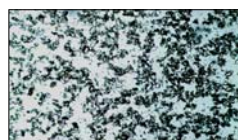
Plastifiant - réducteur d'eau

Plastifiant - réducteur d'eau

#### Mode d'action

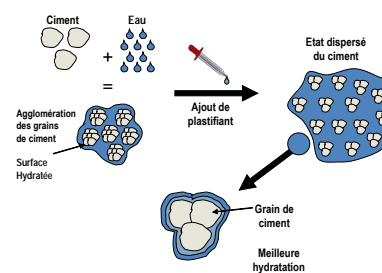


Suspension d'eau et de grains de ciment



Même suspension après ajout de 0,5 % de plastifiant

#### Mode d'action







## Laboratoire

### Essais sur béton durci

**Masse volumique du béton durci (EN 12390-7)**



La masse volumique est calculée à partir du poids et du volume de l'éprouvette.

**Résistance à la compression des éprouvettes (EN 12390-3)**



Les éprouvettes (cubes ou carottes) sont chargées jusqu'à rupture. La charge max atteinte est enregistrée et la résistance en compression est calculée (N/mm<sup>2</sup>).

**Résistance à la flexion sur poutres (EN 12390-5)**



La poutre (150x150x600 mm) est placée sur deux rouleaux entredistants de 45 cm. La charge est appliquée par l'intermédiaire de rouleaux entredistants de 15 cm.

**Module d'élasticité (DIN 1048 Teil 5)**



Un dispositif de mesure enregistre la déformation d'un cylindre lors d'un cycle de chargement / déchargement réalisé à une vitesse de 0.5 N/mm<sup>2</sup>/s.

**Résistance en traction par fendage d'éprouvettes (EN 12390-6)**



Un cylindre (150x300 mm) est placé entre les plaques de la presse hydraulique en intercalant des bandes de carton dur, puis il est chargé jusqu'à rupture.

**Profondeur de pénétration d'eau sous pression (EN 12390-8)**



À l'âge de 28 jours la surface préparée d'un cube est exposée à une pression d'eau de 5 bar pendant 3 jours. L'éprouvette est fendue en 2 et la profondeur max. de pénétration est mesurée.

### Classes d'expositions

#### Attaque du béton



Gel/dégel avec ou sans agents de déverglaçage

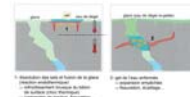
**XC carbonatation corrosion des armatures**



**XD chlorures corrosion des armatures**



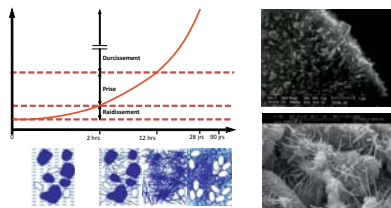
**XF gel-dégel attaque du béton avec agent de déverglaçage**



**XA attaques chimiques attaque du béton**

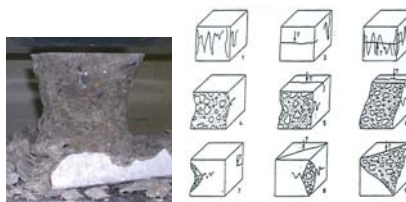


### Le durcissement du béton (hydratation du ciment)



### Contrôle et analyse sur chantier du béton durci: résistance à la compression sur cube

C X/Y	C X/Y	<p><b>BÉTON À HAUTE RÉSISTANCE</b></p> <p>C = Concrete = Béton  <math>X = f_{ak,cyl}</math> [N/mm<sup>2</sup>]  <math>Y = f_{ak,cube}</math> [N/mm<sup>2</sup>]</p> <p>28 jours sous eau à 20°C (EN 12390-2:2000)</p>
C 8/10	C 45/55	
C 12/15	C 50/60	
C 16/20	C 55/67	
C 20/25	C 60/75	
C 25/30	C 70/85	
C 30/37	C 80/95	
C 35/45	C 90/105	
C 40/50	C 100/115	



Rupture correcte

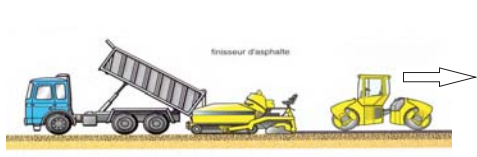
Rupture incorrecte



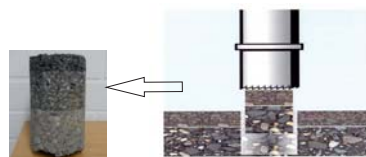
## Laboratoire

### Contrôle des mélanges bitumineux

Echantillonnage pendant la mise en oeuvre



Carottage dans une route existante



#### Extraction du liant et séparation de la matière minérale

(EN 12697-1)



Le mélange bitumineux est introduit dans un tambour-filtre (0.063 mm) qui est mise dans une chambre à laver. Le bitume est extrait du mélange bitumineux par l'action d'un solvant, de la rotation du tambour et d'ultrason. Le solvant, le bitume et le filler sont centrifugés. Le filler est récupéré dans une boîte d'extraction. Le solvant et le bitume sont séparés par distillation.



#### Récupération du bitume

(EN 12697-3)



Bitume et Granulat

#### Détermination de la granulométrie

(EN 12697-2)

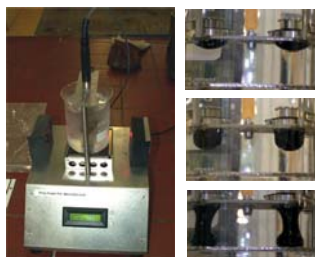


L'évaporateur rotatif sert à séparer par distillation sous vide les deux phases, bitume et solvant d'une solution bitumineuse exempte de granulats qui a été obtenue après extraction du liant d'un mélange bitumineux. Par la suite les caractéristiques du liant peuvent être examinées.

L'essai consiste à séparer, au moyen d'une série de tamis, un matériau en plusieurs classes granulaires par dimensions décroissantes.

#### Ramollissement bille et anneau

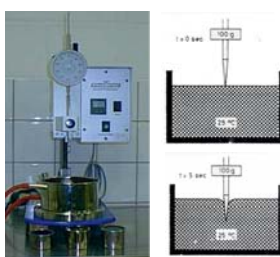
(EN 1427)



Cet essai consiste à mesurer le point de ramollissement. On remplit un anneau de cuivre par du bitume on place une bille en acier au dessus puis on immerge le tout dans de l'eau, on élève la température de 5 °C par minute, la température de ramollissement c'est celle où la bille entraîne le bitume se trouvant dans l'anneau d'une hauteur de 25 mm.

#### Pénétration à l'aiguille

(EN 1428)

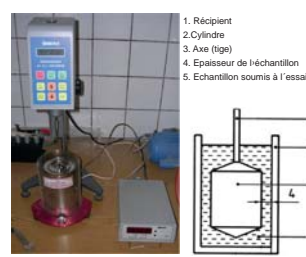


On mesure la pénétration d'une aiguille de référence dans l'échantillon d'essai conditionné.  
Conditions:

- température 25°C,
- charge appliquée 100g
- durée d'application de la charge:5s

#### Viscosité dynamique

(EN 13702-2)



Le bitume est introduit dans un récipient dans lequel est placé un cylindre qui est soumis à une contrainte par rotation. La viscosité dynamique est calculée à partir du couple mesuré pour un taux de cisaillement donné et exprimée en mPa/s





## Laboratoire

### Essais de convenueance de mélange bitumineux

Confection d'un mélange bitumineux en labo.



**Malaxage en laboratoire**  
(EN 12967-35)

Echantillonnage d'un mélange bitumineux au poste d'enrobage .



**Masse volumique réelle**  
(EN 12967-5)



Le volume de l'échantillon est mesuré par le déplacement d'eau dans un pycnomètre.

**Sensibilité à l'eau: méthode A ITSR ou B Duriez**  
(EN 12967-12)



méthode A La sensibilité à l'eau est caractérisé par le rapport des résistances après conservation à l'air resp. sous eau. La confection et la résistance varient suivant la méthode:  
méthode A (ITSR) compactage giratoire - traction indirecte  
méthode B (Duriez) compactage statique - résistance à la compression

**Compacteur de plaque**  
(EN 12967-33)



Méthode normalisée pour la confection de plaques de mélanges bitumineux en utilisant un segment de rouleau compacteur.

**Presse à cisaillement giratoire**  
(EN 12967-31)



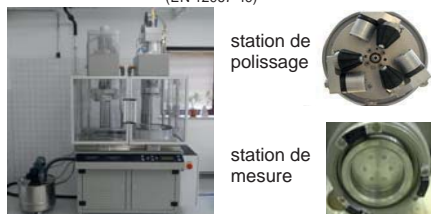
L'appareil soumet les mélanges bitumineux aux effets simultanés d'une force de compression et d'un pétrissage par cisaillement qui oriente les grains du squelette minéral pour étudier le comportement au compactage et pour déterminer la teneur en vides.

**Essai d'ornièrage**  
(EN 12967-22)



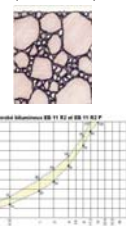
Mesure de la résistance aux déformations permanentes par simulation du trafic par 10.000 passages répétés d'une charge roulante (petite roue à pneumatique) à 60°C.

**Appareil de polissage et de mesure d'adhérence**  
**Polier- und Griffigkeitsgerät**  
(EN 12967-49)



Le polissage est réalisé à l'aide de 3 rouleaux avec l'ajout d'un mélange d'eau et d'une farine de quartz. La station de mesure est équipée de 3 patins en caoutchouc qui sont accélérés à une vitesse de 100 km/h, puis freinés sous l'ajout d'eau. Le couple de freinage est mesuré jusqu'à l'arrêt complet. Le coefficient de frottement est déterminé à 60 km/h.

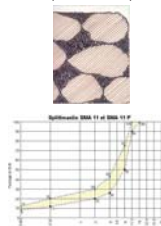
**Enrobé bitumineux**  
(EN 13108-1)



Courbe granulaire continue et du bitume.  
Les vides entre les gravillons sont remplis par un mortier (sable, filler et bitume)  
**Avantages**  
Prix avantageux.  
Bonne imperméabilisation.

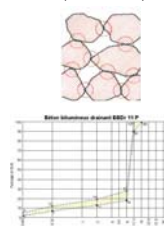
**Désavantages**  
Sensible aux ornièrages.

**Spittmastixasphalt**  
(EN 13108-5)



Courbe granulaire légèrement discontinue, bitume et fibres  
Les vides entre les gravillons sont remplis par du mastix (filler et bitume)  
**Avantages**  
Durée de vie prolongée.  
Bonne rugosité.  
Bonne résistance aux déformations.  
**Désavantages**  
Prix élevé dû aux fibres stabilisantes et à la qualité des granulats.

**Béton bitumineux drainant**  
(EN 13108-7)



Courbe granulaire très discontinue, bitume et fibres  
Les vides entre les gravillons restent vides.  
Appliqué sur une membrane.  
**Avantages**  
Absence d'aquaplanning.  
Réduction du bruit.  
Bonne rugosité.  
Bonne résistance aux déformations.  
**Désavantages**  
Prix élevé dû à la qualité des granulats.  
Service hivernal à adapter.  
Sensible aux efforts de cisaillement.



## Laboratoire

### Essais déterminants les propriétés des granulats

#### Analyse granulométrique par tamisage (EN 933-1)



L'essai consiste à séparer, au moyen d'une série de tamis, un matériau en plusieurs classes granulaires de dimensions décroissantes. Les dimensions des mailles et le nombre de tamis choisis en fonction du grain maximal de l'échantillon et de la précision requise.

#### Indice de forme (EN 933-4)

Mesurage de la longueur (L) et de l'épaisseur (E) d'une quantité déterminée de grains individuels. Les grains non cubiques ( $L/E > 3$ ) sont sélectionnés et pesés.



#### Coefficient d'aplatissement (EN 933-3)



Tamisage de différentes fractions d'un calibre sur des grilles à fentes. Le passage est pesé.

#### Résistance à l'usure (Micro Deval) (EN 1097-1)

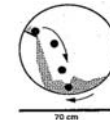


L'essai consiste à mesurer l'usure par frottement réciproque de gravillon 10/14 dans un cylindre en rotation avec une charge abrasive (billes inox dia: 10mm). A la fin, on détermine le passant sur le tamis de 1,6 mm.

#### Carrière: Origine des granulats pour l'utilisation dans le béton, les mélanges bitumineux et la construction routière



#### Résistance à la fraction (Los Angeles) (EN 1097-2)



L'essai consiste à faire rouler dans un tambour rotatif un échantillon de gravillons 10/14 mélangé à des boulets d'acier (dia. 45mm). A la fin, on détermine le passant sur le tamis de 1,6 mm.

#### Appareil de polissage et de mesure d'adhérence Polier- und Griffigkeitsgerät (EN 12967-49)



station de polissage



station de mesure



Le polissage est réalisé à l'aide de 3 rouleaux avec l'ajout d'un mélange d'eau et d'une farine de quartz. La station de mesure est équipée de 3 patins en caoutchouc qui sont accélérés à une vitesse de 100 km/h, puis freinés sous l'ajout d'eau. Le couple de freinage est mesuré jusqu'à l'arrêt complet. Le coefficient de frottement est déterminé à 60 km/h.

#### Résistance au gel-dégel (EN)



L'échantillon (calibre 8/16) est introduit dans un récipient avec de l'eau ou une solution de NaCl (1%). Après 10 cycles de gel-dégel à 24 h (-17.5°C/+20°C) le passage sur le tamis 4mm est pesé.

#### Masse volumique réelle et coefficient d'absorption d'eau (EN 1097-6)



La masse volumique réelle se calcule à partir du rapport masse/volume. La masse se détermine en pesant l'échantillon saturé en eau et de nouveau après séchage. Le volume est calculé à partir de la masse du volume d'eau déplacé, déterminée par pesée selon la méthode du pycnomètre.

#### Evaluation des fines Equivalent de sable (EN 933-8)



L'essai consiste à laver un échantillon de sable avec une solution flocculante et de laisser sédimenter le sable dans un tube gradué. Le rapport de l'épaisseur de la couche de sable et de la couche totale (sable + flocculat) x 100 donne la valeur de l'équivalent de sable.

#### Qualification des fines Valeur au bleu de méthylène (EN 933-9)



Mesure de la quantité de solution de bleu de méthylène adsorbée par les fines d'un sable. Cette quantité est une indication de la pollution du sable par des argiles.



#### Compression statique (NBN B 11-205)

L'essai consiste à appliquer une charge statique aux gravillons d/D contenus dans un récipient et à les tamiser sur un tamis donné. Le coefficient de compression statique est exprimé par le rapport entre la masse du passant et de la prise d'essai.





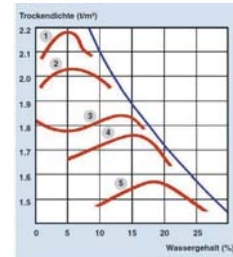
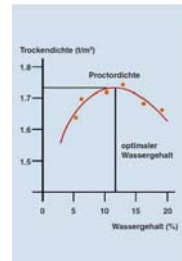
## Laboratoire

### Reconnaissance et essais sur sol

#### Essai Proctor (EN 13286-6)



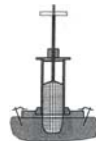
Méthode de détermination du rapport existant entre la teneur en eau et la masse volumique sèche d'un matériau non traité ou traité aux liants hydrauliques après compactage Proctor dans des conditions d'essai spécifiques.



Typische Proctorkurven  
verschiedener Bodenarten

- 1 sandiger Kies
- 2 Kies-Sand
- 3 gleichförmiger Sand
- 4 sandiger Schluff
- 5 leichtplastischer Ton

#### Densitomètre à membrane (NF P 94-061-2)



La détermination de la masse volumique d'un matériau en place peut être aisément réalisée par extraction du matériau d'une cavité en le remplissant d'un volume d'eau dans une membrane souple étanche. Une tige graduée permet de lire indirectement le volume. La densité est exprimée par le quotient masse/volume.



#### Portance (NF P 94-117-1)



Cette méthode d'essai est destinée à évaluer la portance d'une plateforme soumise à deux chargements successifs. Le chargement est maintenu jusqu'à constatation de la stabilité de l'enfoncement de la plaque. Le module de déformation statique est exprimé par la valeur EV2.

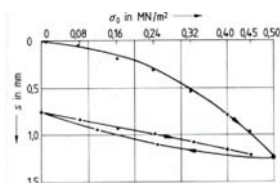


Bild 4. Drucksetzungskurve

#### Essai à la plaque dynamique (DIN 18134)



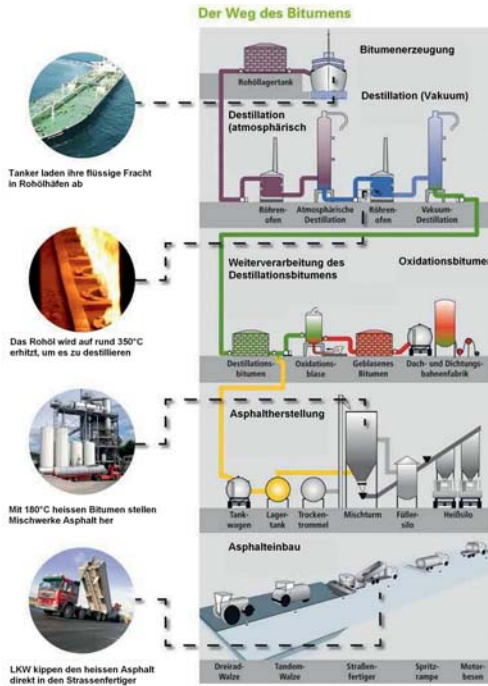
La plaque dynamique légère est un essai de portance dynamique par masse tombante. Il permet de déterminer le module de déformation dynamique « Evd » du sol. Le fonctionnement de la plaque est simple et fiable. L'opérateur relève la masse tombante de 10 kg et la verrouille sous la poignée. Il la libère d'une hauteur constante sur la plaque de 30 cm de diamètre.

La masse soumet un impact sur la plaque et rebondit grâce à la présence d'un ressort. L'opérateur peut ainsi rattraper la masse et la replacer sous la poignée sans efforts.



