

Conservation en état des infrastructures routières – deux exemples

Dr.-Ing. Frank ROGMANN, Dipl.-Ing. Carsten CHASSARD

En République fédérale d'Allemagne, l'état fédéral, les Länder et les communes disposent d'un réseau routier avec environ 106.000 ponts routiers au total. En raison de la dégradation croissante des ouvrages et des sollicitations croissantes dues à l'augmentation de la circulation routière, il devient nécessaire d'agir au niveau des ouvrages de ponts. A cet effet le Ministère fédéral des Transports, de la Construction et du Développement urbain BMVBS a développé une stratégie d'uniformisation destinée à évaluer l'état des structures et de prendre des décisions quant au renforcement ou au remplacement par une construction nouvelle. Nous présentons ici le résultat de cet état des lieux pour les grands axes fédéraux et pour les ponts communaux de même que les problèmes qui se posent en terme de construction. Nous expliquons la démarche adoptée en vue de fixer les priorités concernant les travaux et nous présenterons les premiers résultats des vérifications théoriques. Deux exemples serviront à expliquer les alternatives à l'assainissement des joints de chaussée ou à la construction d'un nouveau pont suite à des dommages dus à la corrosion au niveau de la tension initiale verticale.

Introduction

La République fédérale est une des plus grandes nations commerciales au monde et en 2013 elle était le pays avec le plus grand excédent de la balance courante [1]. Afin de permettre l'importation de matières premières en Allemagne et l'exportation de biens finis, une infrastructure de qualité dans le domaine des voies de circulation routières, ferroviaires, fluviales et aériennes est indispensable. En Allemagne, ce sont les collectivités publiques qui mettent à disposition ces infrastructures. En outre l'Allemagne, du fait de sa situation géographique, est le principal pays de transit en Europe. En ce qui concerne la répartition de la circulation dans le domaine du transport de marchandises, c'est la route qui s'est imposée en tant que voie de transport dominante durant les 50 dernières années [2].



Projet cofinancé par le Fonds européen de développement régional dans
du programme INTERREG IVA Grande Région
L'Union européenne investit dans votre avenir.

Gefördert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung im
des Programms INTERREG IVA Großregion
Die Europäische Union investiert in Ihre Zukunft.



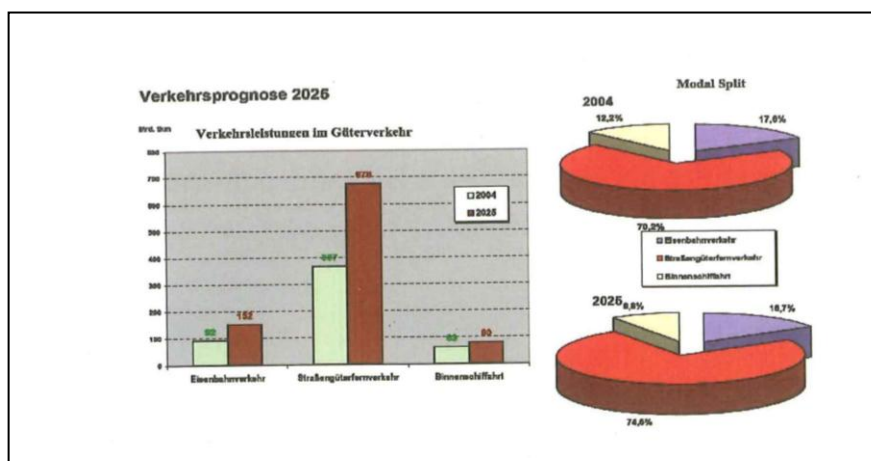


Image 1 : Pronostic des prestations de transport dans le domaine du transport des marchandises – comparatif des modes de transports ferroviaires, routiers et fluviaux [2]

Le pronostic comparatif des prestations de transport dans les domaines ferroviaire, routier et fluvial montre même d’ici 2025 une augmentation significative de l’importance des transports routiers [2].

Cela signifie que pour la République fédérale un réseau routier satisfaisant a une importance fondamentale. Pour entretenir ce réseau et pour pouvoir évaluer les dépenses nécessaires, la connaissance de l’état structurel des routes et des ponts afférents est très importante. La charge de circulation croissante des routes porte à une menace de surcharge pour les ouvrages. Pour pouvoir évaluer les déficits de planification et de réalisation du passé, une surveillance constante de la capacité de charge d’un grand nombre de ponts est indispensable.

