

Annexe 2.21 - ALLEMAGNE – Tunnel Kö-Bogen à Düsseldorf

1. SOMMAIRE – RÉSEAU ROUTIER ET PARKINGS SOUTERRAINS

Le tunnel Kö-Bogen est un réseau routier souterrain situé dans la ville de Düsseldorf (Allemagne). Il comporte plusieurs tubes interconnectés (Figure 1 et 2). Trois rues initialement situées à l'air libre ont été mises en souterrain en employant une méthode de constriction en tranchée couverte.

Le tunnel comporte deux tubes principaux "Sud-Nord" et "Nord-Sud", ainsi que deux tubes latéraux "Sud-Ouest" et "Nord-Ouest" reliés aux tubes principaux. Tous les tubes sont exploités en circulation unidirectionnelle. L'aménagement comporte également trois parkings souterrains ("Kö-Bogen", "Schauspielhaus" et "Dreischeibenhaus").

Les parkings "Schauspielhaus" et "Dreischeibenhaus" sont accessibles par une rampe hélicoïdale souterraine qui relie les deux parkings au tunnel (Figure 1).

Le tunnel est exploité par la ville de Düsseldorf. Le parking "Kö-Bogen" est un parking public exploité par un investisseur privé. Le parking "Dreischeibenhaus" est un parking privé pour les employés de l'immeuble de bureaux Dreischeibenhaus. Le parking "Schauspielhaus" est un parking public exploité par un investisseur privé.

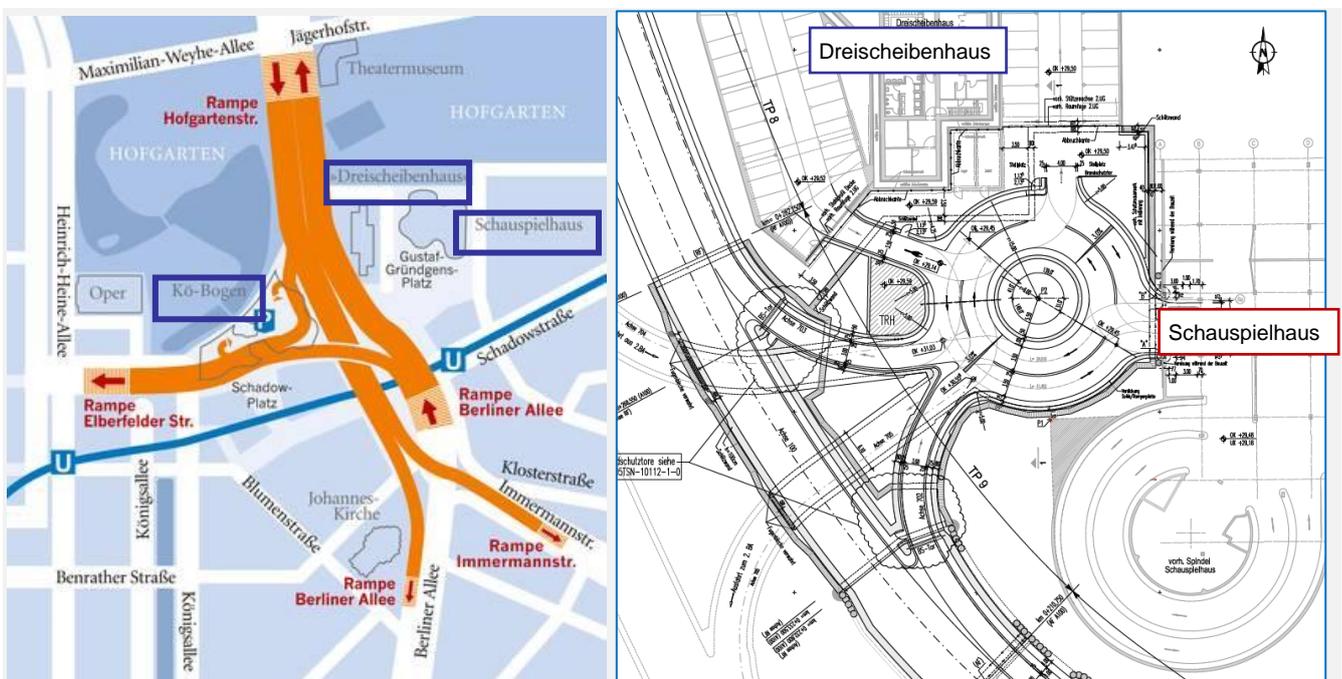


Figure 1 – Tunnel de Kö-Bogen et rampe hélicoïdale souterraine d'accès aux parkings