## Laboratoire

### Fabrication et propriétés du bitume



Dénomination	50/70	70/100	25/55-55	45/80-50	
Pénétration	50 - 70	70 - 100	25 - 55	45 - 80	
Billes et Anneaux	46 - 54	43 - 51	≥ 55	≥ 65	
Point de fragilité Fraass	< -8	< -10	< -10	< -5	

### Spécification des mélanges bitumineux

Granulats	Couche de base et de liaison		Couche de roulement			
	EB 22 B	EB 16 L ou EB 16 L P	EB 8 R1	EB 11 R2 ou EB 11 R2 P	SMA 11 ou SMA 11 P	BBDr 11 P
Granularité des gravillons	G <sub>0,075</sub> / G <sub>0,15</sub> / G <sub>0,3</sub>		G <sub>0,075</sub> / G <sub>0,15</sub> / G <sub>0,3</sub>		G <sub>0,075</sub> / G <sub>0,15</sub> / G <sub>0,3</sub>	
Granularité des sables	GF85		GF85			
Granularité des graviers	G <sub>0,60</sub> / G <sub>1,18</sub>		G <sub>0,60</sub> / G <sub>1,18</sub>			
Teneur en fines des gravillons	f <sub>0</sub>		f <sub>0</sub>		f <sub>0</sub>	
Teneur en fines des sables	f <sub>0</sub>		f <sub>0</sub>		f <sub>0</sub>	
Qualité des fines	MB / MB,25		MB / MB,10		MB / MB,10	
Forme des gravillons	Fl <sub>0</sub> / Sl <sub>0</sub>		Fl <sub>0</sub> / Sl <sub>0</sub>			
Pourcentage de grains semi-concassés	C <sub>0,075</sub>		C <sub>0,075</sub>			
Angulosité des sables et des graviers	E <sub>0,3</sub> 30		E <sub>0,3</sub> 35			
Résistance à la fragmentation	LA <sub>0,3</sub>		LA <sub>0,3</sub>		LA <sub>0,3</sub>	
Résistance au poissage	PSV <sub>0,3</sub>		PSV <sub>0,3</sub>		PSV <sub>0,3</sub>	
Sensibilité au gel-dégel	F <sub>1</sub>		F <sub>1</sub>		F <sub>1</sub>	
Absorption d'eau	valeur à déclarer		valeur à déclarer		valeur à déclarer	
<b>Fuseau de granularité</b>	Passant au tamis %M					
Tamis	45 mm	100	-	-	-	100
	32 mm	90-100	100	-	-	90-100
	16 mm	80-94	90-100	100	100	90-100
	11,2 mm	-	70-80	100	90-100	90-100
	8 mm	51-71	44-60	90-100	75-85	50-75
	5,6 mm	-	-	80-90	-	-
	4 mm	-	-	75-85	54-64	28-43
	2 mm	25-43	20-32	60-72	38-50	20-30
	1 mm	20-30	13-24	44-56	28-40	12-20
	0,250 mm	11-21	8-13	20-30	14-22	8-12
	0,083 mm	4-9	3-8	7-11	5-9	100
<b>Type de bitume</b>	50/70 - 70/100		50/70 - 70/100 - 25/55-55 - 45/80-50			
<b>Teneur minimale en liant intérieur %</b>	B <sub>int</sub> 4,8		B <sub>int</sub> 4,6		B <sub>int</sub> 4,6	
bitume compact	B <sub>int</sub> 4,8	B <sub>int</sub> 4,6	B <sub>int</sub> 6,1	B <sub>int</sub> 5,6	B <sub>int</sub> 6,2	B <sub>int</sub> 6,6
bitume granulat absorbant	B <sub>int</sub> 5,2	B <sub>int</sub> 5,1	B <sub>int</sub> 6,7	B <sub>int</sub> 6,2	B <sub>int</sub> 6,6	B <sub>int</sub> 6,6
bitume granulat compact	B <sub>int</sub> 4,4	B <sub>int</sub> 4,4	B <sub>int</sub> 5,4	B <sub>int</sub> 5,4	B <sub>int</sub> 6,0	B <sub>int</sub> 6,0
bitume granulat modifié absorbant	B <sub>int</sub> 4,9	B <sub>int</sub> 4,9	B <sub>int</sub> 5,0	B <sub>int</sub> 5,0	B <sub>int</sub> 5,4	B <sub>int</sub> 5,4
<b>Teneur en additifs stabilisants %</b>	/		/		0,5 - 1,5	
<b>Teneur en vides sur éprouvette Marshall %</b>	V <sub>0,4</sub> - V <sub>0,4</sub> 2		V <sub>0,4</sub> 25 - V <sub>0,4</sub> 25,5		V <sub>0,4</sub> 25 - V <sub>0,4</sub> 25,5	
ou éprouvette PCC % 10 gradations	V <sub>100</sub> - V <sub>100</sub> 2		V <sub>100</sub> 25 - V <sub>100</sub> 25,5		V <sub>100</sub> 25 - V <sub>100</sub> 25,5	
ou carotte %	V <sub>0,4</sub> 2 - V <sub>0,4</sub> 2,5		V <sub>0,4</sub> 2,5 - V <sub>0,4</sub> 2,5,5		V <sub>0,4</sub> 2,5 - V <sub>0,4</sub> 2,5,5	
<b>Sensibilité à méthode A à 15°C / à méthode B à 20°C</b>	ITSR <sub>0,4</sub>		ITSR <sub>0,4</sub>		ITSR <sub>0,4</sub>	
Profondeur max.	iC <sub>0,4</sub>		iC <sub>0,4</sub>		iC <sub>0,4</sub>	
<b>Ornitage RD<sub>0,4</sub></b>	NR		NR		4 mm	
<b>Coefficient de frottement μ après 90.000 cycles</b>	NR		NR		FAP <sub>0,4</sub>	
Fines de récupération autorisées (au plus un taux maximal)	80 %		80 %		50 %	
					30 %	
					0 %	



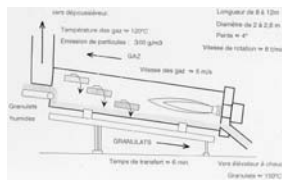


## Laboratoire

### Centrale de production de mélanges bitumineux



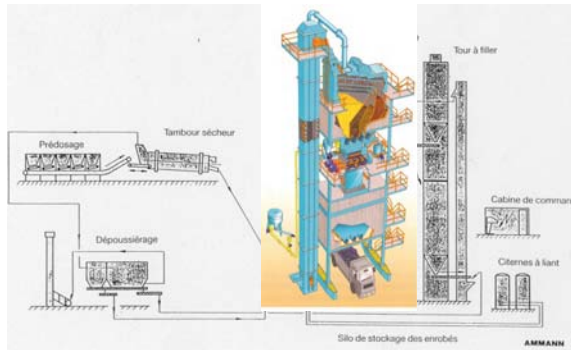
Tambour de séchage



Cribleur



Prédoseur



Bac élévateur



Malaxeur

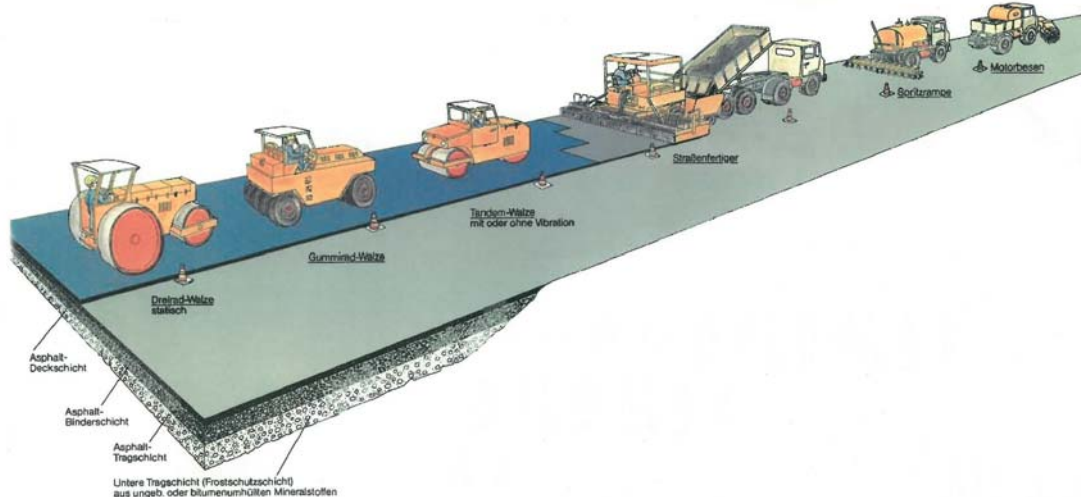


Silo de stockage à chaud



Réservoir de bitume

### Mise en oeuvre de mélanges bitumineux





## Service Electro-Mécanique 50 ans éclairage routier sous la compétence de l'état

Convention interministérielle du 2 avril 1965.

Les ministres désignés ci-après, à savoir :

M. Henry CRAVATTE, Ministre de l'Intérieur, Vice-Président du Gouvernement  
M. Antoine WEHENKEL, Ministre de l'Economie Nationale et de l'Energie  
M. Albert BOUSSER, Ministre des Travaux Publics

se sont réunis le vendredi 2 avril 1965 ..... , les ministres ont décidé :

1. de charger les services de l'Etat de la réalisation et de l'exploitation des installations d'éclairage routier de la voirie de l'Etat (routes et chemins repris)
2. d'imputer à charge de l'Etat la totalité des frais d'établissement et la majeure partie des frais d'exploitation de ces installations, une participation forfaitaire proportionnelle des frais d'exploitation devant rester à charge des Communes intéressées.



L'éclairage public en 2016







## DGT

### Le Service Electro-Mécanique

#### 1. Les attributions

##### Eclairage Public



##### Travaux annexes

- Marquage câbles
- Recherche défauts câbles
- Mesures luminotechniques

##### Electro-Mécanique

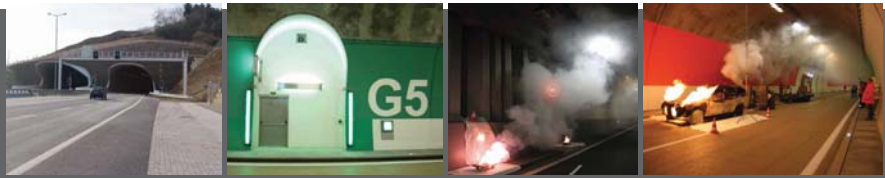
###### a) Réseau autoroutier

- Planification du réseau d'alimentation BT et MT
- Planification de l'éclairage
- Organisation de la maintenance



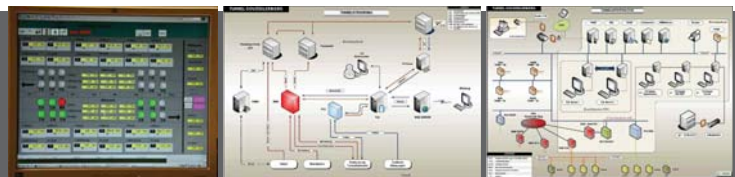
###### b) Tunnels

- Participation à la planification des équipements tunnel
- Gestion de la réalisation des travaux électro-mécaniques
- Organisation de la maintenance
- Maintien du niveau de sécurité



###### c) Supervision à distance

- Mise en place partiel d'un réseau à fibres optiques
- Gestion de la transmission des données du terrain vers le CITA
- Exploitation d'un poste opérateur CITA



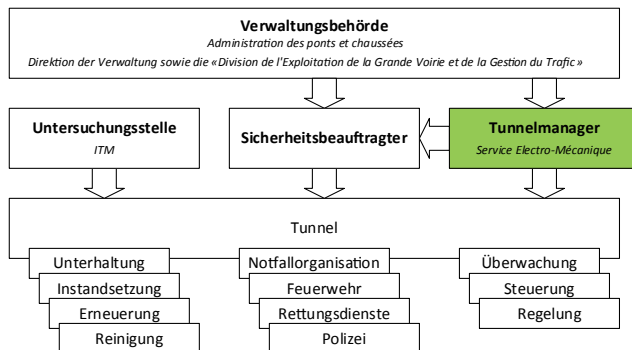
#### 2. Son personnel

- 10 agents groupe de traitement A2 (bachelor)
- 1 agent groupe de traitement B1 (technicien)
- 2 agents groupe de traitement C1 (expéditionnaire)
- 17 agents groupe de traitement D1 (artisan)



## Service Electro-Mécanique Tunnelmanager

Der Tunnelmanager wird gemäß Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlaments über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz durch die Verwaltungsbehörde ernannt. Er ist für das Management der ihm übertragenen Tunnel zuständig.



Das Management umfasst dabei insbesondere die Analyse der Tunnelausstattung hinsichtlich der EU Richtlinie 2004/54/EG sowie RABT-Konformität. Im Einzelnen können seine Aufgaben folgendes beinhalten:

- Organisation und Planung von regelmäßigen Tests und Inspektionen der elektro-mechanischen Sicherheitsausstattungen der Tunnels
- Dokumentieren der Sicherheitsausstattung des Tunnels
- Zusammenstellung und fortlaufende Aktualisierung der Sicherheitsdokumentation
- Überprüfung und Übung der festgelegten Handlungsabläufe für die unterschiedlichen Notfälle
- Informieren des Sicherheitsbeauftragten über alle baulichen und betrieblichen Veränderungen
- Erstellen von Berichten über alle erheblichen Störungen, die sich im Tunnel ereignen und deren Weiterleitung an den Sicherheitsbeauftragten sowie die Verwaltungsbehörde
- Weiterleitung von Untersuchungsberichten, in denen die Umstände der Störung analysiert oder die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen dargelegt werden an den Sicherheitsbeauftragten sowie die Verwaltungsbehörde
- Beantragung neuer Genehmigungen für die Inbetriebnahme nach wesentlichen Änderungen

Qualifikation:

- Grundschulung mit Bachelorabschluss in den Bereichen Elektrotechnik oder Mechanik
- Kenntnisse der Regelwerke (Richtlinie 2004/54/EG, RABT, BAST, ...)
- Regelmäßige Fortbildung



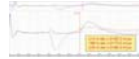




## Service Electro-Mécanique Kabelfehlermesstechnik

### 1. Die Verfahren

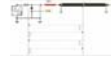
#### Impulsreflexionsverfahren



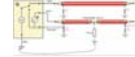
#### Lichtbogenreflexionsverfahren



#### Transientenverfahren



#### Mantelfehlerortung



### 2. Fehlerarten

#### Fehler: Leiter-Leiter (parallele Fehler)

Verbindung zwischen zwei oder mehreren Leitern. Der Isolationswiderstand des Fehlers kann zwischen 0 Ohm (Innereibehring) oder mehreren MOhm (hochohmig) liegen.



#### Fehler: Leiter-Schirm (parallele Fehler)

Verbindung zwischen Leiter und Schirm oder Ader/Ader und Schirm. Der Isolationswiderstand des Fehlers kann zwischen 0 Ohm (Innereibehring) oder mehreren MOhm (hochohmig) liegen. Die meisten Kabelfehler fallen erfahrungsgemäß in diese Kategorie.



#### Überschlagsfehler (parallele Fehler)

Sehr hochohmige Fehler. Das Kabel lässt sich aufladen. Der Überschlag erfolgt in der Regel bei einigen kV und tritt häufig in Muffen auf. Das Kabel verhält sich wie eine Funkenstrecke, die Abstand zwischen den Elektroden bestimmt die Durchschlagspannung. Der Isolationswiderstand ist typischerweise unendlich bis zum Durchschlag.



#### Unterbrechung (Fehler in Längsrichtung, Abriss)

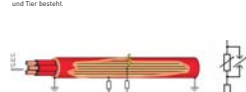
Der Fehler kann sehr hochohmig bzw. unendlich groß sein (Isolationsbruch). Häufig treten kombinierte Fehler aus Längs- und Parallelwiderständen auf. Grund hierfür ist meistens ein kompletter Abriss, oder das Kabel ist mechanisch aus einer Muffe gelöst.

Sind Leiter teilweise abgerieben (Aluminium), spricht man von Längsbrechen.



#### Erdfähige Fehler (Erdfehler, Mantelfehler)

Erdfähige sind Fehler zwischen Metallschirm und Erdreich an Kunststoffkabeln bzw. Fehler zwischen Leiter und Erdreich an Niederspannungskabeln ohne Metallschirm und Aderisolation. Speziell bei solchen Fehlern ist größte Vorsicht im Umgang mit Hochspannungen geboten, da sich die Spannung direkt ins Erdreich entlädt, sind damit ein erhöhtes Gefährdungspotential für Mensch und Tier besteht.



#### Feuchte Fehler

Bei mehradrigen Kabeln sind in der Regel alle Leiter betroffen. Der Überschlag muss nicht an der Stelle auftreten, an der das Wasser ins Kabel eingedrungen ist. Der Fehlerwiderstand liegt in der Regel bei einigen kOhm. Wasser treten an der Fehlerstelle Impedanzänderungen auf. In Abhängigkeit vom Aufbau des Kabels (z.B. Umpolung) können diese Fehler parallelförmig bzw. fächerförmig auftreten.

Feuchte Fehler sind die am schwierigsten zu bearbeitenden Fehler, denn bei der Fehlerortung verändern sie sich, teilweise in sehr drastischer Form. Speziell in Muffen führt, das dazu dass der Fehler schon nach ein oder zwei Stößen hochzeitig wird, und nicht mehr lokalisierbar ist. Das Muffen wird von Wasser freigegeben. Eine weitere Form von Feuchtfehlern sind Unterwasserfehler. Hier verhindert der Wasserdruck ein weiteres Zünden des Fehlers, während die Hochspannungswandlung. Eine Lokalisierung ist dadurch sehr schwierig.



### 3. Der Messwagen des Service Electro-Mécanique Ausgestattet mit dem Centrix-System von SEBA - KMT





## Service géologique de l'Etat

### Activités du Service géologique

Le service géologique de l'Etat est chargé:

- d'études, d'expertises et de recherches scientifiques en matière de géologie, géotechnique, hydrogéologie, géomorphologie et de ressources naturelles minérales;
- du levé, de la tenue à jour et de la diffusion de la carte géologique du pays, tout comme de cartes thématiques dans le domaine des sciences de la terre;
- dans le cadre de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme, de l'évaluation des risques naturels et anthropiques de nature géologique et de l'archivage et de la gestion des données géologiques et la diffusion d'informations relatives au sous-sol, notamment sous forme de systèmes d'informations géographiques et de banques de données informatisées.

Il peut élaborer et assurer l'exécution de projets d'assainissements dans le domaine de la géotechnique et de l'hydrogéologie. Dans le cadre de sa fonction de service géologique national, il participe aux activités scientifiques communes des services géologiques de l'Union Européenne.

(Art. 9 du règlement grand-ducal du 28 avril 2011 déterminant l'organisation de l'Administration des ponts et chaussées)



Service Géologique  
du Luxembourg



#### Connaissance géologique du pays, cartes géologiques et thématiques, diffusion de l'information géologique

- Mise à jour de la carte géologique détaillée
- Elaboration de cartes thématiques
- Publications de travaux scientifiques: série des Volumes et Bulletins du Service géologique
- Archivage, gestion et diffusion d'informations relatives au sous-sol. Archivage de carottes de forage d'intérêt scientifique
- Bibliographie sur les Sciences de la Terre: gestion de la bibliothèque, échanges internationaux
- Diffusion des connaissances et information du public, organisation de conférences, d'expositions et d'excursions.