1. Raisons pour la nécessité de renforcement des ponts

1.1 Etat des ponts

Au sein du réseau routier allemand on dénombre en 2014 env. 39 106 ponts sur le réseau des grands axes fédéraux [3] avec une surface totale des ponts de 30.033.018 mètres carrés et au niveau communal [4] env. 66.714 ponts avec 27.549.051 mètres carrés de surface.

Nous disposons d’informations relativement satisfaisantes et pouvant servir de base de comparaison concernant l’état des ponts routiers, parce qu’avec la directive RI-EBW-PRÜF (directive pour l’enregistrement, l’évaluation, l’inventorisation et l’analyse des résultats de tests réalisés sur les ouvrages conformément à la norme DIN 1076), nous avons une disposition du gouvernement fédéral et des Länder permettant d’uniformiser les tests et les évaluations qui peuvent également être mis en œuvre par les autorités communales responsables en matière de construction, en particulier par les plus grandes.

La base pour l’évaluation de l’état structurel des ponts allemands est constituée par la norme DIN 1076 qui prévoit, outre les contrôles visuels annuels, des contrôles simples et des contrôles approfondis intervenant en alternance tous les 6 ans respectivement. La norme DIN 1076 définit un barème de notes pour l’état des ponts qui se situe entre 1,0 (meilleure note) et 4,0 (plus mauvaise note).

Les dommages individuels constatés sont évalués en fonction des critères de la stabilité, de la durabilité et de la sécurité des transports. La classe d’état 2,5 – 2,9 signifie „état satisfaisant“, 3,0 – 3,4 état non satisfaisant et 3,5 – 4,0 état insuffisant. Pour une note d’état entre 3,5 et 4,0, il est nécessaire de procéder immédiatement à la réhabilitation ou à la reconstruction. En outre il faudra prendre immédiatement des mesures visant à réparer les dommages et il faudra donner des avertissements.

Les dommages sont traités par un logiciel introduit avec la directive RI-EBW-PRÜF portant le nom de „SIB-Bauwerke“, ce qui permet de présenter les rapports d’examen sous une forme standardisée.

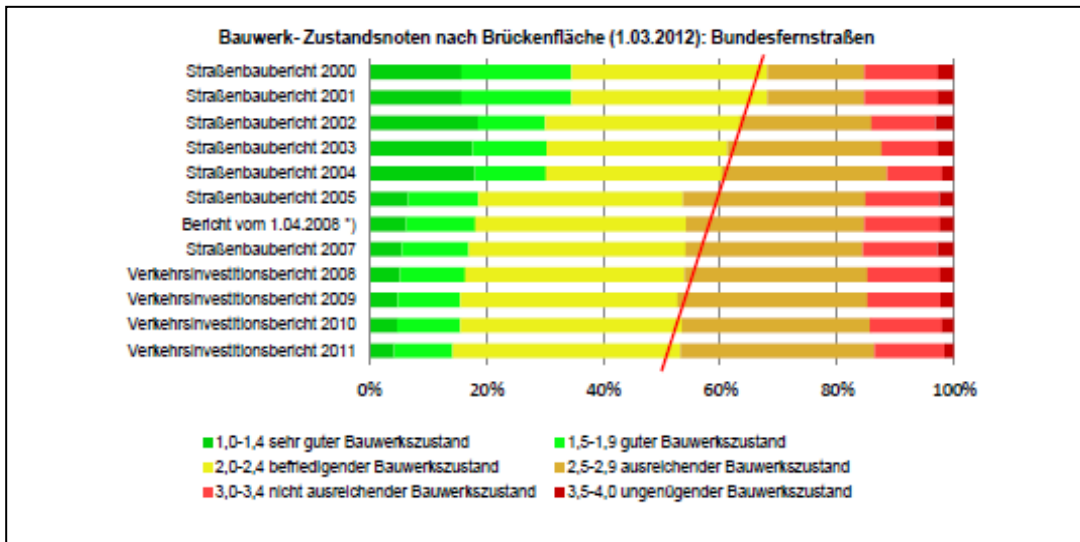


Image 2 : Evolution des notes d’état des ouvrages selon le rapport du ministère BMVBS „Inventaire et état des ponts sur les grands axes fédéraux à l’adresse du président de la commission des transports, de la construction et du développement urbain du Bundestag“ [5]

Le diagramme met en évidence que le pourcentage des ponts dont l’état peut être considéré comme bon ou très bon diminue de manière sensible. La part des ponts représentée en rouge correspond à la note d’état de 3,5 – 4,0 et concerne environ 12 - 15% des ouvrages.