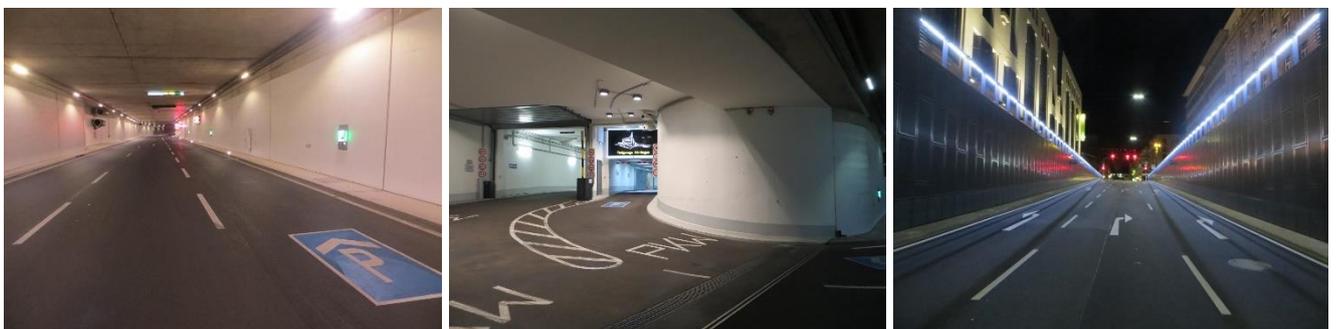


Figure 2 – Tunnel, accès aux parkings souterrains et rampes d'accès

Le tunnel a été construit pour libérer de l'espace dans le centre-ville et pour créer un troisième parking souterrain. De plus, le plan d'eau "Landskrone" a été agrandi et des arbres ont été plantés à la place de l'ancienne passerelle "Tausendfüssler". L'ensemble du projet a été réalisé en deux étapes. Dans une première étape, ont été construites les voies représentées en rouge (Figure 3). et dans la deuxième étape, les voies en bleu.