Site internet [www.geologie.lu](http://www.geologie.lu)

#### Etudes géologiques et géotechniques pour l'Administration des ponts et chaussées

- Etudes géologiques préliminaires de projets d'autoroutes, de routes et d'ouvrages d'art
- Etudes géotechniques de détail des tracés et sites retenus: forages de reconnaissance, essais géotechniques et campagnes de mesures géophysiques
- Suivi hydrogéologique de chantiers: niveaux et qualité des eaux



#### Etudes géologiques, géotechniques et hydrogéologiques pour les administrations et les communes

- Etude, évaluation et assainissement de risques naturels ou anthropiques d'origine géologique: glissements de terrain, affaissements, effondrements, éboulements de falaises, ...
- Définition de zones à risque naturel d'origine géologique et archivage d'informations relatives aux sinistres
- Problèmes de drainages, de fondations et de terrassements
- Reconnaissance de ressources minérales et géothermiques
- Problèmes d'aménagement du territoire
- Projets de forages-captages, de captages de sources et d'assainissements de captages existants pour l'alimentation en eau potable
- Mesures et suivis des niveaux des nappes d'eaux souterraines. Influences sur des constructions existantes ou projetées

#### Activités internationales

- Membre de l'Association des Services Géologiques de l'Union Européenne (Eurogeosurveys)
- Point de contact pour les organisation internationales au niveau des Sciences de la Terre (Service géologique national)
- Participation à des projets de recherche communs au niveau de l'Union Européenne



Portail luxembourgeois des Sciences de la Terre  
<http://www.geologie.lu>

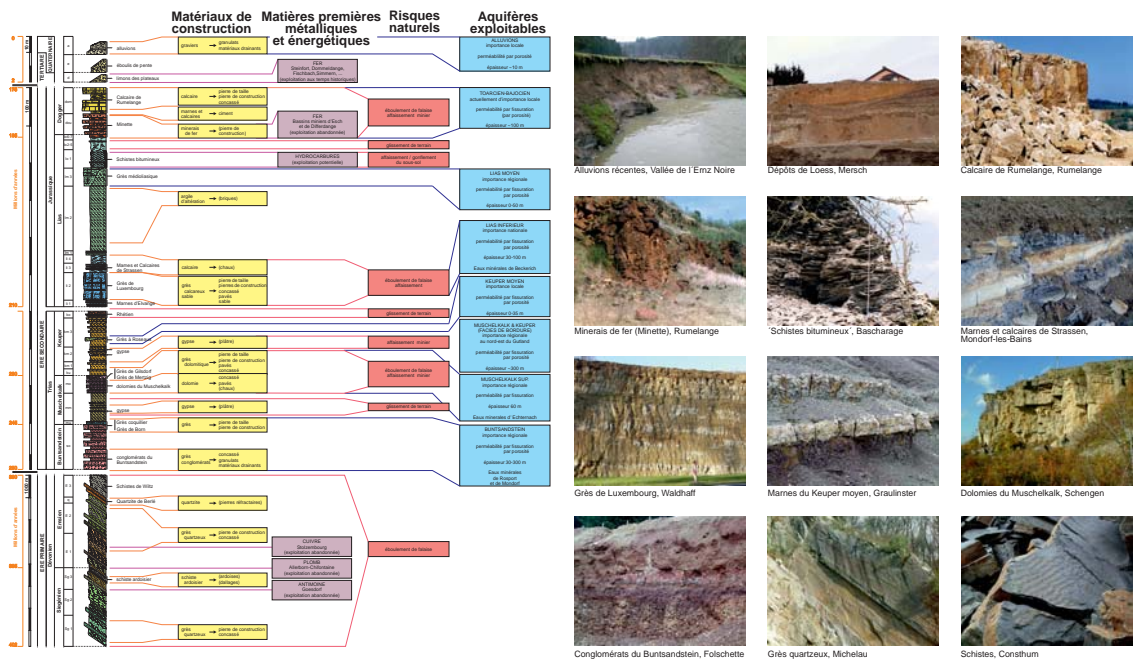
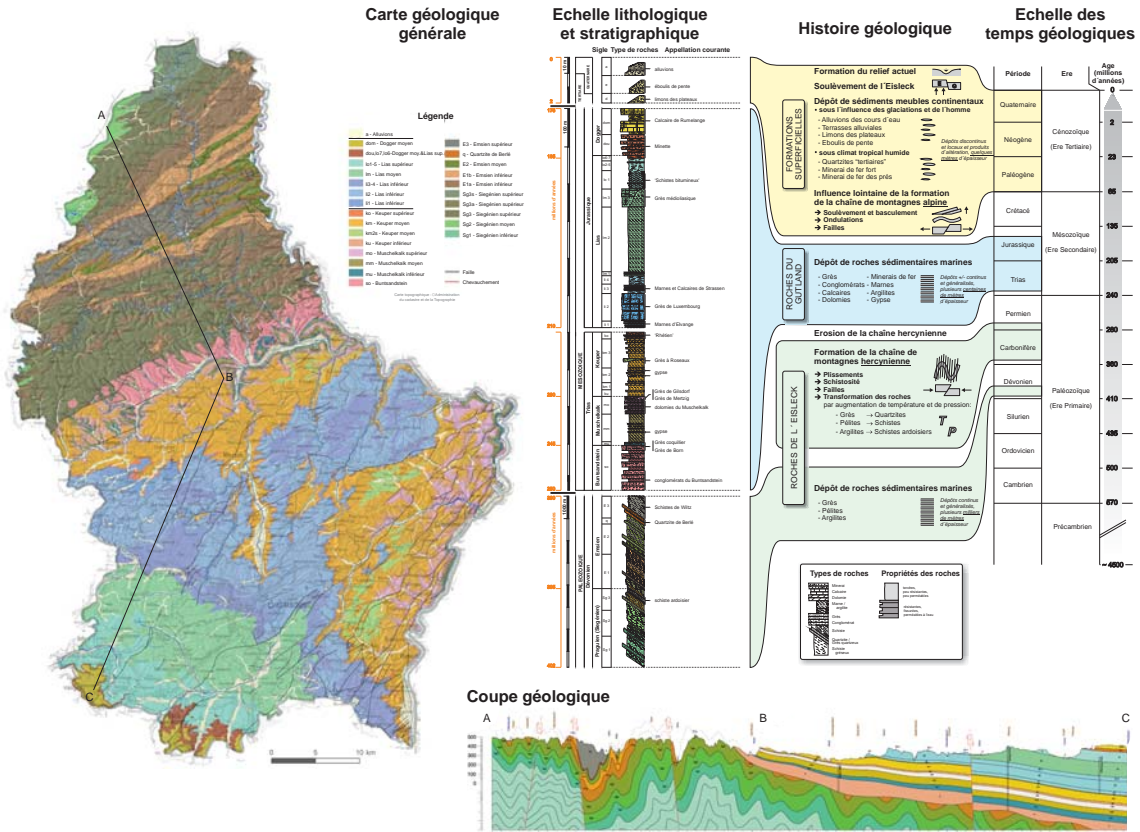






Service géologique de l'Etat

Géologie du Luxembourg





## Service géologique de l'Etat

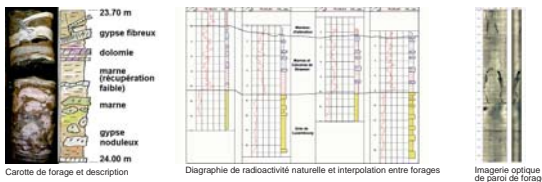
### Le forage de reconnaissance

A côté des grottes naturelles et des tunnels, mines ou autres cavités créées par l'homme, le forage est le moyen le plus courant d'avoir accès au sous-sol. Généralement vertical, mais parfois incliné ou même horizontal, d'un diamètre allant de quelques centimètres à plusieurs mètres, c'est souvent le seul moyen de recueillir des informations sur le sous-sol. Loin d'être un simple trou dans le sol, le forage fait intervenir des techniques spécifiques et des professionnels expérimentés.

#### Objectifs

En général, c'est la carte géologique qui renseigne sur la structure et la composition du sous-sol d'une région donnée. Quand la précision de cette carte géologique n'est pas suffisante ou ne donne pas toutes les informations recherchées, le moyen le plus courant pour d'aller plus loin dans la connaissance du substratum est le forage de reconnaissance. Il est nécessaire pour:

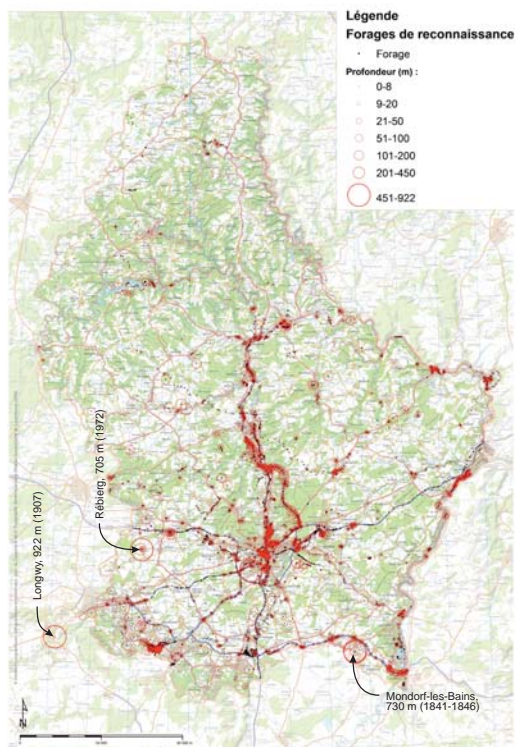
- planifier l'implantation des fondations d'un ouvrage (tunnel, pont, ...) ou d'un bâtiment important,
- recueillir des informations sur les circulations des eaux souterraines (hydrogéologie)
- suivre des pollutions du sol ou des eaux souterraines
- investiguer la présence de ressources naturelles minérales



Le forage offre une vue vers le sous-sol, mais il ne faut pas oublier qu'il ne s'agit forcément que d'un aperçu restreint, vu la taille réduite de la section observée. C'est alors que doit intervenir le savoir du géologue pour interpréter et extrapoler l'information sur le massif souterrain.

Vu l'effort qui est nécessaire pour obtenir ces informations et vu qu'à l'échelle humaine, la composition et la structure du sous-sol ne change pas, les carottes de forage constituent des archives du sous-sol d'une grande valeur qu'il est important de conserver pour des investigations futures.

Comme les roches sédimentaires sont en général de plus en plus anciennes en allant vers la profondeur, une carotte de forage constitue un voyage dans le temps vers des époques géologiques passées, permettant d'explorer l'évolution de la vie (paléontologie) et de retourner aux conditions de milieu de l'époque (paléo-géographie).



Machine de forage en opération



Extraction d'une carotte du carottage

#### Méthodes

Les informations sur le sous-sol proviennent:

- d'une section cylindrique de roche ramenée à la surface, appelée **carotte de forage** (forage « carotté»). La carotte de forage est alors décrite et analysée par le géologue et des **échantillons** peuvent être prélevés afin de faire des études plus détaillées en laboratoire:

- mesures de propriétés physiques, p.ex. résistance à la compression, teneur en eau, perméabilité,...
- mesures de la composition chimique ou minéralogique globale de la roche
- confection de lames minces pour analyse sous le microscope polarisant, permettant une analyse détaillée des espèces minérales ou des microfossiles

- de mesures réalisées directement dans le trou de forage (**essais «in-situ»**) de paramètres physiques (ou plus rarement chimiques) de la roche ou de l'eau qu'elle contient:

- sondage au **pénétromètre**: mesure de la résistance à l'enfoncement d'une pointe normée, permettant de retrouver certains caractères géomécaniques
- essai **pressiométrique**: mesure de la déformation du sous-sol par le gonflement d'une sonde à une pression donnée
- **diagraphie** de forage: mesure en continu de paramètres physiques par un instrument descendu dans le forage: diamètre du forage, radioactivité naturelle, densité de la roche, résistivité électrique de l'eau, température de l'eau, imagerie de la paroi de forage, ...
- suivi des variations du **niveau d'eau** et prélèvement d'échantillons d'eau pour analyse

#### Inventaires et banques de données

Le Service géologique dispose d'un archive important de carottes de forage, comportant plus de 580 forages totalisant environ 12 kilomètres de carottes. Le forage de reconnaissance le plus profond du Luxembourg, 730 mètres, est celui réalisé par G.Kind entre 1841 et 1846 à Mondorf-les-Bains pour la recherche de sel gemme et par lequel l'eau minérale a été découverte.

En 1972, un autre forage important a été réalisé: au Rébierg, près de Garnich, on a foré jusqu'à 705 mètres de profondeur afin d'explorer les ressources en eaux souterraines du Gutland.

Les forages connus sont répertoriés avec leurs informations (la profondeur et les caractéristiques du tubage, la description de la carotte faite par le géologue, les niveaux d'eau mesurés, les échantillons pris,...) dans une banque de données informatique. Grâce aux coordonnées géographiques, on peut les reporter sur des cartes.

La banque de données du Service géologique contient actuellement environ 12000 forages.

Ensemble avec les cartes géologiques qui représentent la surface, ces archives de forages constituent des archives permettant de se faire une image en trois dimensions du sous-sol.





## Service géologique de l'Etat

### Cartes géologiques

#### La carte géologique, représentation cartographique du sous-sol

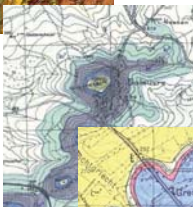
Outil de base du géologue, une carte géologique est un document qui intègre les connaissances sur le sous-sol d'une région donnée. C'est une oeuvre complexe qui se base aussi bien sur les grandes théories des Sciences de la Terre et les principes de fonctionnement de notre planète que sur la connaissance détaillée de minéralogie et de pétrographie sur le terrain. En se servant de différentes plages de couleur, la carte géologique représente la géométrie et les propriétés du sous-sol rocheux qui se trouve sous la couche de sol portant la végétation.

L'utilité de ce document scientifique est non seulement une meilleure connaissance de l'histoire géologique d'une région, mais il constitue également un instrument important au service de l'aménagement et de la mise en valeur du territoire, utile aux ingénieurs, architectes, pédologues, forestiers et autres.

Au lecteur qui sait s'en servir, une carte géologique donne à n'importe quelle échelle plus de renseignements par unité de surface qu'un texte imprimé, quel qu'il soit.



J. Robert, 1915  
Echelle 1:100 000



M. Lucius, 1947  
Echelle 1:25 000



J. Bintz & R. Maquil, 1992, Echelle 1:100 000

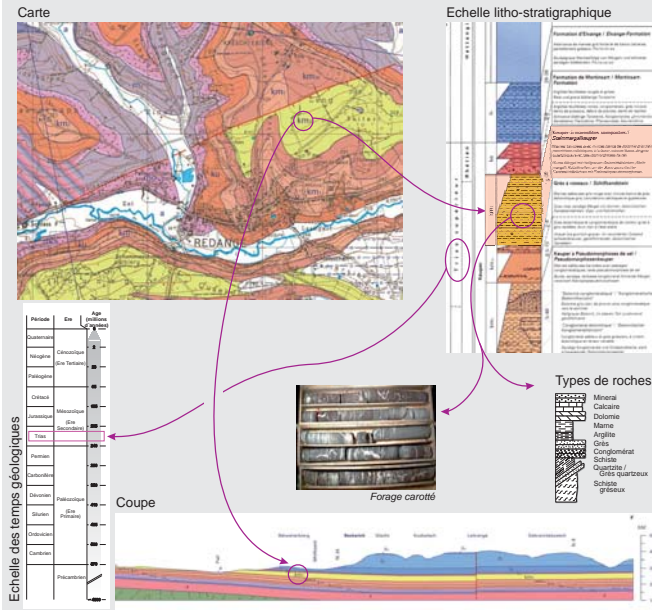
#### Cartes géologiques de différentes époques

#### Cartes géologiques numériques

Actuellement, l'utilisation de l'informatique permet, par l'utilisation de « systèmes d'information géographique » (S.I.G. / G.I.S.), de réaliser un document de qualité cartographique directement par le géologue au bureau et de passer quasi directement d'une observation de terrain à l'imprimerie. Ces techniques, en plus d'être moins onéreuses pour l'éditeur de la carte, minimisent également les erreurs et permettent de faire des mises à jour très facilement.

Mais le plus grand avantage des S.I.G. est de constituer des vraies banques de données géographiques qui peuvent fournir beaucoup plus d'informations que le papier à lui seul et permettent de superposer et combiner différentes données géographiques et de varier librement la manière dont on les représente, afin de mieux faire ressortir et de mieux pouvoir analyser les structures et phénomènes étudiés.

#### Eléments d'une carte géologique



En 1949, le Luxembourg était le premier pays en Europe à disposer d'une cartographie géologique détaillée à l'échelle 1:25'000, respectivement 1:50'000, couvrant l'ensemble de son territoire, ceci grâce aux travaux du Dr. Michel Lucius. Publiées entre 1947 et 1949, cette "ancienne édition" de cartes est faite sur un fond topographique avec courbes de niveau indicatives, basé sur les cartes "Hansen" de 1927.

Depuis 1971, le Service Géologique s'est attaqué à la révision de la carte géologique détaillée, en étroite collaboration avec divers instituts géologiques d'universités étrangères. Cette "nouvelle édition", est réalisée en 25 couleurs, avec légende, coupes géologiques et colonne lithologique et stratigraphique, sur un fond topographique détaillé avec courbes de niveau précises. Sept feuilles sur treize ont été publiées jusqu'à présent.

Etant donné que ces cartes constituent donc des documents de base pour de nombreuses disciplines, elles doivent sans cesse être perfectionnées par des observations complémentaires. Au fur et à mesure de leur évolution et de leur perfectionnement, le nombre de leurs utilisateurs augmente. Pour ces raisons, elles doivent évoluer à la fois vers une plus grande rigueur scientifique et vers une meilleure adaptation aux besoins des utilisateurs.



Superposition d'image aérienne, de carte géologique et de forages dans un système d'information géographique

pour consulter les cartes en ligne, visitez  
<http://www.geologie.lu>



# Tunnelbau in Luxemburg

1 Ab wann ist ein Bauwerk ein Tunnel

---

2 Ensemble Tunnels - 180 Jahre Tunnelbau in Luxemburg

---

3 Ensemble Tunnels et Géologie

---

4 Autobunnsréseau

---

5 St. Esprit

---

6 Markusbiert 1 - Geologische Gefahren Geotechnische Risikobereiche

---

7 Markusbiert 2 - Quell-Hebungsbereiche  
Anhydrit - Gips- mineralisiertes Wasser, gestörtes Gestein

---

8 Gousselerbiert - Gestaltung eines Tunnels

---

9 Grouft 1 - Geologie, Hydrogeologie und Baugrundverhältnisse

---

10 Grouft 2 - Konventioneller Vortrieb / Klassische Bauweise

---

11 Grouft 3 - Vortrieb und Ausbau

---

12 Stafelter

---

13 Howald - Modernisierung der elektromechanischen und  
sicherheitstechnischen Einrichtungen

---

14 Sicherheit in den Strassentunneln

---

15 Wartung eines Tunnels (Markusbiert?)

---

16 Geschichte

---





# Wann ist ein Bauwerk ein Tunnel?

## > 80m bei geschlossener Bauweise



Ein Tunnel ist eine künstliche Durchfahrt, die Berge, Gewässer oder andere Hindernisse - in der Regel als Verkehrsweg - unterquert. Ein Tunnel liegt - abgesehen von der Zu- und Ausfahrt - unterhalb der Erd- oder Wasseroberfläche.

In der deutschen Norm DIN 1076 gelten oberirdische Einhausungen von Straßen oder Galeriebauwerke ab einer Länge von 80 Metern ebenfalls als Straßentunnel, auch wenn diese nicht unterhalb der natürlichen Erd- oder Wasseroberfläche liegen. Eine Unterführung zählt nach DIN 1076 nicht zu den Tunnelbauwerken, wenn diese in offener Bauweise hergestellt wurde und nicht länger als 80 Meter ist. Teilweise dienen Tunnel dem Schutz der Anwohner vor Straßen- oder Schienenverkehrslärm.

Die EU-Richtlinie 2004/54/CE beschreibt welche Sicherheitskriterien Tunnels, die länger als 500 Meter sind und gleichzeitig Teil des europäischen Straßennetzes TERN sind, zu erfüllen haben. Zwei Tunnel des luxemburgischen Straßennetzes fallen unter diese Direktive, der Tunnel Mondorf und der Tunnel Markusberg auf der Saarverbindung A13.