L’institut allemand *Deutsches Institut für Urbanistik* (Institut allemand du développement urbain - Difu Institut) a réalisé sur la base d’un échantillon de 314 communes une estimation de l’état structurel des ponts gérés par les municipalités [4]. Cet échantillon a permis d’évaluer 2079 ponts. A cet effet, les Länder ont été répartis en 6 régions.

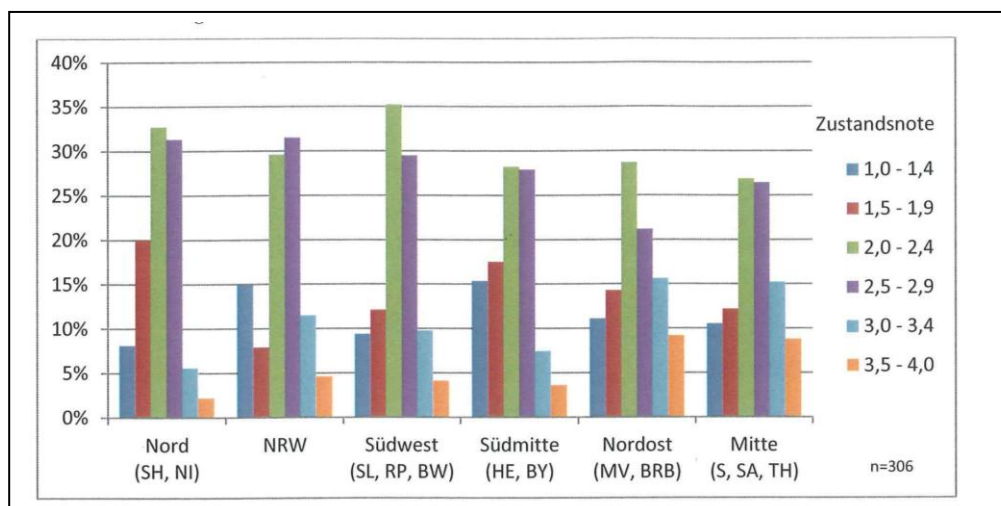


Image 3 : Répartition des notes d’état pour les ponts communaux [4]

L’image 3 montre qu’environ 10 % des ponts communaux peuvent être classés dans la catégorie de 3,5 à 4 (insuffisant).

1.2 Augmentation de la charge statique

La répartition des surfaces de ponts construites rapportées aux années de leur construction est importante dans la mesure où la charge s'est modifiée au cours du temps et où des modifications sont intervenues dans le dimensionnement et la réalisation.

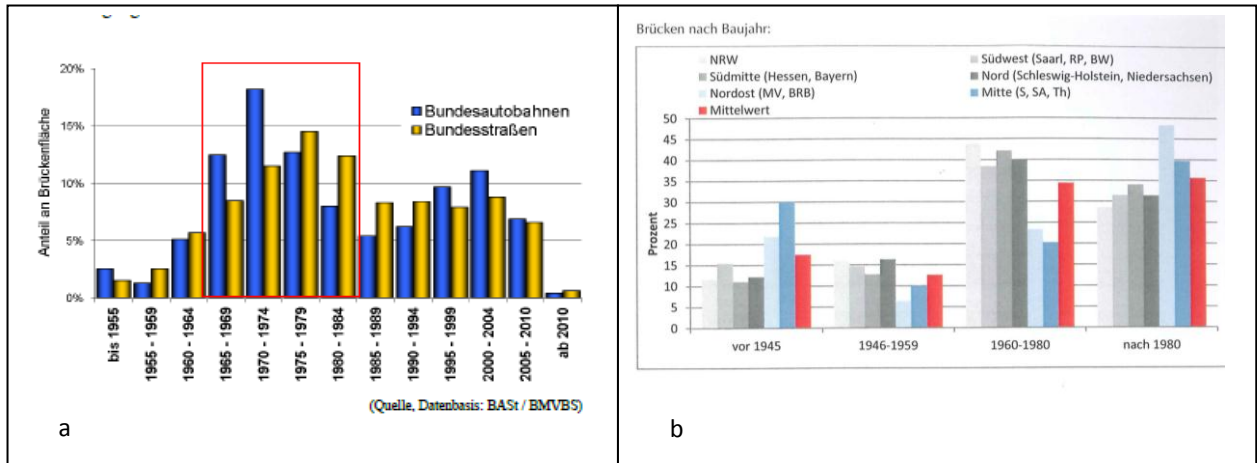


Image 4: a) Structure d'âge des ponts sur les grands axes fédéraux [5] par rapport aux surfaces des ponts
b) Structure d'âge des ponts communaux [4]

La majeure partie des ouvrages de ponts sur les grands axes fédéraux a donc été construite entre les années 1965 et 1984. Pour les ponts communaux, la part des ponts anciens est plus élevée (année de construction avant 1945), la part des ponts construits entre 1960 et 1980 se situant à env. 32 % de la totalité des ponts.