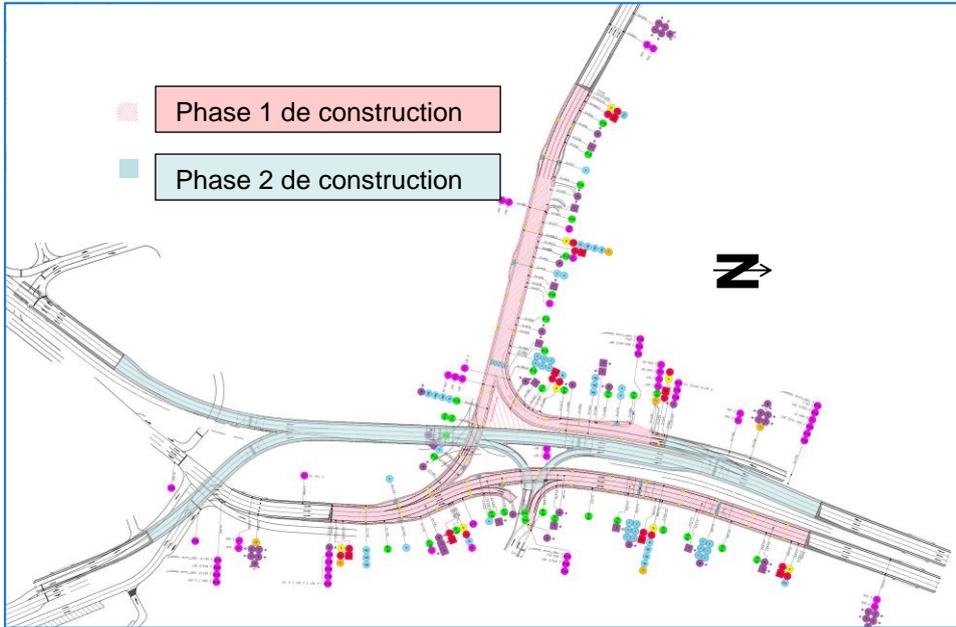


Figure 3 – Étapes de construction

2. CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

2.1 GÉOMÉTRIE

- Longueur du tunnel: variable de 86 m à 495 m. longueur cumulée de tous les tubes 1398 m,
- Déclivités en profil en long dans le tunnel: de 4 % à 8 % près des têtes,
- Devers : en général 4 % et au maximum 5 %,
- Rampes: 6 bretelles de liaison avec le réseau de surface, plusieurs bretelles souterraines d'accès aux parkings souterrains,
- Bande d'arrêt d'urgence (BAU): aucune BAU dans le tunnel principal compte tenu de sa longueur < 900 m. seuls les axes (Achse en figure 4) 300 et 500 ont une BAU.
- Hauteur libre en section courante: 4,95 m sauf pour les accès aux parkings souterrains

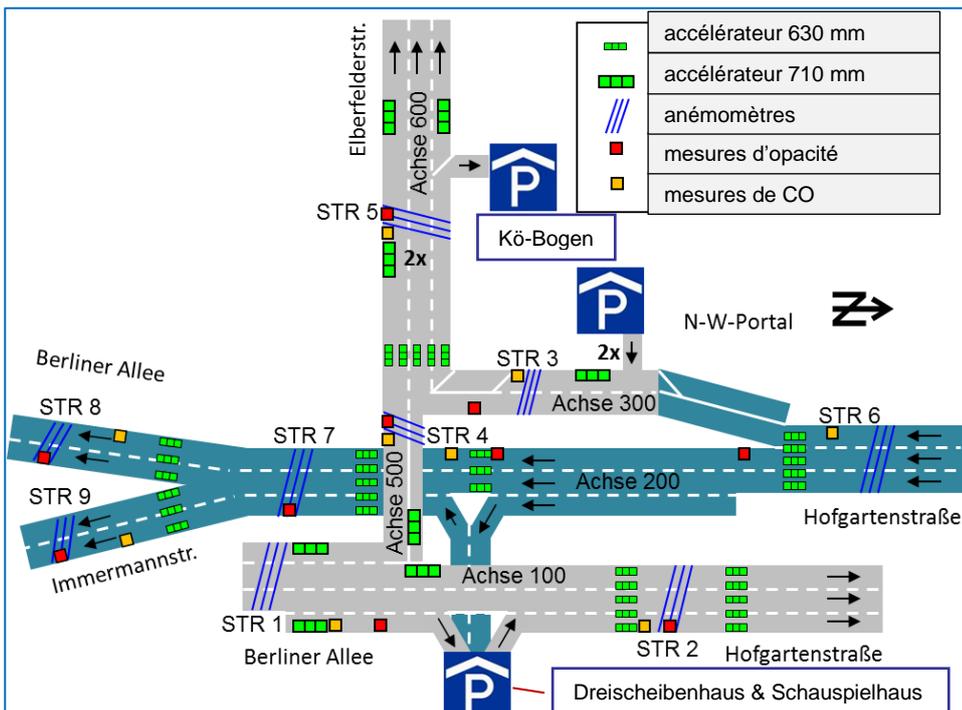


Figure 4 – Implantation des accélérateurs et des dispositifs de mesures

2.2 PROFIL EN TRAVERS

La circulation est unidirectionnelle avec une à trois voies. Les accélérateurs sont installés soit dans des niches en plafond soit en piédroits. (Figure 4, Figure 5).