Für den Straßenverkehr erstellte Tunnel können eine oder zwei Röhren haben. Die Tunnelröhren können ein-, zweispurig oder auch mehrspurig sein. Der Bau eines Tunnels ist oft eine Herausforderung an die Ingenieurskunst.

### Tunnelbau

Der Bau von Tunneln erfolgt in geschlossener oder in offener Bauweise.



#### Geschlossene Bauweise

Bei der geschlossenen Bauweise erfolgt die Herstellung bergmännisch überwiegend nach der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise NÖT, auch Spritzbetonbauweise genannt. Der Tunnel wird entweder in der klassischen Bauweise mittels Bohr- und Sprengvortrieb beziehungsweise mittels mechanischem Ausbruch durch Bagger, Rippiergeräten und Teilschnittmaschinen TSM oder maschinell mittels einer Tunnelbohrmaschine TBM (siehe Exponat) ausgegraben.

Grouff



Bei der klassischen Bauweise unterscheidet man zwei Ausbrucharten, den Vollausbuch, wobei der Gesamtquerschnitt ausgebrochen wird und den Teilausbuch, meist durch Kalotten- und nachfolgendem Strosseausbruch.

Bei längeren Tunneln im Gebirge und im Hochgebirge kommt oft nur der Gegenortvortrieb als Bauweise in Frage, dies um die Bauzeit auf eine wirtschaftlich sinnvolle Zeitdauer zu begrenzen. Beim Gegenortvortrieb wird die Röhre von beiden Enden des zu erstellenden Tunnels ausgebrochen, eventuell ergänzt um weitere Vortriebe von Zwischenangriffen aus.

Die großen Autobahntunnel wurden nach der NÖT Bauweise nach der klassischen Arbeitsmethode hergestellt, der Tunnel Markusberg mittels Baggerausbruch und die drei großen Tunnelbauwerke der Nordstraße A7 (Tunnel Gousselerberg, Grouff und Stafelter) mittels Bohr- und Sprengvortrieb. Dabei wurden die Tunnel Gousselerberg und Grouff im Gegenortvortrieb ausgebrochen.



#### Offene Bauweise

Beim Tunnelbau in offener Bauweise erfolgt die Herstellung des Tunnelbauwerks in einer offenen Baugrube, die anschließend wieder verfüllt wird. Die offene Bauweise wird überwiegend bei geringer Überdeckung verwendet.

Mersch

- Bei der herkömmlichen **offenen Bauweise** bleibt die Baugrube während der gesamten Bauzeit offen. Nach Fertigstellung des Bauwerks wird die Baugrube wieder verfüllt.

- Bei der **Deckelbauweise** wird eine Schlitzwand oder Bohrfahnd wand aus Stahl- oder Stahlbeton-Bohrpfählen errichtet, zwischen denen die Baugrube ausgehoben wird. Sobald die Höhe erreicht ist, in dessen Bagger und Radlader arbeiten können, wird die Grube zur Aufrechterhaltung des darüber fließenden Straßenverkehrs abgedeckt.

- Beim **Taktvorschub** wird ein Tunnelbottenteil neben der endgültigen Stelle hergestellt. Entweder nach dem kompletten Entfernen der Erdmassen oder durch kontinuierliches Entfernen und phasenweises Schieben, wird das Tunnelbottenteil über eine vorab gefertigte Bodenplatte an die entsprechende Stelle geschoben. Die Grube wird daraufhin wieder aufgefüllt. Innerhalb kürzester Zeit werden die Verkehrsverbindungen wiederhergestellt damit der Verkehr wieder fließen kann. Der Tunnel „Central Gate“ auf der neuen Liaison Micheville wurde nach dieser Methode gebaut.



Esch / Belval

Der Bau von Tunnel ist sehr **kostenintensiv**. So schlägt eine zweistreifige Tunnelröhre, welche bergmännisch in mittelschweren Bodenverhältnissen hergestellt wird, mit etwa 25.000 Euro pro Meter zu Buche. Dies ist nur ein Durchschnittswert, der nach unten, vor allem aber auch nach oben hin abweichen kann. Dazu entfallen in der Regel noch gut und gerne 20 Prozent auf die Ausstattung des Tunnels, zum Beispiel Beleuchtung, Belüftung, Überwachungskameras, Notrufsäulen usw. Neben den zum Teil enormen Baukosten ist die Unterhaltung des Tunnels ebenfalls sehr kostspielig. So rechnet man im Schnitt mit jährlichen 180.000 Euro Folgekosten pro Kilometer Tunnelstrecke.

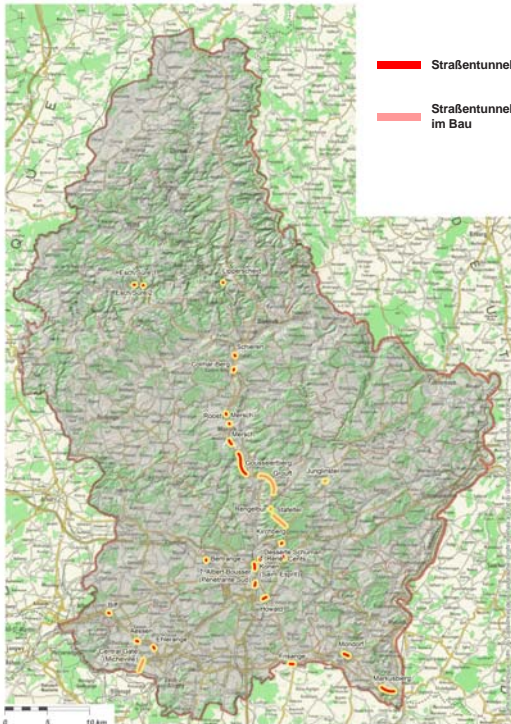




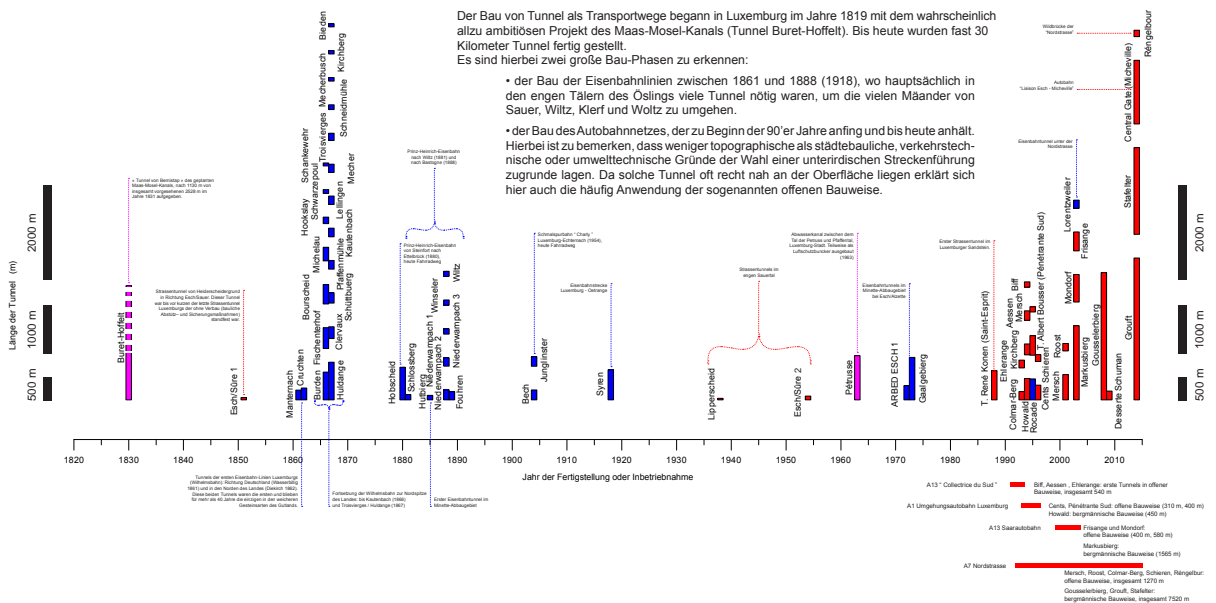
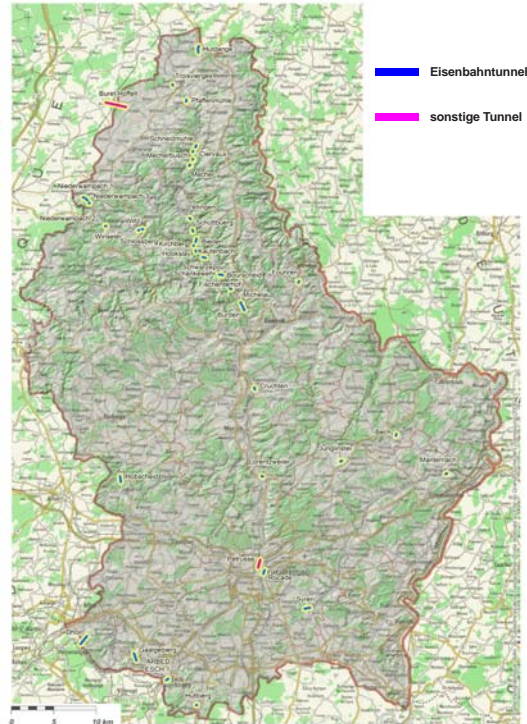


# Fast 200 Jahre Tunnelbau in Luxemburg

## Straßentunnel



## Eisenbahn- oder sonstige Tunnel



Tunnel Buret - Hoffelt

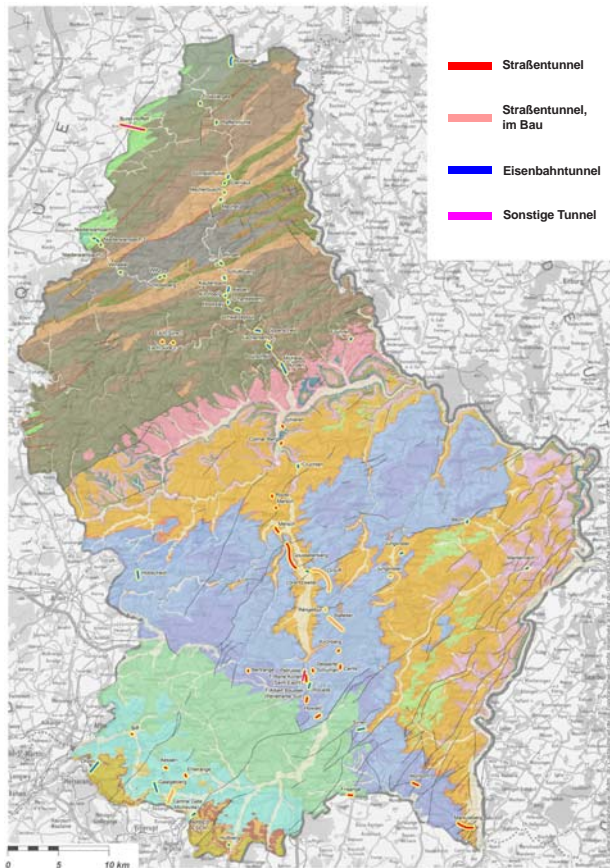
Tunnel Huldange





# Tunnelbau und Geologie

## Geologische Karte



Die Art der geologischen Schichten, die von einem Tunnelbauwerk durchquert werden, bestimmt in wesentlichem Maße die Wahl des Querschnitt-Typs, der Vortriebsmethode und des Ausbaus eines Tunnels, da die Eigenschaften der Gesteine entscheidend sind für die Standfestigkeit des Gebirges.

Die geologische Situation leitet sich in erster Linie aus der geologischen Karte ab, dem wichtigsten Arbeitsdokument des Geologen. Sie zeigt mit ihren Farbflächen die Ausdehnung verschiedener geologischer Einheiten an der Oberfläche. Um diese Einheiten genauer in der Tiefe vorhersagen zu können werden anschließend Erkundungsbohrungen abgeteufelt und deren Aussagen eventuell mit indirekten, geophysikalischen Methoden vervollständigt.

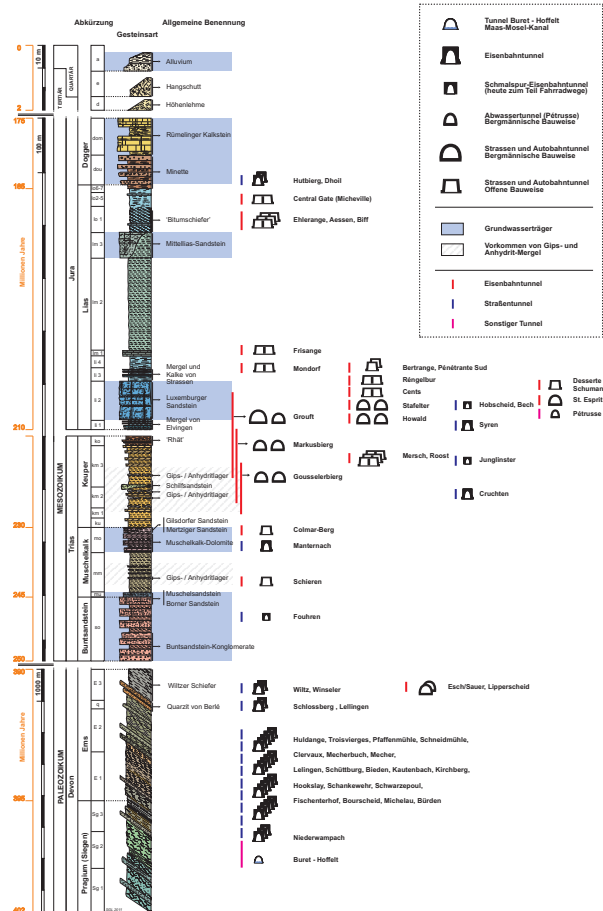


Die Eigenschaften der Gesteine und des Gebirgsmassivs werden mit verschiedenen felsmechanischen Versuchen bestimmt, entweder direkt "in situ" im Bohrlloch, oder an den entnommenen Proben im Labor.

Das Vorkommen von Grundwasser, ein anderer wichtiger Faktor welcher für Vortrieb und Ausbau eines Tunnels von großer Bedeutung ist, wird genau dokumentiert: die Wasserstände in den Bohrungen werden gemessen und überwacht, es werden Wasserproben entnommen und analysiert, die Gesteins- und Gebirgseigenschaften werden mit Versuchen bestimmt, ...

## Vertikale Abfolge der Gesteine

Position der Tunnel zu den durchquerten geologischen Einheiten



## Gesteinsarten und -eigenschaften

Während der Norden Luxemburgs (Ösling) fast ausschließlich aus harten Schiefer- und Sandstein-Schichten aufgebaut ist, zeigt der geologische Untergrund im Süden (Gutland) eine Wechselfolge von harten Gesteinsarten (Kalk, Dolomit, Sandstein und Eisenerz) und von weichen Gesteinsarten (Mergel, Tonstein, Lockersedimente).

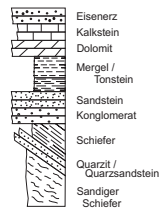
- Harte Gesteinsarten benötigen beim Abbau große Mittel, weshalb hier vorwiegend der Sprengvortrieb und bei großen Tunneln Tunnelbohrmaschinen zum Einsatz kommen. Andererseits können hier die Sicherungsmaßnahmen wesentlich leichter ausfallen, da das Gebirge eine große eigene Standfestigkeit aufweist. Oft reicht in einer ersten Bauphase Spritzbeton aus.

Diese Gesteinsarten stellen durch ihre Wasserdurchlässigkeit und die Bildung von Grundwasserträgern aber oft größere Anforderungen an Drainage und Abdichtungen im Tunnelbereich. Wenn Grundwasser durchquert wird welches als Trinkwasser genutzt wird, müssen zudem die nötigen Vorkehrungen getroffen werden, um dessen Qualität nicht zu gefährden.

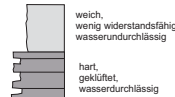
- Weiche Gesteinsarten dagegen benötigen beim Abbau weniger Energie, weshalb hier der Baggvortrieb oftmals ausreicht. Durch ihre geringe Standfestigkeit müssen hier jedoch stärkere Sicherungsmaßnahmen getroffen werden, wobei Stützbögen und Anker zum Einsatz kommen um eine übermäßige Verformungen des Gebirges zu vermeiden.

Da diese Gesteinsarten größtenteils wasserundurchlässig sind, sind die Grundwasserströme im Tunnel oft geringer und besser kontrollierbar. Beim Vorkommen von quellfähigen Tonmineralien oder Anhydrit muss jedoch den Auswirkungen von Verwitterungs- oder Quellprozessen, die auftreten können wenn vorhandenes Grundwasser in Kontakt mit unverwittertem, "trockenem" Gestein kommt, besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

### Gesteinsarten



### Gesteinseigenschaften







# Evolution des Luxemburger Autobahnnetzes

## Entwicklung des Autobahnnetzes

Straßenbaufonds,  
Gesetz vom 16. August 1967

Der Bau des luxemburgischen Autobahnnetzes wird auf Basis des Gesetzes vom 16. August 1967 umgesetzt. Neben der Absicht den Straßenbenutzern auf regionalem und nationalem Plan die besten Infrastrukturen abseits von Ortschaften zur Verfügung zu stellen, war das Hauptziel des neu zu schaffenden Straßennetzes unser Land bestmöglich mit den angrenzenden Ländern zu verbinden, dies um die Gefahr einer Umgehung unseres Territoriums durch die großen internationalen Straßenverbindungen zu vermeiden. In einer Zeit, wo die Grenzen in Europa sich immer mehr öffneten, wurde dies als eine Frage des nationalen Interesses angesehen. Damals rechnete man das gesamte Programm des Autobahnnetzes in etwa 10 Jahren umsetzen zu können. Dieser Zeitraum wurde im Vergleich zu unseren Nachbarländern, wie zum Beispiel Deutschland, wo innerhalb eines Jahres 200 km Autobahnen gebaut wurden, als sehr komfortabel angesehen. Der Bau des luxemburgischen Autobahnnetzes überstreckt sich mittlerweile auf schon fast fünf Jahrzehnte und wird mit der Eröffnung des Teilstücks Waldhaff – Lorentzweiler der Nordstraße A7 abgeschlossen. Damit beläuft sich die Länge des luxemburgischen Autobahnnetzes auf etwa 155 km.