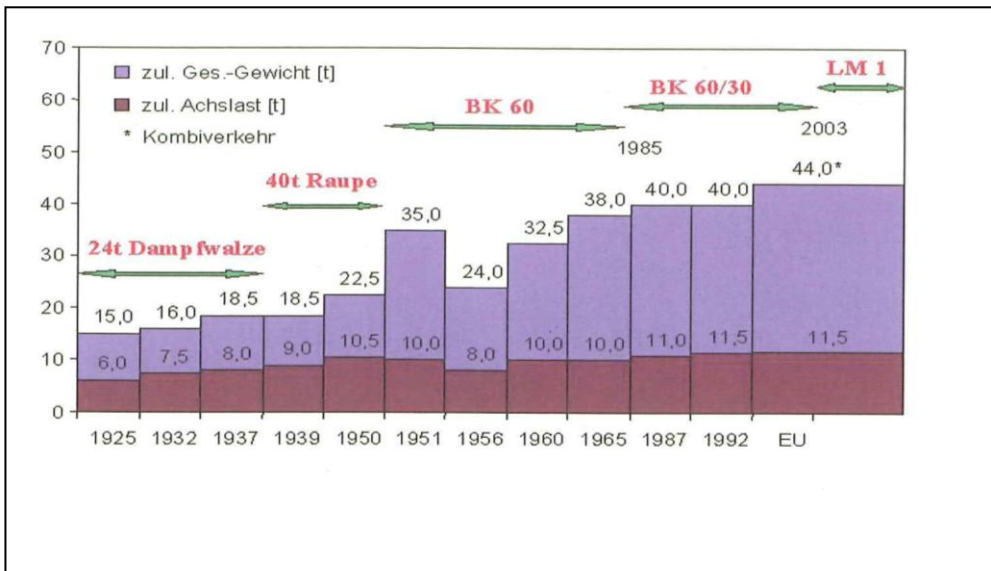


Image 5 : Evolution de la charge totale admissible et des charges d'essieu admissibles pour les véhicules utilitaires ainsi que les modèles de charge correspondants pour les ponts construits en Allemagne [2].

En mai 2003 le modèle de charge LM1 a été introduit ensemble avec le rapport d'expertise DIN 101 „Action au niveau des ponts“. Ce modèle de charge se base sur des calculs de simulation qui tiennent compte de différentes situations de circulation. Pour une des analyses, les charges admissibles des camions ont été comparées à la situation de charge réelle. Cela a permis de constater que la charge réelle était en partie nettement supérieure à la charge totale admissible ou à la charge d'essieu admissible de ces camions [3]

S'il est vrai que le modèle de charge LM1 suffit encore à refléter la charge actuelle, une modification de ce même modèle a été adoptée pour l'eurocode I (effets sur les structures porteuses – partie 2 : effets de charge sur les ponts) dans l'annexe national afin de pouvoir prendre en compte les charges correspondant aux flux de transports pronostiqués. Ce modèle a été désigné par le terme de modèle de charge modifié (LM1). Des travaux de recherche de l'Institut BAST (Institut technoscientifique du ministère) ont démontré l'appropriation de ce modèle pour les différents cas de figure des scénarios de circulation routière pronostiqués.

1.3. Réparation des anciens déficits de constructions

Les déficits suivants en terme de planification et de réalisation doivent être particulièrement pris en compte :

- Pour les viaducs construits avant 1980 les sollicitations au niveau de la température qualifiées de « réchauffement irrégulier ΔT » n'ont pas encore été prises en compte.
- Les ponts en béton précontraint avec un joint de chaussée entre les éléments de précontrainte, ce qui était autorisé jusqu'en 1980. A partir de 1981 30% des éléments de précontrainte devaient être réalisés sans joint.
- Les ponts avec une armature de cisaillement trop faible dans la superstructure. Ce n'est qu'en 1967 qu'une armature latérale a été ancrée dans les normes de dimensionnement.
- Risques liés à la corrosion sous contrainte dans l'armature de cisaillement des superstructures. La corrosion sous contrainte concerne les aciers de contrainte Sigma et Neptun „de type ancien“ (produits avant 1965) ainsi que Sigma oval (1965 - 1978). Il existe un risque de rupture fragile par corrosion sous contrainte induite par l'hydrogène.