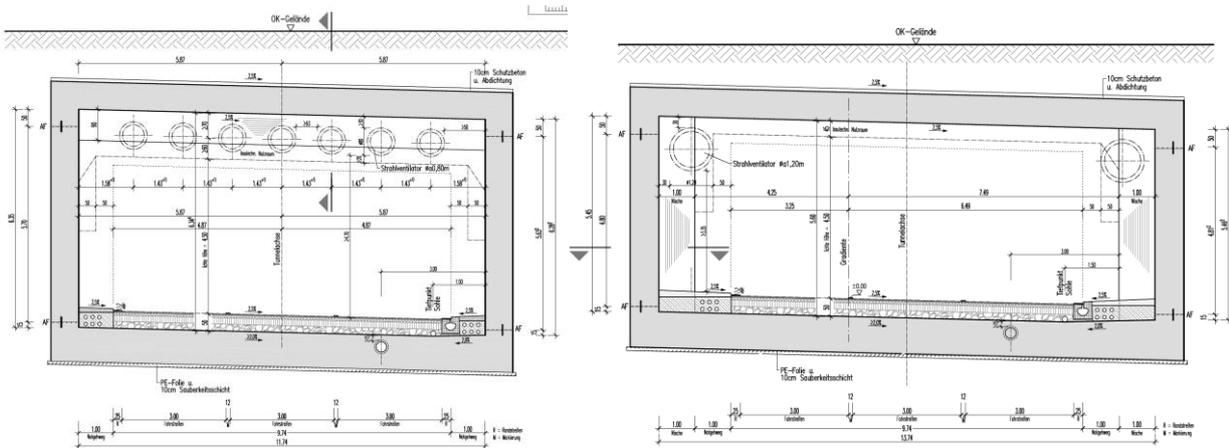


Figure 5 – profils en travers

Compte tenu de la complexité de l'aménagement, les profils en travers sont les suivants:

Disposition courante		2 voies Axes 100, 200, 400	
Largeur de voie	3,00 m	Largeur roulable	6,62 m
BAU	2,00 m	Hauteur libre	4,95 m
Bande dérasée	1,00 m	Surface de la section	42,67 m ²
1 voie – connexion avec les parkings souterrains		3 voies Axes 100, 200, 300	
Largeur de voie	3,50 m	Largeur roulable	9,74 m
Hauteur libre	2,30 m	Hauteur libre	4,95 m
Surface de la section	10,35 m ²	Surface de la section	58,11 m
1 voie avec BAU Axes 300, 305, 500		3 voies avec voie de sortie Axis 100, 200	
Largeur roulable	5,50 m	Largeur roulable	9,87 m
Hauteur libre	4,95 m	Hauteur libre	4,95 m
Surface de la section	37,13 m ²	Surface de la section	58,76 m ²

2.3 CONDITIONS DE CIRCULATION

- Poids lourds
- Transport de matières dangereuses
- Autobus
- Piétons et vélos
- TMJA (trafic moyen journalier annuel)
- Restriction de vitesse
- Détection de congestion et de bouchon

autorisés – pourcentage moyen: 2,0 %
interdit
autorisés
interdits

de l'ordre de 30 000 véh./j pour les axes principaux (Figure 6)
limitation à 50 km/h sur tout le réseau et à 40 km/h pour une section sinueuse de longueur réduite dans le tube nord-ouest
boucles de comptage du trafic dans le tunnel avec report d'alarme à l'opérateur.

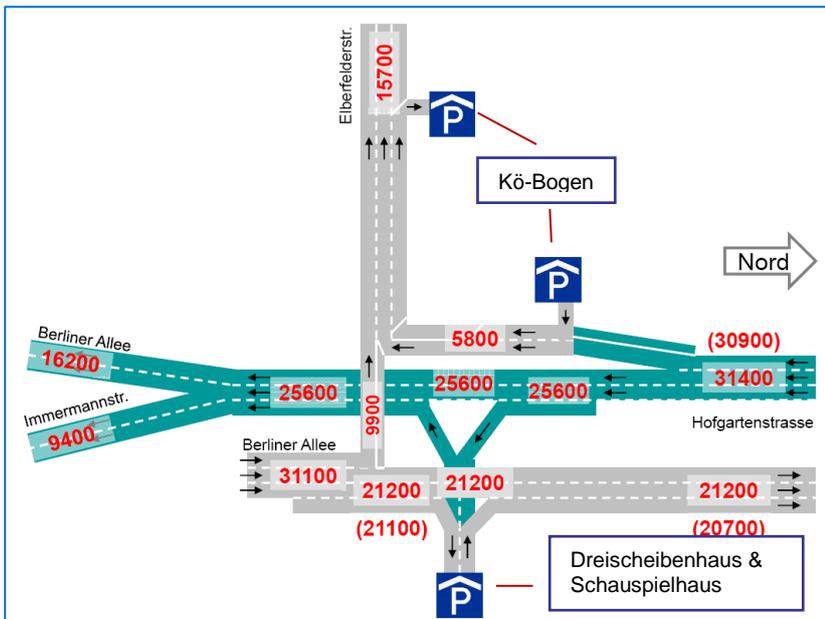


Figure 6 – Volume du trafic

La probabilité de formation de bouchons dans le réseau est assez faible.