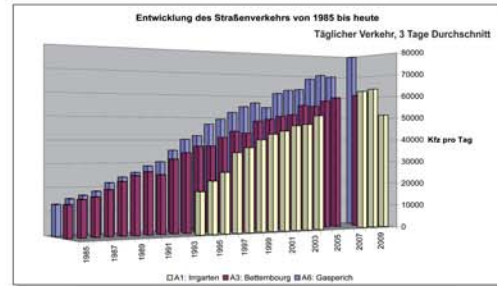


Straße	Abschnitt	Länge [km]	Eröffnung
A1	Kirchberg - Senningerberg	2,7	1969
A4	Pontpierre - Lallange	3,5	1969
A4	Leudelange-Nord - Leudelange-Sud	2,5	1972
A4	Merl - Leudelange-Nord	4,5	1974
A6	Leudelange-Sud - Pontpierre	3,1	1976
A6	Cessange - Strassen	3,8	1976
A3	Gasperich - Dudelange	10,8	1978
A6	Gasperich - Cessange	3,0	1978
A3	Dudelange - Zoufftgen	1,5	1981
A6	Strassen - Kleinbettingen/Sterpenich	14,0	1982
A1	Potasschberg - Wasserbillig/Meserich	10,1	1985
A4	Lankelz - Lankeletz	1,2	1988
B7	Schieren - Erpeldange	6,6	1989
A1	Senningerberg - Münsbach	3,6	1990
A13	Nidderkärjérgemillen - Sanem	1,3	1990
A1	Münsbach - Potasschberg	10,7	1992
A4	Lankelz - Raeremich	1,5	1992
A13	Biff - Nidderkärjérgemillen	1,3	1993
A13	Kayl - Dudelange-Burange	2,5	1993
B7	Colmar-Bierg - Schieren	2,2	1993
A1	Gasperich - Irrgarten	6,9	1994
A13	Schiffange - Kayl	3,5	1994
A13	Sanem - Lankelz	6,2	1994
A13	Esch - Schiffange	1,1	1994
B3	Bonnevoie - Gasperich	2,3	1995
N31	Rodange - Biff	3,8	1995
A1	Irrgarten - Kirchberg	2,2	1996
N27A	Erpeldange - Friedhaff	1,0	1996
A7	Schoenfels - Colmar-Berg	7,6	2001
A7	Gréngewald - Waldhaff	1,4	2002
A13	Hellange - Schengen/Perl	20,1	2003
A7	Lorentzweiler - Schoenfels	5,3	2008
A7	Waldhaff - Lorentzweiler	8,4	im Bau

Freigabe der verschiedenen Autobahnteilstücke für den Verkehr



Lage der verschiedenen Autobahn-Tunnels



Entwicklung des Straßenverkehrs von 1985 bis heute

Täglicher Verkehr, 3 Tage Durchschnitt

Bauzeit der verschiedenen Autobahn-Tunnels

## Entwicklung des Tunnelbaus

Das erste größere Straßentunnelprojekt in Luxemburg war Anfang der 80er Jahre der Bau des Tunnel St Esprit unter der Altstadt Luxemburg. Er wurde in mehreren Arbeitsphasen mittels Tunnelbohrmaschine, Teilschnittmaschine oder auch Hydraulikkammer ausgehöhlt. Auch der Tunnel Howald der Autobahn A1 wurde auf einer Länge von knapp 300 Metern mittels Teilschnittmaschine gefräst, der restliche Abschnitt wurde mittels Hydraulikkammer ausgehöhlt. Danach kam eine Reihe von Tunnels die in offener Bauweise gebaut wurden, wie zum Beispiel der Tunnel „Albert Bousser“ der Pénétrante Sud oder auch der Tunnel Cents der Autobahn A1. Erst der Tunnel Markusberg auf der Saarverbindung A13 wurde wieder in geschlossener Bauweise hergestellt, dies mittels Hydraulikkammer beziehungsweise Ausgrabegerät. Die drei großen Tunnels der Nordstraße A7 (Gousselerbiert, Grouft und Stafelter) wurden allesamt im Teilquerschnitt überwiegend mittels Sprengung aufgeföhren. Der Tunnel Central Gate der Liaison Micheville auf Belval wurde in der offenen Bauweise hergestellt, dabei auch teilweise im Taktorschubverfahren, wobei das fertige Tunnelbetonteil an die entsprechende Stelle geschoben wird. Wurden Tunnels anfangs hauptsächlich wegen ungünstigen topografischen Verhältnisse geplant, so werden sie heute zunehmend ebenfalls aus ökologischen (Tunnel Stafelter) oder auch aus urbanistischen (Tunnel Central Gate in Esch/Belval) Gesichtspunkten angelegt.

Straße	Tunnel	Baujahr	Länge [m]	
1	N57	St Esprit / René Konen	1983 - 1988	638,5
2	A1	Howald	1990 - 1994	428,5/468,5
3	A13	Aessen	1988 - 1994	200,0
4	A13	Ehlerange	1990 - 1994	225,0
5	A1	Pénétrante Sud	1992 - 1995	419,0
6	A1	Cents	1994 - 1996	310,0
7	A7	Mersch	1997 - 2001	530,0
8	A7	Roost	1998 - 2001	150,0
9	A13	Markusberg	1998 - 2003	1.565,0/1.585,0
10	A13	Frisange	1998 - 2003	395,0
11	A13	Mondorf	1999 - 2003	575,0
12	A7	Gousselerbiert	2000 - 2008	2.695,0
13	A7	Grouft	2005 -	2.966,0
14	Liaison Micheville	Central Gate	2006 -	735,0
15	A7	Stafelter	2008 -	1.850,0
16	A7	Réngelbur	2010 -	150,0







# Tunnel Saint Esprit "René Konen"

**Tunnelmerkmale**

Länge: 638m

Röhren: 2 x 3,5 m Spuren im Einbahnverkehr

Baujahr: 1983 - 1988

Bauweise: 447m als Tunnel gebohrt  
191m als offene Bauweise

Gefälle: maximum 7%



## Historie

Über mehrere Jahre hinweg hatten Verkehrsexperten aus dem In- und Ausland sich mit dem Thema Verkehr in der Stadt Luxemburg beschäftigt, und dabei festgestellt dass es notwendig sei das Straßennetz der zentralen Sektoren der Stadt, d.h. der "boulevard Royal", die "avenue de la Liberté", die "place de la Gare", die "avenue de la Gare" (zu einem späteren Zeitpunkt die "Rocade de Bonnevoie") und die "Côte d'Eich" mit einer östlich liegenden städtischen Verbindung zu ergänzen. Die Verwirklichung des Tunnels „Saint-Esprit“, der die „Passerelle“ mit der „Côte d'Eich“ verbindet, wurde durch das Gesetz vom 2. Dezember 1980 beschlossen.

## Das Projekt Tunnel Saint-Esprit

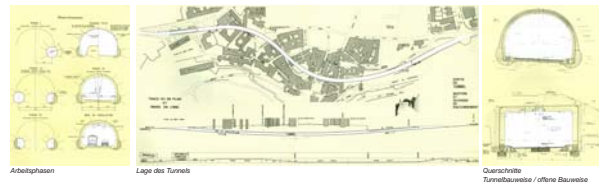
Das Projekt beginnt vor der Kaserne Vauban und verläuft nacheinander unter den Gebäuden der „Administration des Contributions“, der „Eglise du Culte Protestant“, der „Inspection Générale des Finances“, des „Jlot Clairefontaine“, der „Chambre des Députés“, des „Musée de l'Etat“ und des „Palais de Justice“. Die Länge des Tunnels beträgt 638,5 m, wovon 447,5 m bergmännisch ausgehoben und 191 m in offener Bauweise ausgeführt wurden. Der Tunnel endet hinter der „Bastion des Trois Pigeons“. Eine Brücke von einer Länge von 170 m verbindet das Ende des Tunnels mit der „Côte d'Eich“, dies in Höhe der Kreuzung mit dem „boulevard Royal“. Eine Vertretung des Tunnels wurde für den Abschnitt zwischen den Stationierungen PK 398 und PK 486 vorgesehen, um zu einem späteren Zeitpunkt, ohne den Verkehr im Tunnel zu stören, den Bau einer zweiten Ausfahrt zur „rue Sosthène Weis“ zu erlauben. Der Tunnel wurde völlig in der geologischen Formation des luxemburgischen Sandsteines gebaut.

## Ausführung der Arbeiten

Die Arbeiten hatten im September 1983 begonnen. Unterschiedliche Ausführungsmethoden wurden je nach geologischen, topografischen und geometrischen Bedingungen für den Bau des Tunnels zurückbehalten. Für den bergmännischen Teil des Tunnels mit Verlauf unter der Altstadt, wurde die Vortriebsmethode des Teilschnittverfahrens gewählt, dies um jedes Verformungsrisiko an der Oberfläche auszuschließen. Demgemäß hat der Vortrieb mittels eines Bohrergeräts mit einem Durchmesser von 2,80 m angefangen. Der durchschnittliche Fortschritt war 10 m täglich, welche 60 m<sup>3</sup> Aushub pro Tag entsprachen. So wurde der erste Seitenstollen am 16. März 1984 nach 3 Monaten beendet. Die zweite Galerie wurde am 13. Juli 1984 beendet. Der Bau der Seitenstollen hat die Kenntnisse über die Besonderheiten des Felsens erweitert, die Aufspürung von geologischen Unregelmäßigkeiten ermöglicht und die Verformung an der Oberfläche auf ein Minimum reduziert. Nach dem Betonieren der östlichen und westlichen Fundamente, wurde die Aushöhlung der Tunnelkalotte verwirklicht, dabei wurden folgende Etappen beachtet:

- die Aushöhlung der Kalotte mittels einer Teilschnittmaschine TSM und das Einsetzen von Stahlbögen HEB 160 im Abstand von 1,2 m, dies um die erfordernten Stabilisierungsrücke zu erhalten,
- das Betonieren der Außenschale hinter der Maschine TSM: in den Tunnelabschnitten mit einer schwachen felsigen Überdeckung erfolgte das Betonieren der Außenschale aus Sicherheitsgründen unmittelbar hinter der Ortsbrust.

Der durchschnittliche tägliche Fortschritt in zwei Arbeitsschichten war ungefähr 2,40 m, welche 110 m<sup>3</sup> pro Tag entsprachen. Die Ausgrabungsarbeiten der Kalotte haben am 3. Juli 1984 begonnen und wurden am 2. Juli 1985 beendet. Die definitive Inbetriebnahme des Tunnels erfolgte am 18. Juni 1988 in Präsenz Seiner Königlichen Hoheit Großherzog Jean.



Arbeitsphasen

Lage des Tunnels

Querschnitte Tunnelbauweise / offene Bauweise



Rollbohrkopf der Tunnelbohrmaschine Robbins

Tunnelbohrmaschine

Die angewendete Tunnelbohrmaschine besitzt einen Rollenbohrkopf, angetrieben von zwei Motoren à 100 PS, eine Anpresseinrichtung die sich mit 120 t seitlich an die Felswand andrückt sowie ein Förderband das die Felsmengen am Bohrkopf nach hinten abtransportiert.



Projekt von Tunnelstöhrt



Ausgang Tunnel Eichenberg (offene Bauweise)



Friskopf der Teilschnittmaschine



Abtransport des Formbetons



Unterhaltungsmaßnahmen



Bauminister René Konen während der Eröffnung



Verlauf des Tunnels unter der Hauptstadt







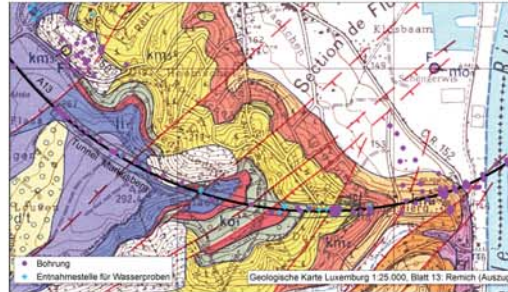
# Tunnel Markusberg

## Geologische Gefahren

## Geotechnische Risikobereiche

### Geologische Gefahren

- Tonig-mergeliger Untergrund** (li1-ko, km3, km2)  
Halbfest-Gestein: zeit-veränderlich, wenig wasser-durchlässig, Tonquellen, Rutschgefahr (Rhät)
- Gips - Anhydrit im Untergrund** (km2)  
Auslaugung, Gipskarst, Gipsneubildung, Anhydritumwandlung (Anhydritfront)
- Grundwasser**  
Schichtwasser (li1)  
Kluftwasser (km3 und km2)  
stark mineralisiertes sulfathaltiges Grundwasser (km2)
- Störungsbereiche**,  
Verwerfungen im Tunnelbereich,  
zerrüttetes Gebirge mit Wasserführung und Verwitterung

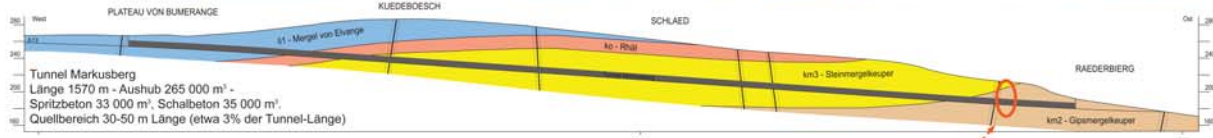


Die betrachteten **geologischen Gefahren** sind typisch für alle oberflächennahen Tunnels in Sedimentgesteinen.

Ähnlich tonig-mergelige Gesteine (Halbfest-Gestein: → zeit- und wasser-veränderlich) der Lias- und Keuper-Zeit wurden in den Tunnels Gousselerberg und Grouff angetroffen.

Im Tunnel Gousselerberg durchquerte das Bauwerk die gipsführenden Schichten des Keupers und beim Ausheben des Tunnel Grouff wurde das Grundwasser des Luxemburger Sandsteines durchquert sowie die Schichtwässer des unteren Lias (li1) sowie des Keupers angetroffen.

Die Tunnel Stafelter, Howald und Heilig-Geist liegen alle im Festgestein des Luxemburger Sandsteines (Fest-Gestein → zeit- und wasser-unveränderlich).



**Geotechnisches Risiko** = **Wahrscheinlichkeit** \* **Summe (€)**

(P: 1 eingetroffen, 0 unmöglich)  
Bei einer **geologischen Gefahr** bestimmter Intensität  
die zur Schadensbehebung nötig ist

**Gegenmaßnahmen (€)**

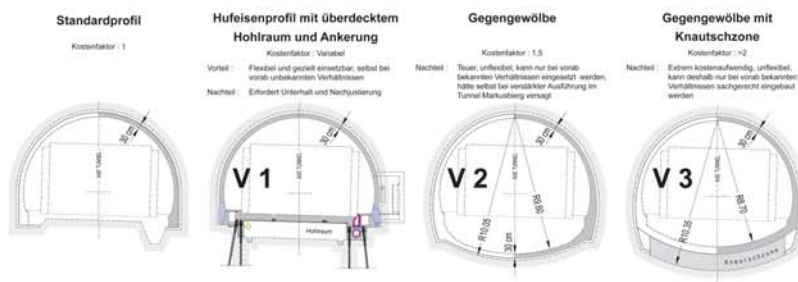
- zu planende Gegenmaßnahmen um die
- Wahrscheinlichkeit des Eintreffens einer Gefahr zu verringern
- (p= 0 oder sehr klein ist im Tunnelbau kaum möglich)

### Schadfall Quellhebung

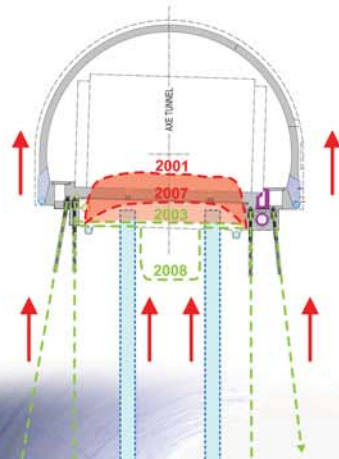
Der Hebungsbereich umfasst heute etwa 30 m Länge im Tunnel sowie im Gebirge um die beiden Röhren. Schon zur Bauzeit wurden Quellhebungen von etwa 1,5 – 2,0 m festgestellt. 2003, vor Öffnung des Tunnels, wurde nach Plan-Variante 1 ein überdeckter Hohlraum von 1,5 m Tiefe angelegt. 5 Pumpen sollten das sulfathaltige Wasser abpumpen. Die Hebungsvorgänge verlangsamten sich, doch mussten schon 2006 die ersten Pumpen ersetzt werden. 2008 wurde im Rahmen einer größeren Sanierung ein größerer Hohlraum geschaffen. Die Hebungsvorgänge gehen weiter und zukünftige Erkundungen sowie Sanierungen werden nötig sein. Die Analyse der Quellvorgänge in Hebung und Quelldruck unterstreichen jedoch die generelle Richtigkeit der vorgeschlagenen Baumaßnahmen.

### In der Planung erwogene Gegenmaßnahmen

Nach Abwägen der geologischen Gefahren, ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und des geotechnischen End-Risikos mit dem Wert der verschiedenen Gegenmaßnahmen wurde Variante 1 zurückbehalten.



Länge der Gewölbestrecke – Mächtigkeit und Armierung der Betonschale  
Bei der Planung festlegen – wenig Anpassungsmöglichkeit  
Aushubmenge ↑, Beton Menge ↑, Bauzeit ↑

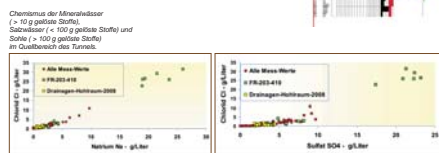
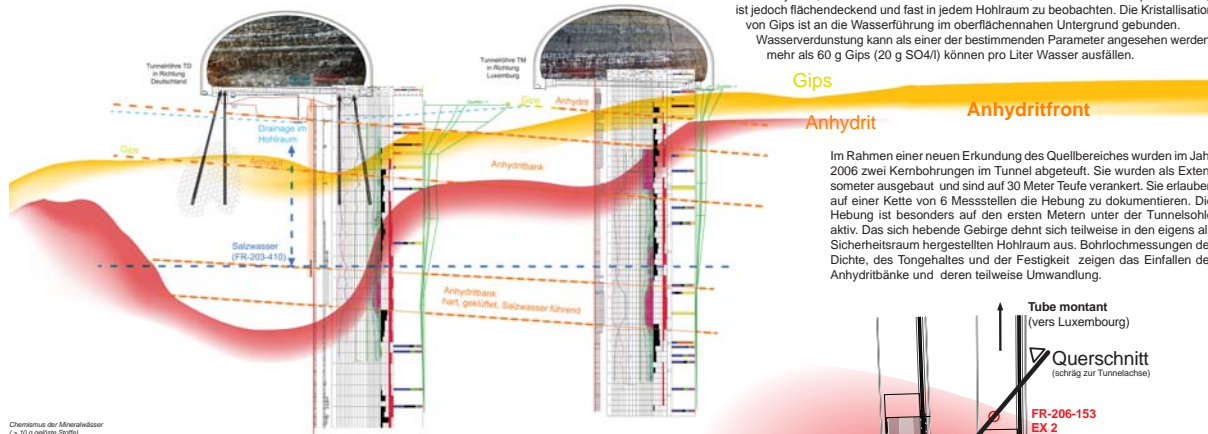






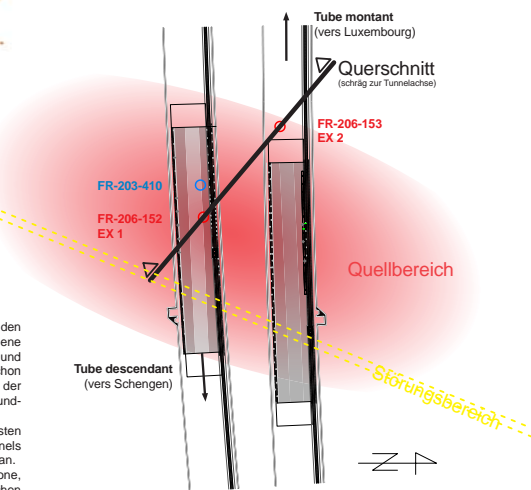
# Tunnel Markusbiérg Quell- und Hebungsbereich Anhydrit – Gips – Salzwässer

## Schematischer geologischer Querschnitt durch den Quellbereich



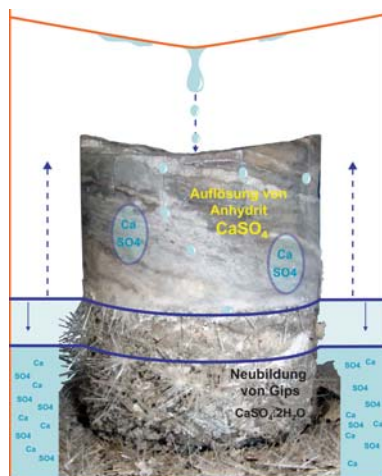
Die aktiven Quellprozesse unter der Sohle des Tunnels umfassen das Tonquellen, die Anhydritumwandlung sowie, in einem grossen Masse, die Gipsneubildung. Tonquellen ist besonders in den ersten Phasen der Vernässung aktiv, wobei der initiale Quelldruck sehr hoch ist aber sehr schnell abklingt. Anhydritumwandlung verläuft generell langsam, da sich das System, ausser in wasserführenden Bereichen, selbst abdichtet. Gipsneubildung ist jedoch flächendeckend und fast in jedem Hohlraum zu beobachten. Die Kristallisation von Gips ist an die Wasserführung im oberflächennahen Untergrund gebunden. Wasserverdunstung kann als einer der bestimmenden Parameter angesehen werden; mehr als 60 g Gips (20 g SO<sub>4</sub>/l) können pro Liter Wasser ausfallen.