1.4. Définition de priorités pour les examens

Le ministère BMVBS a développé avec la Bundesanstalt für Straßenwesen (Office fédéral pour les routes BASt) et en accord avec les administrations responsables de la construction des routes des Länder une „stratégie pour le renforcement des ponts routiers présents sur le réseau des grands axes fédéraux („Strategie zur Ertüchtigung der Straßenbrücken im Bestand der Bundesfernstraßen“) afin de pouvoir définir avec plus de précision les mesures nécessaires en terme de calcul et de construction. Les facteurs cités ci-dessus ainsi que la prise en compte de la note d'état permet de calculer un chiffre de priorité qui servira à déterminer l'ordre exact dans lequel les travaux devront être effectués.

Combinaison des paramètres pour le calcul du chiffre de priorité :

$$Z = f_1 * Z(V) + f_2 * Z(ZN_{\text{ÜB}}) + f_3 * Z(\Delta T) + f_4 * Z(KF) + f_5 * Z(Q) + f_6 * Z(\text{SpRK}) + f_7 * Z(ZN_{\text{TBW}})$$

$Z(V)$ = nombre de points pour la circulation; $f_1 = 0,45 * 7$

$Z(ZN_{\text{ÜB}})$ = note d'état des superstructures; $f_2 = 0,10 * 7$

$Z(\Delta T)$ = prise en compte ΔT ; $f_3 = 0,10 * 7$

$Z(KF)$ = „joints de chaussée“; $f_4 = 0,10 * 7$

$Z(Q)$ = „force transversale“; $f_5 = 0,10 * 7$

$Z(\text{SpRK})$ = „corrosion sous contrainte“; $f_6 = 0,10 * 7$

$Z(ZN_{TBW}) = \text{note d'état des parties de la construction}; f_7 = 0,05 * 7$

Exemple circulation : Pour les ponts de la classe de ponts < 60 4 points sont attribués; pour les ponts dimensionnés selon le modèle de charge LM1, 0 points. Les ponts atteignant un chiffre de priorité > 9 devront être vérifiés théoriquement, respectivement renforcés.

Compte tenu de la note d'état résultant de l'examen approfondi qui vient compléter ces informations, une liste de 1 253 constructions de ponts sur les autoroutes fédérales et de 929 constructions de ponts sur les grands axes fédéraux qui devront être vérifiés en priorité a été réalisée pour l'ensemble du territoire national.

2 Stratégie du gouvernement fédéral pour les ponts dont il est responsable

2.1 Réalisation d'un contrôle par le calcul

L'objectif de la stratégie est de renforcer l'état des ponts routiers afin de permettre d'atteindre l'objectif de sollicitation LM1 du rapport d'expertise DIN 101 qui devra être fixé pour chaque cas particulier par l'administration de construction des routes. Des exceptions ne seront possibles qu'après accord préalable du ministère BMVBS. En outre il est conseillé de vérifier si le niveau cible de sollicitation LMM a été atteint.

Afin de garantir l'harmonisation de l'évaluation par le calcul des réserves de portance, un ensemble de règles techniques a été créé. Il s'agit de la ligne directrice pour le calcul [9]. Cette ligne directrice de calcul prend en compte aussi bien des procédés théoriques de calcul et de dimensionnement actuels sur la base des eurocodes et des rapports d'expertise DIN que des caractéristiques techniques de matériaux qui ne sont plus actuellement usuels (tels que les bétons armés lisses). Il s'agit d'un procédé par paliers qui permet de procéder à des modifications aussi bien du côté des actions que de celui des résistances.

Le point de départ des calculs de vérification statiques est constitué par la documentation et l'évaluation de l'état actuel de l'ouvrage conformément à DIN 1076.