2.4 SIGNALISATION

Il n'y a aucune signalisation variable dans le tunnel. La signalisation variable est limitée aux entrées du tunnel de façon à pouvoir en assurer la fermeture en cas de nécessité.

3. VENTILATION

Le tunnel est doté d'une ventilation longitudinale comportant deux types d'accélérateurs :

- 10 accélérateurs réversibles avec des pales de 730 mm de diamètre installés dans des niches en piédroit,
- 34 accélérateurs réversibles avec des pales de 630 mm de diamètre installés dans des niches en plafond.

Dans les conditions normales d'exploitation, la ventilation mécanique est à l'arrêt et le tunnel est ventilé grâce au pistonnement de véhicules. Si cela est insuffisant, la ventilation mécanique s'active automatiquement, sur la base des mesures de visibilité et de CO.

En cas d'incendie l'installation de ventilation a les objectifs suivants :

- Véhicules en circulation : établissement d'un courant d'air avec une vitesse minimale d'au moins 3 m/s,
- Congestion de circulation ou bouchon : établissement d'un courant d'air avec une vitesse minimale d'environ 1,2 m/s.

Les congestions ou les bouchons de circulation sont détectés automatiquement par des boucles de comptage.

Après la détection d'un incendie, la ventilation démarre automatiquement par défaut. Après la phase d'auto-évacuation, les pompiers ont la possibilité de gérer la ventilation manuellement afin de secourir d'autres personnes et de combattre l'incendie.

Le système de détection des bouchons n'est pas encore opérationnel, de sorte que la stratégie de ventilation en cas d'embouteillage est également utilisée en cas de véhicules en mouvement. Dès que le système de détection des bouchons fonctionnera de manière fiable, la ventilation en cas d'incendie sera adaptée aux conditions de congestion, de bouchon ou de véhicules en mouvement.

4. ÉQUIPEMENTS D'EXPLOITATION ET DE SÉCURITÉ

Vidéosurveillance

Des caméras sont installées dans le tunnel selon un espacement de 60 m. Les caméras aux têtes de tunnel sont variables et peuvent être commandées à distance. Toutes les caméras sont équipées d'une évaluation automatique de l'image, par mesure d'efficacité et pour réduire le délai d'information et d'intervention.

❑ **Issues de secours**

En plus d’une évacuation par les têtes de tunnel, des issues de secours reliées à la surface par des escaliers ont été aménagées près du poste de contrôle du tunnel. Les espacements entre issues de secours sont ainsi de moins de 300 m (Figure 7).



Figure 7 – Issues de secours

❑ **Portes coupe-feu**

Des portes coupe-feu sont installées aux accès aux parkings souterrains entre le tunnel et les parkings. Elles sont fermées en cas d’incendie pour rendre le tunnel et les parkings indépendants, chacun étant doté de sa propre installation de ventilation.

❑ **Nuisances sonores**

Les accélérateurs sont dotés de dispositifs d’atténuation du bruit.

5. ORGANISATION ET EXPLOITATION

Les quatre aménagements Dreischeibenhaus, Libeskindgebäude (situé au-dessus du parking Kö-Bogen), la rampe hélicoïdale souterraine et le tunnel lui-même sont tous interconnectés et comportent de nombreuses interfaces qu’il est indispensable de gérer en cas d’incident ou d’incendie. Chaque aménagement a son propre de détection d’incendie. En cas d’alarme d’incendie concernant l’un de ces aménagements, l’alarme est transférée automatiquement à la centrale d’alarme d’un autre de ces aménagements selon les dispositions suivantes.

Localisation de l’alarme	Report d’alarme
Alarme dans le tunnel	Report vers Dreischeibenhaus, Libeskindgebäude et la rampe hélicoïdale
Alarme dans Dreischeibenhaus	Report d’alarme vers la rampe hélicoïdale
Alarme dans Libeskindgebäude	Report d’alarme vers le tunnel
Alarme dans la rampe hélicoïdale	Report d’alarme vers Dreischeibenhaus

La réinitialisation de l’alarme incendie se fait manuellement.