Im Rahmen einer neuen Erkundung des Quellbereiches wurden im Jahr 2006 zwei Kernbohrungen im Tunnel abgeteufelt. Sie wurden als Extensometer ausgebaut und sind auf 30 Meter Tiefe verankert. Sie erlauben auf einer Kette von 6 Messstellen die Hebung zu dokumentieren. Die Hebung ist besonders auf den ersten Metern unter der Tunnelsohle aktiv. Das sich hebende Gebirge dehnt sich teilweise in den eigens als Sicherheitsraum hergestellten Hohlraum aus. Bohrlochmessungen der Dichte, des Tongehaltes und der Festigkeit zeigen das Einfallen der Anhydritbänke und deren teilweise Umwandlung.

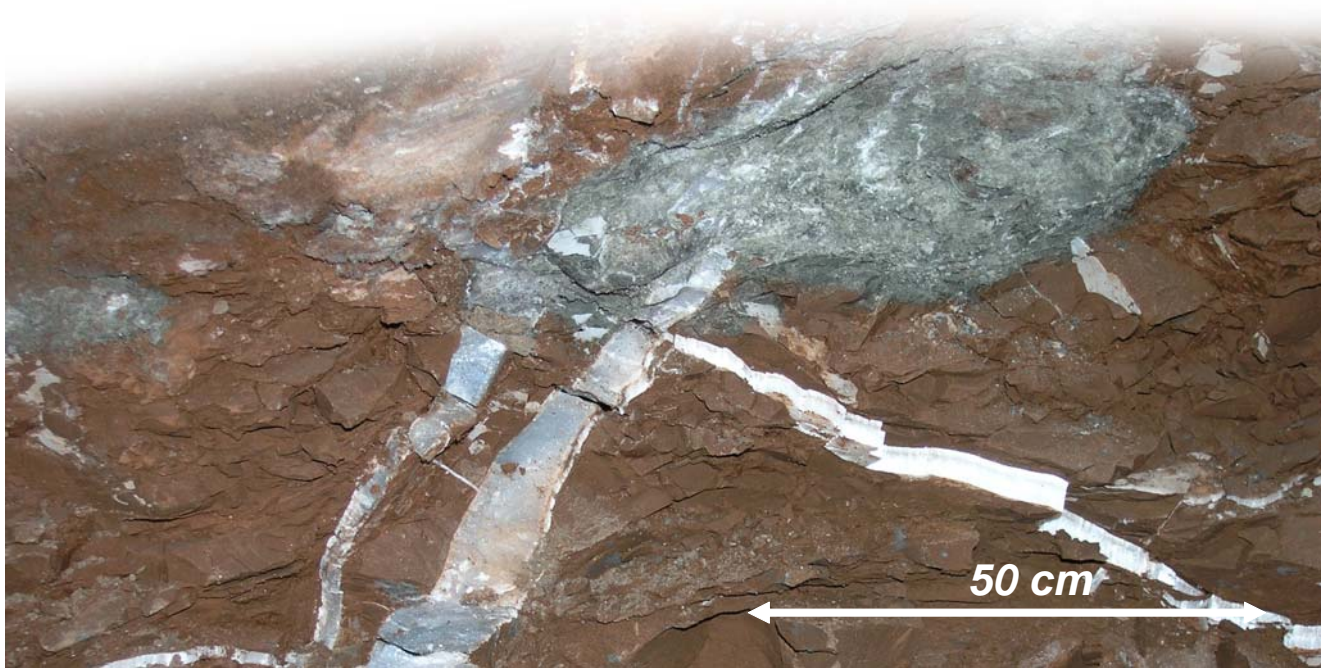


Der Tunnel Markusbiérg traf in dem zurzeit quellenden Bereich auf eine Schicht- und Störungs- gebundene Anhydritfront oberhalb welcher nur Gips stabil ist und in der sich die Umwandlung Anhydrit → Gips schon in geologischen Zeiten vollzogen hat. Unterhalb der Anhydritfront ist Anhydrit stabil und mit dem Grundwasser im Gleichgewicht.

Ab der Störungfront wurde Gips in mächtigen festen Lagen angetroffen. Im Eingangsbereich des Tunnels steht Gips als dicke, schichtgebundene Knollen an. Der Quellbereich liegt am Rande einer Störungszone, in der Hebungprozesse schon in geologischen Zeiten mehrmals aktiv waren. Die durch die Quell-Prozesse geöffneten Klüfte wurden wahrscheinlich fast zeitgleich mit den Verformungen mit Fasergips aufgefüllt. Die ersten Klüftfüllungen sind sogar mit sehr seltenem blauem Anhydrit durchzogen. Mehrere nachfolgende Generationen Fasergips haben fast alle Klüfte verheilt und somit die Wasserführung gestoppt. Das Auffahren des Tunnels und das Anlegen der Drainagen hat im Störungsbereich die Wasserführung im Untergrund lokal stark verändert. Sulfathaltiges, stark mineralisiertes Grundwasser sowie Oberflächen- und Drainwasser haben die Hebungprozesse wieder aktiviert. Auch jetzt bilden sich zeitgleich neue Gipsminerale; sie füllen alle Klüfte, sind verantwortlich für die Hebung, verheilen aber auch langfristig das Gebirge.



Der Versuch an einem Bohrkern der Erkundungsbohrung (FR-206-152) zeigt eindrucksvoll die Reaktionsfähigkeit von Anhydrit und Gips. Im geschlossenen System (Behälter, halb mit Wasser gefüllt) ist nach etwa einem Jahr genügend Anhydrit aufgelöst worden, um das Wasser mit etwa 3 g Sulfat pro Liter anzureichern. Der Ausfällprozess von Gips beginnt und das Wasser wird langsam aufgebraucht, um das Gips-Kristall zwei Wassermoleküle in das Kristallgitter eingebaut werden. Dem Gipswachstum sind im offenen System (unendlich viel mineralisiertes Wasser steht zur Verfügung) keine Grenzen gesetzt. Die Dichte des Gesteins nimmt mit der Umwandlung von Anhydrit zu Gips von etwa 2,9 auf 2,4 g/cm<sup>3</sup> ab. Das Gesteinsvolumen nimmt um etwa 61% zu und der in Versuchen gemessene Quelldruck variiert von etwa 1,7 bis 4,7 MPa/m<sup>2</sup> (Steiner, 2007) und kann so bis zu 100 Meter Gebirge anheben. Im wasserreichen System (trockener Untergrund) besteht ein Gleichgewicht zwischen Anhydrit und Gips; eine Umwandlung kann nicht (mehr) stattfinden.





# Tunnel Gousselierberg

## Gestaltung eines Tunnels

**Tunnelmerkmale**

- Länge: 2695m
- Röhren: 2
- Baujahr: 2000-2008
- Bauweise: gesprengt
- Gefälle: 0.75%



### Nordportal Tunnel Gousselierberg

Das Nordportal besteht aus einem Tunnelvordach als Betonschalung mit zusätzlichem Schattenbauwerk<sup>Ⓞ</sup> zur Reduktion des Lichteinfalls vor dem Portal.

Dies führt zu einer Reduktion der vom Auge zu erbringenden Adaptationsleistung  
⇒ Reduzierung der Leistung der Adaptationsbeleuchtung.

Beidseitig wird das Portal durch eine Lichtgalerie und Gabillonenwand<sup>Ⓞ</sup> mit Zwischenräumen zum Lichtdurchtritt<sup>Ⓞ</sup> abgeschlossen.

Zur architektonischen Gestaltung sind die Tunnelröhren in der Höhe versetzt, hieraus folgt dass es keine Möglichkeit zur Verkehrsüberleitung gibt.<sup>Ⓞ</sup>

Das Betriebsgebäude<sup>Ⓞ</sup> ist durch entsprechende Gestaltung für die Autofahrer kaum wahrnehmbar.

### Tunnelinnenstrecke

Entlang der Kurvenaußenseite ist der Tunnel optisch derart ausgestaltet, dass sich farblich abgestimmte Blöcke von 50 m Länge aneinander anschließen.<sup>Ⓞ</sup>

Die Farbgebung der Fluchtwege, d.h. der Zugänge zu den Fluchtgalerien ist in grün gehalten und mit Leuchten speziell gekennzeichnet.

Die Gestaltung der Nischen mit den Notrufeinrichtungen<sup>Ⓞ</sup> und den Löscheinrichtungen<sup>Ⓞ</sup> ist in der Farbe Signalrot ausgeführt.

Eine korrekte Ausleuchtung des Tunnelinnenraums, vor allem eine hohe Helligkeit der Wände, trägt zum positiven Sicherheitsgefühl der Tunnelnutzer bei.



### Südportal Tunnel Gousselierberg

Die Gestaltung entspricht in etwa der des Nordportals. Zusätzlich gibt es am Südportal die Möglichkeit der Verkehrsüberleitung vor dem Tunnelportal "passage police". Ebenfalls gibt es eine mit Schranken verschlossene Überfahrt für die Rettungskräfte.

Das Lichtsteuerbauwerk hat seine eigene Beleuchtung um den Übergang zwischen Viadukt, "passage police" und Tunnel homogen zu gestalten.

Um den Bereich der Verkehrsüberleitung gleichmässig und blendfrei auszuleuchten wurden 20 m hohe Lichtstelen aufgestellt, welche von unten mit modernen LED-Leuchten angestrahlt werden.

### Viaduc Lorentzweiler

Konzipiert als möglichst schlankes Bauwerk, welches unauffällig das Alzettetal überquert, durfte das Bauwerk nicht mit Lichtmasten bestückt werden.

Der Viadukt besteht aus zwei „Tabliers“ von 900 m Länge. Da keine Lichtmasten installiert werden durften, wurde das Prinzip der horizontalen Beleuchtung zurückbehalten.

Ein Konzept wurde vom Lichtplaner erstellt. Das Ingenieurbüro erstellte hieraus ein ausschreibungstaugliches Dokument, welches den mechanischen Anforderungen gerecht wurde.

Aufgrund der komplexen und diffizilen Gestaltung der horizontalen Beleuchtung mit hohem Blendungsrisiko, kann die erstellte Beleuchtungsanlage durchaus als gelungen betrachtet werden.







# Tunnel Grouff

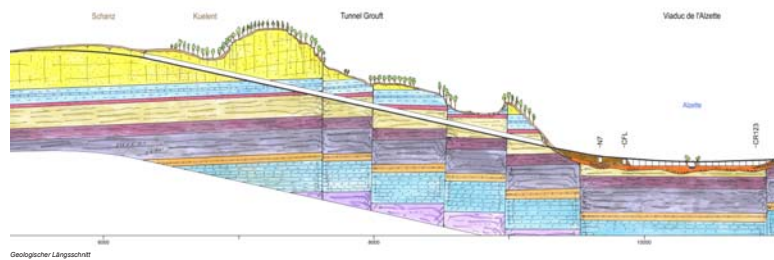
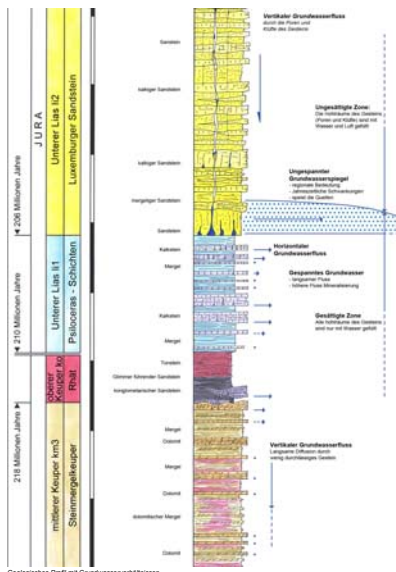
## Geologie, Hydrogeologie und Baugrundverhältnisse



Aufgrund der geologischen Verhältnisse durchquert der Tunnel Grouff den Grundwasserträger des Luxemburger Sandstein (Unterer Lias, I2) und besitzt als einziger Luxemburger Tunnel eine Vollabdichtung, die Druckhöhen von 20 m standhalten muss.

Ausgehend von der Auswertung der geologischen Karte zu Beginn der Planung werden die geologischen und geotechnischen Kenntnisse durch Kernbohrungen, Aufschlüsse und indirekte geophysikalische Messverfahren in der Planungsphase sowie durch die baubegleitende geologische Dokumentation zunehmend verfeinert.

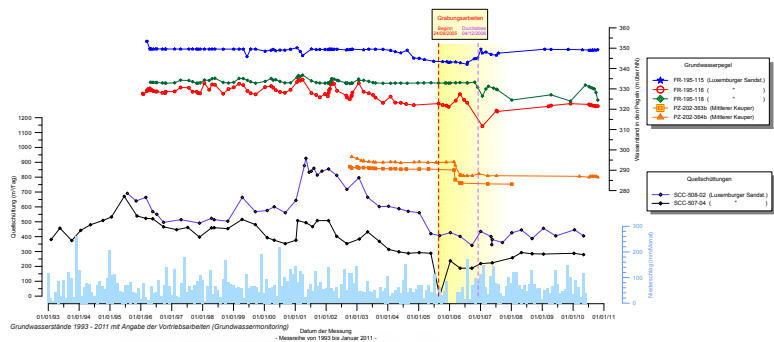
Eine lückenlose und vollständig zutreffende geologische Vorhersage der zu erwartenden Baugrundverhältnisse ist im allgemeinen nicht machbar, sei es nur aus finanziellen Gründen. Deshalb muss beim Vortrieb angemessen auf die angetroffenen geologischen Verhältnisse reagiert werden können. Dies betrifft sowohl die Vortriebsmethode, die Ausbaufestlegung und den Einbau der Stützmittel, als auch die Wasserhaltung.



Durch die Steigung von 4.5% werden nacheinander alle anstehenden Schichten durchteuft. Beginnend in den Mergeln des mittleren Keupers (km3) streift der Tunnel nach rund 500 m die gipshaltigen Schichten des km2 unterhalb der Fundamentsohle. Hier ist sowohl mit Auslaugungen als auch mit eventuellen Quellphänomenen zu rechnen. An gleicher Stelle kommt es zu Wasserzutritten, bedingt durch einen Bach (Lembach) der 15 m über Firse verläuft. Der Vortrieb verläuft weiter durch die wasserempfindlichen Keupermergel, wobei auf einer längeren Strecke die knapp 5 m mächtigen Ton- und Sandsteinlagen des oberen Keupers (Rhät, ko1,2) in der Firse anstehen und schliesslich durchstossen werden. Die Rhätformationen zeigen eine inhomogene, blättertiefenartige Struktur und sind äusserst verwitterungsempfindlich. Sie haben eine sehr geringe mechanische Festigkeit und neigen zum Tonquellen. Diese Gebirgslage ist jedoch, von kleineren örtlichen Verwerfungen abgesehen, wasserundurchlässig, und bildet die untere Abdichtung der darüber anstehenden, grundwasserführenden Schichten des unteren Lias. Bei der untersten Lias-Formation (Psiloceras-Schichten li1) stehen zerklüftete Mergel- und Kalkbänke mit höheren Festigkeiten an. Darüber befindet sich der Luxemburger Sandstein (I2).



Das Grundwasser aus dem Luxemburger Sandstein wird vielerorts zur Trinkwasserversorgung genutzt. Beim Vortrieb durch den Grundwasserträger musste deshalb jegliche Art von Beeinträchtigung oder gar Gefährdung desselben ausgeschlossen werden. Zu Beobachtungszwecken wurden hierzu seit Beginn der Planung (Ende der 90-er Jahre) zahlreiche Beobachtungsbohrungen angelegt und es wurden ausführliche Pegelstands- und Wasserqualitätsmessungen durchgeführt. Zusätzlich erfolgte eine Überwachung der Schüttmengen und der chemischen Qualität der Quellen am gesamten Alzette-Osthang. (siehe Abbildung). Die Messdaten zeigen eine temporäre, örtlich begrenzte Absenkung des Grundwasserspiegels im direkten Einzugsbereich des Vortriebs. Nach den Grabungsarbeiten und dem anschließenden Anbringen der Abdichtungen stellten sich größtenteils wieder die gleichen Grundwasserverhältnisse ein wie vor dem Bau. Die Veränderungen der Pegelstände und Quellschüttungen sind vorwiegend auf jahreszeitliche Schwankungen der Grundwasserneubildung zurückzuführen. Lediglich im Bereich des Mittleren Keupers (Grundwasserstauer) wurden die Pegelstände langfristig durch die Tunnel-Drainage abgesenkt, was jedoch keinen Einfluss auf das Grundwasser im Luxemburger Sandstein hat.



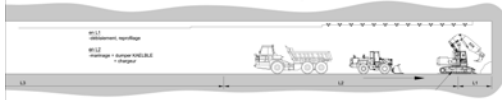




# Tunnel Grouff Konventioneller Vortrieb / Klassische Bauweise

Da für den Bau des 3 Kilometer langen Tunnel Grouff der Einsatz von Tunnelvortriebsmaschinen nicht geeignet war, kamen die konventionellen Vortriebsmethoden, Sprengvortrieb sowie Baggervortrieb, zum Einsatz. Generell wurden die Ausbruchquerschnitte als Kalottenvortrieb mit nachfolgendem Strossen- und ggf. Sohlvortrieb ausgeführt. Bei der 17 Meter hohen Lüftungskaverne wurden mehrere Strossenausbrüche erforderlich.