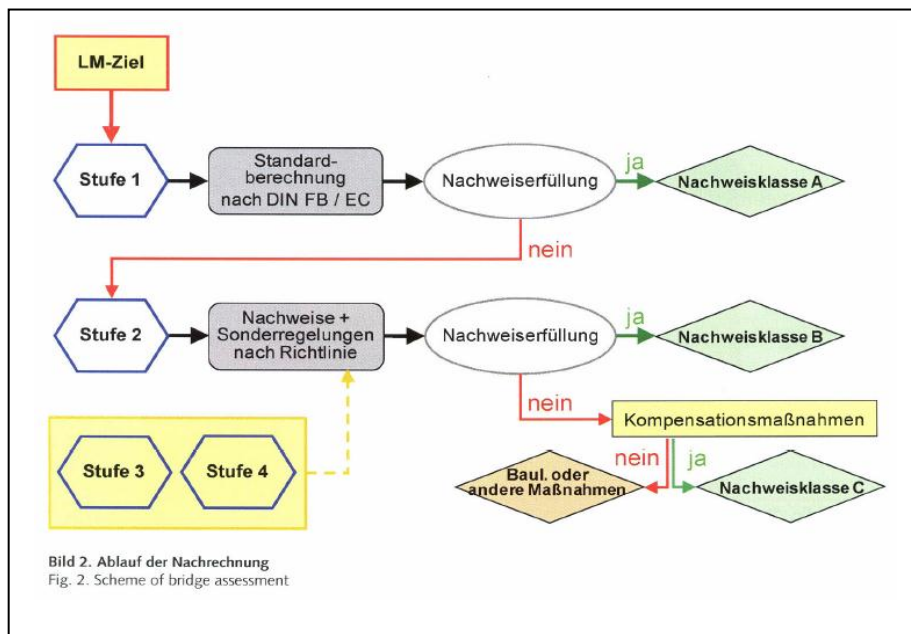


Image 6 : Schéma de déroulement conformément à la ligne directrice de calcul de vérification
Source Benning Bundesministerium für Verkehr, Bau und Städtebau

Les étapes suivantes sont respectées dans la démarche : L'étape 1 (Stufe 1) vise à vérifier par le calcul l'ouvrage conformément aux règles actuellement en vigueur (rapports d'expertise DIN et eurocodes) « comme s'il était en état neuf ». Si cela n'est pas possible, l'étape 2 (Stufe 2) permet de réaliser des gradations pour le modèle de sollicitation ou d'appliquer des procédés d'évaluation affinés (application de la ligne directrice de vérification par le calcul). L'échelon minimal qui doit être atteint est celui de la classe de ponts 60/30 (DIN 1072). Dans ce cas toutefois la durée de vie résiduelle est limitée et la construction d'un nouvel ouvrage de remplacement est envisagée pour la suite de la planification. Si les preuves pour la classe de ponts 60/30 échouent elles aussi, des mesures compensatoires sont à prévoir, mesures qui pourront consister à limiter la circulation (limitation du poids autorisé des camions, interdiction de dépasser pour les camions, ajouts de voies) ou à un classement dans une classe de surveillance supérieure (intervalles réduits entre les contrôles ou monitoring de l'ouvrage).

Suite à la vérification par le calcul une évaluation par classement dans une des catégories de preuve (Nachweisklasse) A – C est effectuée. Pour la catégorie de preuve C ou en dessous du seuil choisi pour le niveau cible de la sollicitation, des mesures de renforcement ou des restrictions au niveau de la circulation sont prévues.

Les vérifications par le calcul permettent d'obtenir des indications sur les nécessités de mesures constructives permettant de réaliser le niveau cible de sollicitation désiré (p.ex. LM 1).

Sur la base des déficits constatés pour l'ouvrage, l'administration des constructions routières décide de l'opportunité de réaliser une étude de faisabilité en vue du renforcement de l'ouvrage. Cette étude comprend, outre la représentation sous forme d'esquisse, une évaluation des coûts pour le renforcement. En parallèle on procède à l'évaluation des coûts pour une nouvelle construction de remplacement.

2.2. Critères pour la décision „renforcement ou remplacement par une nouvelle construction“

Afin d'évaluer les coûts pour le renforcement en vue de l'utilisation durant la période de vie résiduelle en comparaison avec les coûts d'une construction neuve, c'est la directive « pour la réalisation d'analyses de rentabilité dans le cadre de la réparation / des mesures de remise en état des ponts routiers » („Richtlinie zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im Rahmen von Instandsetzung - / Erneuerungsmaßnahmen bei Straßenbrücken“) (RI-WI-BRÜ) [10] qui est utilisée.

Cette directive est applicable pour tout projet de construction dont les coûts dépassent 3,0 millions d'euros. Elle sert d'aide à la décision pour

- la pondération entre renouvellement ou remise en état,
- la pondération entre les différentes variantes de la remise en état,
- la pondération des différentes variantes de la remise en état qui se distinguent p.ex. par les techniques ou les modes de construction.

L'analyse de rentabilité repose sur des durées d'utilisation supposées pour les différentes mesures afin de pouvoir prendre en compte non seulement les coûts de construction, mais aussi tous les coûts afférents (mesures secondaires) pour chacune des solutions possibles. Une structure en matrice permet de tenir compte en amont de toute une série de données d'appréciation telles que des questions relevant de la protection de l'environnement ou de la gestion du trafic pendant les travaux pour mettre à disposition une base de planification et de décision proche de la réalité [10]. Ce procédé permet d'additionner et de comparer les sommes des coûts de construction capitalisés, des coûts d'entretien capitalisés et de la valeur résiduelle capitalisée à la fin de la période d'évaluation de l'ouvrage en question.

En complément les variantes sont évaluées conformément à des critères d'ingénierie technique de construction et en ce qui concerne la planification de la circulation pour ce qui est des aspects relevant de la protection de l'environnement et de la faisabilité. Cela permet de donner au final une recommandation qui tient compte des aspects monétaires et non monétaires et qui permettra de choisir les mesures concrètes pour l'ouvrage.

2.3. Premiers résultats des vérifications théoriques

M. Haveresch a rapporté lors de la Journée de construction des ponts allemande de 2013 les premiers résultats des vérifications théoriques en Rhénanie du Nord - Westphalie [8]. En Rhénanie du Nord – Westphalie, ce sont des bureaux d'ingénieurs qui sont chargés du calcul théorique statique pour les étapes 1 et 2 (Stufe 1 et 2). Les résultats d'environ 100 vérifications théoriques sont à la base du rapport. Après réalisation de l'étape de travail 1, les résultats sont présentés à l'autorité responsable. En Rhénanie du Nord – Westphalie il s'est avéré que les types de ponts décrits ci-dessous présentaient des déficits fondamentaux, si bien qu'il n'existe pratiquement aucune possibilité de les conserver avec une dépense raisonnable. Il s'agit de :

- ponts avec une classe inférieure à la classe de ponts BK 60
- dalles alvéolaires
- ponts en béton précontraint selon le système Schreck
- ponts mixtes avec des composantes filigranes en acier
- ponts mixtes avec tablier mince
- ponts en acier avec tabliers orthotropes qui sont loin de remplir les standards minimaux en terme de construction
- ponts minces en béton précontraint avec des passerelles très minces.

Au contraire certains petits ouvrages recouverts de terre ne sont pratiquement pas touchés par l'augmentation de densité de la circulation.

Pour les ponts en béton, l'examen de l'étape 1 montre souvent des déficits pour les preuves suivantes :

- flexion avec force longitudinale pour des superstructures très minces
- force transversale avec ou sans torsion
- fatigue
- armature minimale
- couverture de béton
- décompression
- fixations des membrures
- flexion transversale des passerelles pour les sections en caisson
- joint entre la superstructure d'origine et la couche de finition pour les petits ponts

Pour les ponts en béton précontraints plus anciens, un renforcement de la structure portante, par exemple par précontrainte externe, paraît en règle générale raisonnable. Selon les indications fournies, les structures portantes ainsi renforcées peuvent en général remplir les critères de la ligne directive de vérification théorique conformément à l'étape. Par contre des problèmes particuliers se présentent en ce qui concerne la résistance au cisaillement, le dimensionnement de cette valeur ayant été revue dans l'eurocode par rapport à la norme DIN 4227 pour se placer du côté de la sécurité. Dans ce cas la preuve ne peut être apportée qu'à travers l'utilisation de la dernière version de la norme DIN 4227 alinéa 12, si bien que des possibilités de preuve adéquates doivent être intégrées au rapport d'expertise 102.

Un autre problème se présente dans le cas des ponts en béton précontraints d'ancienne génération au niveau des constructions d'armature en partie inadaptées en vue de recevoir les forces de cisaillement (armatures en étrier non fermées). Dans ces cas de figure, les mesures de renforcement ne sont souvent pas économiquement envisageables.

Il ne sera pas question dans cette publication d'autres types de construction tels que les ponts mixtes.

Conformément à [3] le ministère BMVBS estime les budgets nécessaires à la conservation des grands axes fédéraux à 3,0 milliards d'euros par an d'ici 2025, la part des ponts et autres ouvrages d'ingénierie étant estimée comme devant passer de 30% à 45% dans le futur.

L'étude Difu met en évidence pour le domaine communal un budget nécessaire pour le remplacement des ponts de 10,7 milliards d'euros d'ici 2030, ce qui représente un besoin en investissement annuel de 630 millions d'euros [4].