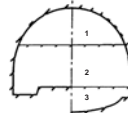
## Baggervortrieb



Tunnelbagger im Einsatz



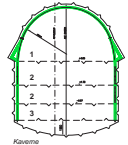
Schutteln: Beladen des Dumpers durch Radlader



Tunnelöfne

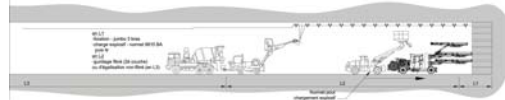
Teillausbuch

- 1) Kalotte
- 2) Strossen
- 3) Sohle



Kaverne

## Sprengvortrieb



Bohren der Sprenglöcher mit 3-armigen Bohrhülbo



Hydraulische Steuerung des Bohrhülbo

Je nach Gebirgseigenschaften kamen Bagger- oder Sprengvortrieb zum Einsatz. Aufgrund der Standfestigkeiten des Gebirges wurde ein zyklischer Vortrieb angewandt, bestehend aus den Phasen Abschlag, Schüttern und Sichern. Beim Sprengvortrieb der Kalotte des 3-Spurquerschnitts wurden die benötigten 160 Bohrlöcher mit einem 3-armigen Bohrwagen (Bohrhülbo) hergestellt, und danach die Zünder und Zünderstärker von Hand eingelassen. Erstmals in Luxemburg wurden die Sprengladungen mittels Emulsionspumpentechnik im Bohrlöcher mechanisiert hergestellt. Durch den Einsatz von Millisekundenzündern konnte die maximale Sprengstoffmenge pro Zündstufe auf 7 Kilogramm begrenzt werden und schädliche Erschütterungen im Umfeld vermieden werden.

Nach dem Abtransport des gelösten Ausbruchmaterials durch Radlader und Muldenkipper, einen Vorgang den man Schüttern nennt, werden die Sicherungsmassnahmen eingebaht.

Hierbei kommt es zum Einsatz von Stahlfaserverspritzbeton, ggf. schweren Stahlbögen oder leichten Gitterträgern, sowie Anker und eventuell Spiessen. An den Tunnelportalen sowie beim Durchstoss der Lüftungskaverne durch den T3 kamen auch Rohrschirme zum Einsatz.



Sprengstein: Betonmischfahrzeug und Sprengbohrer



Sprengstein: Feingesteuerte Spritzbetondecke beim Einrücken eines Gitterträgers



Beschleichen der Sprenglöcher

Vertraglich obliegt das Baugrundrisiko dem Bauherrn. Der Unternehmer hat die geforderten Methoden, Geräte und Stützmittel vorzuhalten. Zur Vortriebssteuerung und Ausbaufestigung kommt die Beobachtungsmethode zum Einsatz, bei der laufend Verformungsmessungen (Konvergenzen, Divergenzen) und geologische Bewertungen durchgeführt werden. Ausserdem werden die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen und Bohrgeschwindigkeiten (für den Sprengvortrieb) berücksichtigt. So können auch unvorhergesehene Baugrundverhältnisse bewältigt werden.

Eine grössere Verwitterungszone des Luxemburger Sandsteins, bei welcher es aufgrund sehr geringer Gesteinsfestigkeiten zu mehreren Verbrüchen, schleppendem Vortrieb und nachgiebigem Gebirgsverhalten bis zur Oberfläche kam, konnte so durch gezielte technische Massnahmen mit bereitstehendem Gerät vertraglich korrekt und ohne kostenintensiven Baustopp abgewickelt werden.



Manuelle Einbau der Anker



Reinigen der Anker



Bandeln der Zündschnüre

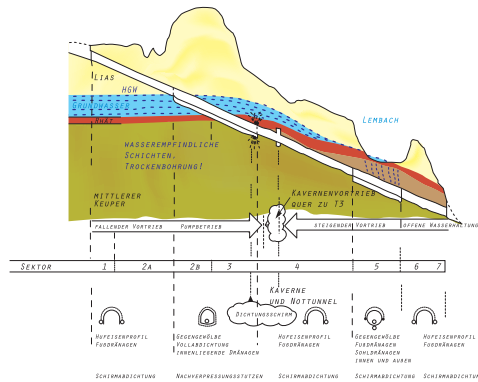






# Tunnel Grouff Vortrieb und Ausbau

## Tunnellängsschnitt und Bauverfahren



Mit einer mittleren Überdeckung von 42 m (2-spüriger Querschnitt T2) bzw. 35 m (3-Spurröhre T3), einer maximalen vertikalen Überdeckung von 80 m, sowie örtlich geringen seitlichen Überdeckungen kann der Tunnel Grouff als relativ oberflächennah bezeichnet werden. Ungefähr in Tunnelmitte bot es sich aufgrund der geometrischen und topographischen Verhältnisse an, eine Lüftungskaverne mit zentraler Rauchgasabsaugung sowie einen Fluchttunnel vorzusehen.

Bezeichnend für den Vortrieb des Tunnel Grouff sind sowohl die anspruchsvollen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse als auch die relativ geringen Überdeckungen. Ausserdem sind der grosse, dreispürige Querschnitt sowie die Lüftungskaverne mit Notstollen, welche die 3-Spurröhre bei geringer Überdeckung kreuzt, hervorzuheben.



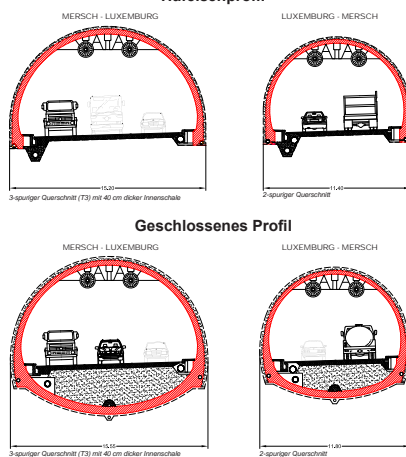
Innengewölbe der Kaverne

Die zentrale Lüftungskaverne hat an ihrem ungünstigsten Punkt nur eine Überdeckung von 4 m. Am Kreuzungspunkt mit der 3-Spurröhre (T3) wurde ein Söhlengewölbe eingebaut. Die Aushubhöhe erreicht hier 17 m.

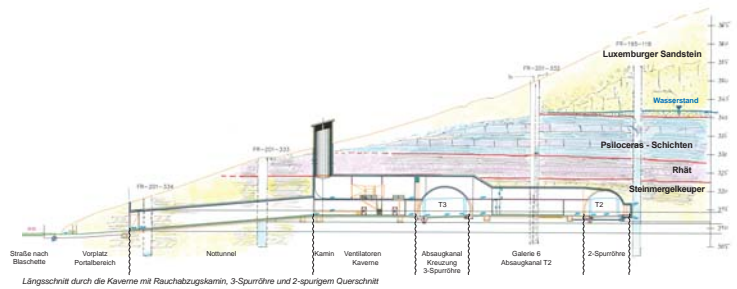


Kaverne mit Söhlengewölbe. Im Hintergrund sieht man den Anschlag des Notstollens sowie den fertiggestellten Kavernebauhof.

## Tunnelquerschnitte



## Profil des Fluchttunnels und der Verbindungsgalerie G6



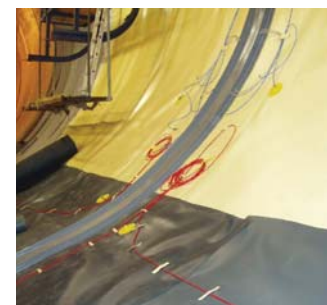
In zwei Abschnitten wurden in beiden Röhren Gegengewölbe vorgesehen: in Sektor 5, auf einer Länge von rund 150 m aufgrund von möglichem Aufweichen der Mergel, bedingt durch Wasserzutritte aus dem oberirdischen Bach, sowie wegen möglicher, durch Gips- und Tonquellen bedingter Sohlhebungen, sowie auch wegen wahrscheinlich vorhandenen Auslaugungen und geringerer Steifigkeiten des Untergrundes. Im grundwasserführenden Sektor 3 sowie beim Durchqueren des Rhäts (ko1-2) mussten Gegengewölbe sowohl aus Abdichtungs- als auch aus statischen Gründen vorgesehen werden.



Gegengewölbe - Bewehrung der Sohle

Speziell beim Vortrieb durch das Rhät wurde schon durch ein Kalottensöhlengewölbe und bergschonenden Vortrieb darauf geachtet, die Gebirgsauflockerung möglichst klein zu halten. Um eine eventuelle, bergseitige Hinterläufigkeit zu vermindern, wurden bergseitige Injektionsschirme, gekoppelt mit aussenliegenden Dichtungsringen am unteren Ende des vollabgedichteten Sektors angeordnet. Auf rund 700 Tunnelmetern wurde ausserdem die Abdichtung an den Betonierfugen abgeschottert und mit Verpressstützen ausgestattet. Für den Fall einer eventuellen Leckage sind innenliegende Dränagen eingebaut und die Möglichkeit von Nachinjektionen wurde vorgesehen.

Bei einer Bauzeit von rund 5 Jahren wurden 650 000 m<sup>3</sup> Erdmassen ausgehoben und mehr als 120 000 m<sup>3</sup> Beton eingebaut.



Vollabdichtung mit Injektionslöslinien





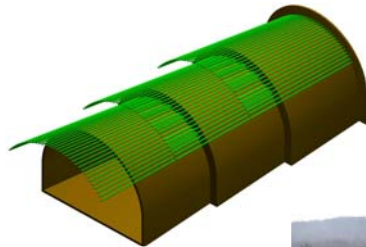


# Tunnel Stafelter

## Das Rohrschirmsystem

**Tunnelmerkmale**

- Länge: 1.850m
- Röhren: 2
- Baujahr: 2009 - 2014
- Bauweise: gesprengt
- Gefälle: 0,5%



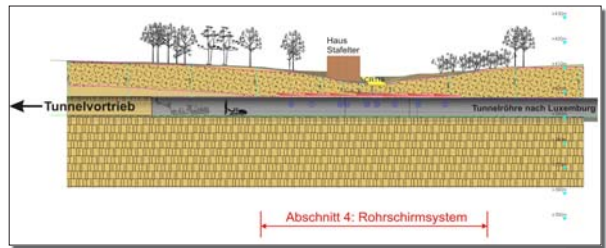
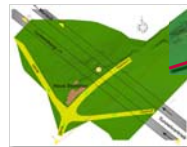
Der Tunnel Stafelter ist ein Bauwerk der Nordstraße A7. Der Tunnel befindet sich momentan noch im Bau und wird mit der Eröffnung des Teilstücks Waldhaff – Lorentzweiler für den Verkehr freigegeben.

Der Tunnel Stafelter erstreckt sich von der Anschlussstelle Waldhaff zur Hochebene des Heeschdréferberg und hat eine Gesamtlänge von 1.850 m, wovon am Nordportal 200 m in der offenen Bauweise ausgeführt wurden.

Merkmale und Herausforderungen des Tunnel Stafelter sind:

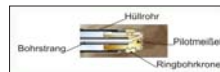
- auf der Gesamtlänge des Tunnels, geringe Überdeckung (max. 15 m) im Luxemburger Sandstein,
- vom Sudportal aus, Sprengvortrieb auf 2 Fronten nach NATM, Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT),
- auf Höhe des Hauses Stafelter, Abschnitt mit sehr geringer Überdeckung (etwa 3 m) und unvorteilhafter Geologie, Ausbruch im Teilquerschnitt im Schutze eines Rohrschirms.

Hier soll insbesondere auf das Prinzip des Rohrschirmsystems „Voûte parapluie“ eingegangen werden.

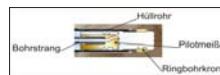


### Anwendung auf den Tunnel Stafelter

Das im Tunnel Stafelter angewendete Prinzip des Rohrschirms besteht aus einem Hüllrohr von 15 m Länge und 90 mm Durchmesser (ALWAG AT-Hüllrohrsystem). Der Pilotmeißel und die Einweg-Ringbohrkrone sind mit einer Bajonettkupplung verbunden. Diese beiden Elemente schaffen ein Bohrtloch von ausreichendem Durchmesser um das Hüllrohr einzuziehen.



Der Pilotmeißel und die Ringbohrkrone drehen mit dem Bohrstrang, das Hüllrohr dreht nicht mit. Die Distanz zwischen den Hüllrohren variiert zwischen 35 cm und 44 cm und die Besetzung der Bohrkronen wird auf die anstehende Geologie angepasst. Zum Einbohren der Röhre werden die gleichen Vortriebsbohrwagen wie für das Sprengloch- und Ankerbohren verwendet.



Nach Fertigstellung der Bohrung wird der Pilotmeißel durch eine leichte Rückwärtsdrehung entriegelt. Nun werden der Bohrstrang und der Pilotmeißel durch das Hüllrohr zurückgezogen. Vermessungstechnisch wird die Lagegenauigkeit festgestellt und protokolliert.



Durch Einpumpen von Injektionsmaterial über die Verschlusskappe am Bohrtloche und durch die Löcher in den Hüllrohren wird das Rohr samt Ringraum verfüllt. Nun kann der sichere Ausbruch an der Ortsbrust erfolgen.

### Das Rohrschirmsystem

Das Rohrschirmsystem ist ein spezielles Bauverfahren im Lockergestein sicher einen Tunnel mittels vorausseilender Stützung der Tunnelaußenwand vorzutreiben. In den lockeren Untergrund werden entlang des Tunnelprofils mit Öffnungen versehene Stahlrohre schräg in Vortriebsrichtung gebohrt, in welche Injektionsmaterial eingepresst wird, wodurch das umgebende Gestein gewissermaßen verfestigt wird. Dabei werden im Tunnel und über dem Tunnel Gefahren aus Nach- und Verbrüchen weitestgehend minimiert und an der Ortsbrust entsteht ein sicherer Schirm, unter dessen Schutz der Tunnel ausgebrochen werden kann. Vor Erreichen des Endes des Schirms wird ein neuer Schirm gebohrt, um so eine Überlappung der Schirme zu erreichen. Durch das schräge Ansetzen der Schirme entsteht ein sogenannter Sägezahn.







# Tunnel Howald

## Modernisierung der elektromechanischen und sicherheitstechnischen Einrichtungen

**Tunnelmerkmale**

- Länge: 448,5m
- Röhren: 2
- Baujahr: 1990 - 1994
- Bauweise: gesprengt/geschlossene Tagebauweise
- Gefälle: 0%

### Ausgeführte Arbeiten

Nach der Inbetriebnahme im Jahr 1993, wurden nach 17 Jahren Betrieb, im Tunnel Howald alle elektromechanischen und sicherheitstechnischen Einrichtungen auf den letzten Stand der Technik gebracht. Diese Arbeiten wurden innerhalb einer 5 monatigen Baustelle durchgeführt, währenddessen immer 1 Röhre in Betrieb, d.h. für den Verkehr nutzbar blieb.

#### im Bereich der Elektromechanik

- Verlegung von 6.500 m optischer Faser
- Verlegung von 27.700 m Stromversorgungskabel
- Verlegung von 28.000 m Übertragungskabel

#### im Bereich des Kathodenschutzes

- Hochdruckreinigung der Röhren (2.000 bar)
- Bohrung von 13.000 Löchern und Fixierung von genau sovieten Anoden
- Montage von 320 Überwachungs sonden
- Montage von 43 Überwachungs- und Steuerschränken
- Verlegung von 4.000 m Kabel

#### Verwendetes Material

- 12.000 kg Spachtelmasse
- 4.000 kg Epoxy-Farbe

### Ventilation

Die Auslegung der Ventilation ist so gewählt, dass bei den verschiedenen im Betrieb auftretenden Zuständen die bestmögliche Luftqualität erhalten bleibt, resp. im Brandfall die bestmögliche Fluchtsituation gewährleistet ist. Insgesamt 8 Ventilatoren sind pro Röhre installiert. Der hydraulische Durchmesser der Ventilatoren beträgt 630 mm, der Standschub beträgt 590 N. In der Tunnelröhre ist somit eine minimale Windgeschwindigkeit von 7,6 km/h gewährleistet.



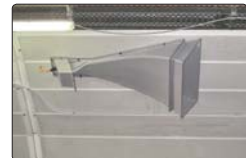
### Feuerwehrbedienfeld

Die Feuerwehrbedienfelder sind an den Tunnelportalen angeordnet. In Ihnen findet die Feuerwehr Informationen über die Nischenbelegung, die Luftqualität sowie die Windrichtung und Geschwindigkeit. Die Feuerwehr kann die Tunnellüftung sowie die Beleuchtung beeinflussen.



### Lautsprecher

Die Lautsprecher sind im Tunnel mit einem Abstand von 100 m installiert. Um die Sprachverständlichkeit zu gewährleisten werden die einzelnen Signale zeitversetzt eingespeist. Bei Brand wird die Anlage automatisch aktiviert. Der Autofahrer wird aufgefordert den Tunnel schnellstmöglichst zu verlassen. Von der CITA-Zentrale können gespeicherte Durchsagen für die Fälle von Stau, Unfall, Luftqualität, usw aktiviert werden.



### Nischen

Die Nische, die durch die Farbgebung in Signalorange hervorgehoben ist beinhaltet diverse Anlagen. Auf der einen Seite ist der Hydrant untergebracht, der zur Löschwasserversorgung dient. Auf der anderen Seite sind Elektroshränke, die Notrufeinrichtung, der Handbrandmelder sowie die Feuerlöscher untergebracht.



### Beleuchtung

Die Beleuchtung ermöglicht den Autofahrern das gefahrlose Durchqueren der Tunnelröhre. Die Durchfahrbeleuchtung mit weissem Licht ist permanent in Betrieb und wird tageszeitabhängig gedimmt. Die Adaptationsbeleuchtung wird aufgrund der Aussenhelligkeit in 8 Stufen gesteuert. Die Bordsteinbeleuchtung dient der visuellen Führung. Die rote LED-Haltelinie verhilft zur besseren Erkennung einer Tunnelschliessung über die Ampelanlage.



### Beschilderung

Die Beschilderung dient der Orientierung der Tunnelnutzer im Ereignisfall. Die Art und Grösse der Leuchten sind in internationalen Richtlinien festgelegt. Zur Beschilderung gehören auch die Verkehrsbeeinflussungsanlagen mit Schilderbrücken.



### Technisches Lokal

Die technischen Räume beinhalten die Energieversorgung sowie die gesamten Steuerungsanlagen. Die Energie für den Tunnel wird von einer Trafostation 20/0,4 kV mit einer Leistung von 800 kVA zur Verfügung gestellt. Die Tunnelsteuerung stützt sich auf 2 redundante Steuerungen sowie die redundante Brandmeldeanlage.



**Baustellenbeschilderung**

**Fahrzeitenangabe**  
Während der Bauzeit wurden an Hauptstrecken die Fahrzeiten durch die Baustelle angegeben.

**Baustellenbeschilderung**  
Im Rahmen der Baustelle wurde über eine Sensibilisierungskampagne speziell auf das Reilverschluss-Prinzip hingewiesen. Desweiteren wurde, für den Ereignisfall eine großräumige Umlenkungsbeschilderung angebracht.

**Interventionsplan**  
Für alle wichtigen Ereignisfälle LKW oder PKW (Unfälle, Brand) wurden im vorhinein mit den Einsatzkräften genaue Interventionspläne ausgearbeitet.





# Tunnel Howald

## Modernisierung der elektromechanischen und sicherheitstechnischen Einrichtungen

**Tunnelmerkmale**

- Länge: 448,5m
- Röhren: 2
- Baujahr: 1990 - 1994
- Bauweise: gefräst / geschlossene Tagebauweise
- Gefälle: 0%

### Ausgeführte Arbeiten

Nach der Inbetriebnahme im Jahr 1993, wurden nach 17 Jahren Betrieb, im Tunnel Howald alle elektromechanischen und sicherheitstechnischen Einrichtungen auf den letzten Stand der Technik gebracht. Diese Arbeiten wurden innerhalb einer 5 monatigen Baustelle durchgeführt, währenddessen immer 1 Röhre in Betrieb, d.h. für den Verkehr nutzbar blieb.

#### im Bereich der Elektromechanik

- Verlegung von 6.500 m optischer Faser
- Verlegung von 27.700 m Stromversorgungskabel
- Verlegung von 28.000 m Übertragungskabel

#### im Bereich des Kathodenschutzes

- Hochdruckreinigung der Röhren (2.000 bar)
- Bohrung von 13.000 Löchern und Fixierung von genau sovieten Anoden
- Montage von 320 Überwachungs sonden
- Montage von 43 Überwachungs- und Steuerschränken
- Verlegung von 4.000 m Kabel

#### Verwendetes Material

- 12.000 kg Spachtelmasse
- 4.000 kg Epoxy-Farbe

### Ventilation

Die Auslegung der Ventilation ist so gewählt, dass bei den verschiedenen im Betrieb auftretenden Zuständen die bestmögliche Luftqualität erhalten bleibt, resp. im Brandfall die bestmögliche Fluchtsituation gewährleistet ist. Insgesamt 8 Ventilatoren sind pro Röhre installiert. Der hydraulische Durchmesser der Ventilatoren beträgt 630 mm, der Standschub beträgt 590 N. In der Tunnelröhre ist somit eine minimale Windgeschwindigkeit von 7,6 km/h gewährleistet.



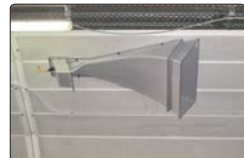
### Feuerwehrbedienfeld

Die Feuerwehrbedienfelder sind an den Tunnelportalen angeordnet. In Ihnen findet die Feuerwehr Informationen über die Nischenbelegung, die Luftqualität sowie die Windrichtung und Geschwindigkeit. Die Feuerwehr kann die Tunnellüftung sowie die Beleuchtung beeinflussen.



### Lautsprecher

Die Lautsprecher sind im Tunnel mit einem Abstand von 100 m installiert. Um die Sprachverständlichkeit zu gewährleisten werden die einzelnen Signale zeitversetzt eingespeist. Bei Brand wird die Anlage automatisch aktiviert. Der Autofahrer wird aufgefordert den Tunnel schnellstmöglichst zu verlassen. Von der CITA-Zentrale können gespeicherte Durchsagen für die Fälle von Stau, Unfall, Luftqualität, usw aktiviert werden.



### Nischen

Die Nische, die durch die Farbgebung in Signalorange hervorgehoben ist beinhaltet diverse Anlagen. Auf der einen Seite ist der Hydrant untergebracht, der zur Löschwasserversorgung dient. Auf der anderen Seite sind Elektroshränke, die Notrufeinrichtung, der Handbrandmelder sowie die Feuerlöscher untergebracht.



### Beleuchtung

Die Beleuchtung ermöglicht den Autofahrern das gefahrlose Durchqueren der Tunnelröhre. Die Durchfahrbeleuchtung mit weissem Licht ist permanent in Betrieb und wird tageszeitabhängig gedimmt. Die Adaptationsbeleuchtung wird aufgrund der Aussenhelligkeit in 8 Stufen gesteuert. Die Bordsteinbeleuchtung dient der visuellen Führung. Die rote LED-Haltelinie verhilft zur besseren Erkennung einer Tunnelschliessung über die Ampelanlage.



### Beschilderung

Die Beschilderung dient der Orientierung der Tunnelnutzer im Ereignisfall. Die Art und Grösse der Leuchten sind in internationalen Richtlinien festgelegt. Zur Beschilderung gehören auch die Verkehrsbeeinflussungsanlagen mit Schilderbrücken.



### Technisches Lokal

Die technischen Räume beinhalten die Energieversorgung sowie die gesamten Steuerungsanlagen. Die Energie für den Tunnel wird von einer Trafostation 20/0,4 kV mit einer Leistung von 800 kVA zur Verfügung gestellt. Die Tunnelsteuerung stützt sich auf 2 redundante Steuerungen sowie die redundante Brandmeldeanlage.



**Baustellenbeschilderung**

**Fahrzeitenangabe**  
Während der Bauzeit wurden an Hauptstrecken die Fahrzeiten durch die Baustelle angegeben.

**Baustellenbeschilderung**  
Im Rahmen der Baustelle wurde über eine Sensibilisierungskampagne speziell auf das Reißverschluss-Prinzip hingewiesen. Desweiteren wurde, für den Ereignisfall eine großräumige Umleitungsbeschilderung angebracht.

**Interventionsplan**  
Für alle wichtigen Ereignisfälle LKW oder PKW (Unfälle, Brand) wurden im vorhinein mit den Einsatzkräften genaue Interventionspläne ausgearbeitet.







# Das sichere Verhalten in einem Strassentunnel



## Selbstrettungskonzept und Tunnelsperrung

E, 31a

Es gibt verschiedene Gründe einer Tunnelsperrung (Unfall, Feuer, Panne, technischer Defekt, ...).  
Alle bedingen, dass die Personen, die sich zu dem Moment im Tunnel befinden in höchster Lebensgefahr sind und gerettet werden müssen.

Im Falle der Durchfahrt eines Tunnels oder eines unvorhergesehenen Ereignisses im Tunnel sind folgende Massnahmen durch die steckengebliebenen Verkehrsteilnehmer zu unternehmen:



### "Einfahrt und Durchfahrt eines Tunnels"

- Sonnenbrille abnehmen und Sonnenblende hochklappen
- Radiosender mit Verkehrsfunk einstellen
- Verkehrslichtsignalanlagen und Infotafeln beachten
- Verkehrszeichen und Fahrstreifensignalisation beachten
- Sicherheitsabstand einhalten
- Vorgeschriebenes Tempolimit einhalten
- Auf keinen Fall im Tunnel das Fahrzeug wenden!



### "Brand im Tunnel"

- Warnblinkanlage einschalten
- Das Fahrzeug am rechten Fahrbahnrand abstellen, so daß die Einsatzkräfte nicht behindert werden
- Motor abstellen, Fahrzeugschlüssel stecken lassen und das Fahrzeug sofort verlassen
- Wenn möglich den Brand in der Entstehungsphase mit Hilfe der im Tunnel verfügbaren Feuerlöscher und Schlauchhaspeln löschen
- Erste Hilfe leisten
- Notrufanlagen in den SOS-Nischen (Telefon oder "SOS" Taster) verwenden
- Bei starker Rauchentwicklung sofort den Tunnel über die Fluchtwege verlassen und den Anweisungen des Tunnelpersonals und der Einsatzkräfte Folge leisten



### "Stau im Tunnel"

- Motor abstellen
- Radiosender mit Verkehrsfunk einstellen
- Fenster schließen, Lüftung ausschalten, nicht rauchen!
- In einem Tunnel auf keinen Fall das Fahrzeug wenden!
- Sicherheitsabstand einhalten



### "Panne oder Unfall im Tunnel"

- Warnblinkanlage einschalten
- Das Fahrzeug am rechten Fahrbahnrand abstellen, so daß die Einsatzkräfte nicht behindert werden
- Motor abstellen, Schlüssel stecken lassen
- Notrufanlagen in den SOS-Nischen (Telefon oder "SOS" Taster) verwenden
- Erste Hilfe leisten
- In einem Tunnel auf keinen Fall das Fahrzeug wenden!  
(Ausnahme: ausdrückliche Anordnung durch das Einsatzpersonal oder der Polizei)



Entfernen Sie sich auf dem schnellsten Weg aus der Gefahrenzone!  
Befolgen Sie die Anweisungen die über die Lautsprecher gegeben werden!

## Sicherheitseinrichtungen

Die Strassentunnel sind im allgemeinen mit einer grossen Anzahl an Sicherheitseinrichtungen ausgestattet.  
Hierzu werden gezählt:

- Das Brandmeldekabel
- Die Ventilation
- Die Notrufsäulen
- Die Hydranten
- Die Videoüberwachung
- Die automatische Ortung von Unfällen und Rauch
- Die Beleuchtung
- Die Fluchtwegbeschilderung
- Die Lautsprecher
- Die SOS Taster



E, 28a

## Die Verkehrsregeln des "Code de la Route" in den Tunneln

Vor und in einem Strassentunnel gelten strengere Vorschriften als auf der normalen Strasse:



C,14

Generell ist die Höchstgeschwindigkeit von den üblichen 130 km/h auf 90 km/h herabgesetzt. (Art. 139. 2. d) Bei einem plötzlichen Ereignis im Tunnel (Unfall, Panne, technischer Defekt,...) oder eines geplanten Eingriffes (Baustelle, technische Wartung,...) wird die Höchstgeschwindigkeit, zur Sicherheit der verunglückten Verkehrsteilnehmer und der eintreffenden Hilfskräfte durch die CITA-Leitstelle verringert.



### "Croix-flèches"

Desweiteren ist die Spurenbeschilderung durch zusätzliche Schilder verstärkt, die überhalb der Spuren angebracht sind. Diese geben an ob eine Spur befahrbar ist oder ob sich dort eine Gefahr befindet. (Art. 109)



A,16

Vor den meisten Strassentunneln steht eine Ampelanlage, welche die gleiche Wertigkeit besitzt, wie eine Verkehrsampel an einer Kreuzung. (Art. 107)



A,19

Im Falle der Sperrung einer Röhre ist es möglich den Verkehr auf der Autobahn aufrechtzuerhalten. Dies wird erreicht durch den Gegenverkehrsbetrieb in der anderen Röhre. (Art. 107)



C,13ba

In Strassentunneln gilt allgemeines LKW-Überholverbot. (Art. 126 1 k)



C,10

Bei Stau gilt im Tunnel ein minimaler Sicherheitsabstand von 5 m. (Art 141. 2.)



C,12

Es ist verboten in einem Tunnel zu wenden oder rückwärts zu fahren. (Art. 157)



E,30a /E,30b

In den Tunneln sind SOS-Nischen vorhanden die mit Feuerlöschern und Notrufsäulen ausgerüstet sind. (Art. 107)



Bei der Durchfahrt eines Tunnels ist das Einblenden des Abblendlichtes obligatorisch. (Art. 157)



E, 31a

Alle Tunnel sind mit einer "Fluchtweg"-beschilderung ausgestattet. (Art. 107)

Desweiteren ist es verboten in einem Tunnel anzuhalten. (Art. 164. 2.)









# Historisches zu den Autobahnen Nordstraße A7 und Saarverbindung A13



## Variantenfindung Nordstraße A7

Der Verlauf des Teilstücks Luxemburg – Mersch der Nordstraße A7 wird durch das Gesetz vom 27. Juli 1997 bestimmt.  
Wie bei fast jedem größerem Straßenbauprojekt, waren der endgültigen Trassenfindung viele Varianten vorausgegangen. Ursprünglich sollte die Nordstraße bei Strassen an die Umgehung A6 der Stadt Luxemburg anschließen. Die Pläne der sogenannten Westvariante wurden jedoch nach Einsprüchen der Bevölkerung aufgeben und es entstand die Idee einer Alzettevariante, dessen Strecke durch das Tal der Alzette verlaufen sollte. Wegen dessen hohen Bebauungsdichte und da das Tal als Überschwemmungsgebiet ausgewiesen ist, musste auch diese Variante aufgeben werden. Zurückbehalten wurde schließlich die sogenannte Ostvariante mit der Durchquerung des Gréngewald und dessen Orten mit den Flurnamen Grouff und Stafelter und dem Anschluss an die Autobahn A1 nahe Kirchberg.



## Namen ihre Herkunft, Bedeutung, Hintergründe.....

### Grouff



Der Tunnel Grouff durchläuft das Kuelent-Massiv, dessen Bergspitze mit einer Höhe von 428 m einer der höchsten Punkte des Gutlandes und somit auch des Gréngewald ist. Demzufolge hieß der Tunnel am Beginn der Planungen zur Ostvariante Kuelent und erhielt erst später den Namen Grouff, da er die gleichnamigen Quellenfassungen der Gemeinde Lorentzweiler durchläuft.  
Der Name Kuelent oder Kueleberg rührt daher, da auf dieser Anhöhe wahrscheinlich im 17. Jahrhundert Holzkohle für die Eisenverhüttung in Fischbach hergestellt wurde.  
Seit dem Altertum ist die Herstellung von Holzkohle in Meilern bekannt. Hierbei setzten die Köhler – Arbeiter, deren Aufgabe es war, aus Holz Holzkohle herzustellen – Holzschelte in kegelförmigen Haufen (Meiler) um Pfähle, legten einen mit Reisig und Spänen gefüllten Feuerschacht an und schafften eine luftdichte Decke aus Gras, Moos und Erde. Im Feuerschacht wurde der Meiler entzündet, sodass der Verkohlungsprozess einsetzt. Nahe dem Kuelent befindet sich in einem Felsvorsprung die mysteriöse Grotte Fauteffels mit einem Umriss von etwa 9 x 5 Metern. Die Herkunft der Höhle wie auch deren Name ist umstritten. Auf der Anhöhe des Kuelent befinden sich neolithische Überreste und auch die benachbarten Felsen zeigen prähistorische Felszeichnungen. War die Höhle etwa von prähistorischen Menschen bewohnt?  
Dessen Name könnte eventuell vom französischen Wort „Faulde“ herrühren, welches den Standort für das Errichten des Meilers für die Holzkohleherstellung bezeichnet. Vielleicht war die Höhle im 17. Jahrhundert auch von Köhlern bewohnt?  
Erst Ende des 18. Jahrhunderts erhielt die Grotte ihren religiösen Charakter, da diese als Zufluchtsort während der Französischen Revolution galt, in dem man auch Messen zelebrierte. Gegen 1840 wurden der aktuelle Altar und die Statuen eingerichtet, sie stammen allesamt aus der zerstörten Kirche in Blascheid.



### Stafelter

Zur Herkunft des Namens Stafelstein, mundartlich Stafelter, gibt es mehrere Versionen.  
An der Wegekreuzung am Waldrand lag früher der sogenannte Stafelstein, ein großer flacher Stein in Tischform, an dem einst die Rechtsverhältnisse geregelt worden sein sollen.  
Der Name kann auch daher rühren, dass früher an der hier vorbeiführenden wichtigen vorrömischen Straße ein Stapelstein oder Stapelplatz war, an dem Waren gehandelt wurden.  
Der Name kann ebenfalls auf das lateinische Wort „Stabulum“ zurückgehen, dessen Bedeutung Herberge bzw. Stall ist. Vor etwa zwanzig Jahren wurden unterhalb der Grotte Schetzelklaus, am linken Ufer der dort entspringenden Schetzelbaach (Quelle der Weißen Ern), etwa einen Kilometer vom Stafelstein entfernt, Unterbauten einer gallorömischen Niederlassung entdeckt. Zweifelsohne war dies eine Herberge für die Reisenden mit ihrem Gespann.  
Nach Zusammenbruch des Römischen Reiches und der Ansiedlung germanischer Völker, könnten diese den Namen in Stafelstein umgewandelt und den Ort an die bekannte Wegekreuzung übertragen haben. Dieser markierte eine richtige Etappe, eine Stafel, wobei die natürliche Anhöhe den Reisenden eine Ruhepause ermöglichte.  
Am Stafelter liegt heute eines der wenigen Häuser im ausgedehnten Waldmassiv des Gréngewald.  
Der älteste Hinweis auf ein Haus bzw. einen Hof an dieser Stelle stammt aus einer Eintragung der „Administration des biens de la Cour Grand-ducale Luxembourg“ aus dem Jahr 1889.  
Das Haus war früher Wohnsitz eines in den Diensten des Großherzogs stehenden Försters und ein Treffpunkt für die Jagd. Später beherbergte das Haus ein Café und war lange Zeit ein beliebtes Ausflugsziel der Bewohner der Stadt Luxemburg und den Einwohnern aus den umliegenden Dörfern. Zurzeit wird das Haus Stafelter renoviert um später als Informationszentrum über den Gréngewald sowie als Ausgangspunkt für Wanderungen im größten zusammenhängenden Wald Luxemburgs zu dienen.



## Variantenfindung Saarverbindung A13

Der Bau der Saarverbindung ab dem Kreuz Bettemburg wurde durch das Gesetz vom 31. Juli 1995 gestimmt. Die Trassenwahl und insbesondere die Überquerung des Grenzflusses Mosel unterlagen vielen Veränderungen. Zurückbehalten wurde schließlich die Überquerung bei Schengen, da das Moseltal hier am schmalsten ist. Die Variante Schengen beinhaltete selbst verschiedene Alternativen, wobei ab der Hochebene von Bürmeringen die Variante mit dem Bau eines Tunnels einer Länge von etwa 1.600 Metern, dem Markusberg Tunnel, zurückbehalten wurde.



## Namen ihre Herkunft, Bedeutung, Hintergründe.....



### Markusberg

Der Markusberg ist ein Weinberg an der Mosel in der Region Schengen, in der sich durch die zahlreichen Weinkellereien vieles um den Weinbau dreht. In Schengen beginnt die Luxemburger Weinstraße entlang der Mosel und auf dem Schengener Markusberg steht der Markusurm, der auf den Resten eines zum Schengener Wasserschloss gehörigen Turmes erbaut worden ist. Der Turm war 1936 von den Winzern aus Dankbarkeit über die erfolgreiche Neuanlage des Weinberges restauriert worden. Heute dient der Turm als Aussichtsturm und an dessen Turmkante befinden sich die Statue des Heiligen Markus sowie das fein gearbeitete Attribut des Markuslöwen. Dieses Werk stammt vom luxemburgischen Bildhauer und Erschaffer der „Gelle Fra“, Nicolas Joseph Claus Cito. Der Schutzheilige Markus wacht über die Weinberge, die sich auf 20 ha bis zum Ufer der Mosel ziehen und die die Bezeichnung Markusberg tragen.  
Der Schengener Markusberg ist bekannt für seinen Weißen Burgunder oder Pinot Blanc. Mit einem solchem Wein wurde am 14. Juni 1985 an Bord des Fahrgastschiffes „M.S. Princesse Marie-Astrid“ auf das Schengener Übereinkommen angestoßen, dessen Verträge freien Reiseverkehr ohne Zoll und Schlagabäume ermöglichten. Hier trafen sich im symbolträchtigen deutsch-französisch-luxemburgischen Dreiländereck die politischen Vertreter aus Deutschland, Frankreich und den BeNeLux-Staaten zur Unterschrift bei einem Glas Moselwein. Ein Dorf mit gerade einmal 500 Einwohnern hat somit Geschichte gemacht und ist Symbol geworden für ein freies Europa ohne Grenzen.  
Der gleichnamige Tunnel auf der Saarverbindung tangiert den Markusberg, durchquert ihn aber nicht. Trotzdem wurde dessen Name gewählt, da er Sinnbild für den Moselwein ist und die Region ein Stück europäische Zeitgeschichte darstellt. Seit nun mehr als 25 Jahren steht das kleine Moseldorf für die Vision eines freien, prosperierenden Europa. Inzwischen sind 28 Länder dem Schengener Abkommen beigetreten, alle Mitgliedstaaten der EU, ausschließlich Großbritannien und Irland, sowie die assoziierten Staaten Norwegen, Island und die Schweiz.