3. 2 exemples

3.1. Exemple 1: BW (ouvrage) 1306

L'ouvrage BW 1306, le pont „Talbrücke Braunshausen“, traverse la vallée du Münzbach près de Braunshausen en passant par l'autoroute fédérale BAB A1. Le pont est constitué de deux ouvrages partiels, qui sont construits chacun sur leur propre fondation. La superstructure du viaduc de Braunshausen a une longueur de 228,40 m.

Le système porteur de la superstructure est composé de caissons à 7 tranches avec des travées d'extrémité raccourcies. Le pont a été construit en 1975. Les deux superstructures sont composées respectivement de caissons en béton précontraint longitudinalement ou transversalement. La hauteur de construction des caissons est de 2,5 m. Malgré l'âge relativement récent de 30 ans, le pont présentait des détériorations graves au niveau supérieur et en particulier au niveau de sa couverture rendant nécessaires des travaux de remise en état. En raison de la date de sa construction, le pont présentait la problématique liée aux joints de chaussée.

La vérification théorique de l'ouvrage a montré que la superstructure a une capacité de charge suffisante pour les charges de la classe de ponts 60/30 conformément à DIN 1072 (12/1985) et que les tensions admissibles pour le béton et pour l'acier de contrainte sont respectées conformément à DIN 4227 (7/1988).

Après des analyses détaillées par le calcul, une pré-tension externe avec 6 membres de précontrainte a été planifiée et mise en place en vue d'assainir les joints de chaussée.

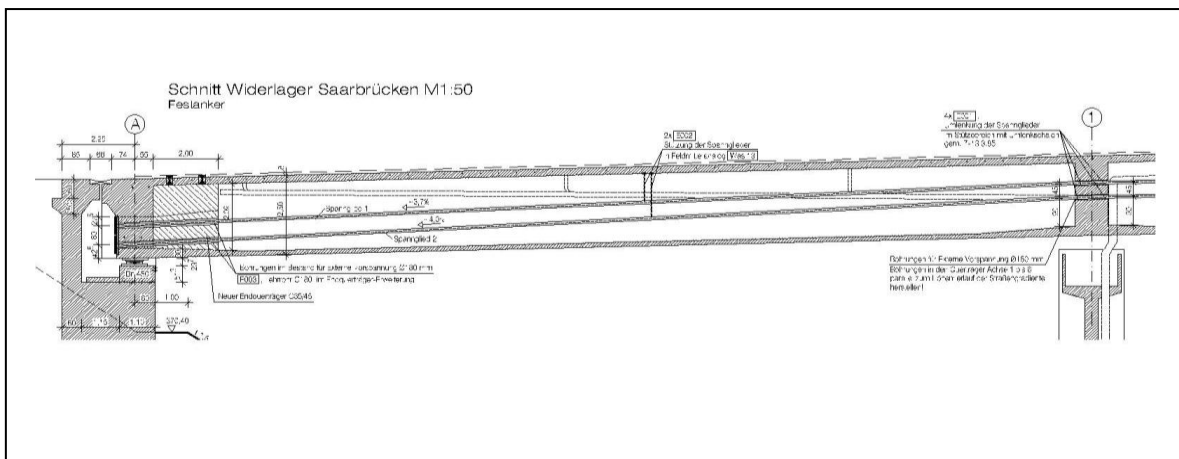


Image 7 : Coupe transversale à travers les travées d'extrémité ; emplacement des membres de précontrainte pour la pré-tension externe dans les travées d'extrémité et ancrage d'extrémité

3.2. Exemple 2 : ouvrage BW 334 TBW 2

L'ouvrage 334, le pont "Illtalbrücke" enjambe l'autoroute fédérale BAB 1 en passant par la nationale B 10. Il est composé de deux ouvrages partiels (TB) réalisés en 1963 et en 1974. L'ouvrage partiel plus ancien 2 sous la voie en direction de Saarbrücken a une longueur totale de 148,74 m. La superstructure de l'ouvrage TB 2 est constituée par une poutre en béton précontraint en double T qui présente en outre des deux côtés de la passerelle des diagonales en treillis dont la fonction principale est de soutenir la superstructure et qui génèrent à titre accessoire une certaine résistance à la flexion en raison de l'inclinaison en sens longitudinal. La hauteur constante de l'ouvrage est de 1,80 m sur l'ensemble des sections. Les portées individuelles en direction de Trèves sont de 20,10 – 24,12 – 32,16 – 36,18 – 36,18 m. La superstructure est prétendue de façon limitée en sens longitudinal et transversal ainsi que vertical.

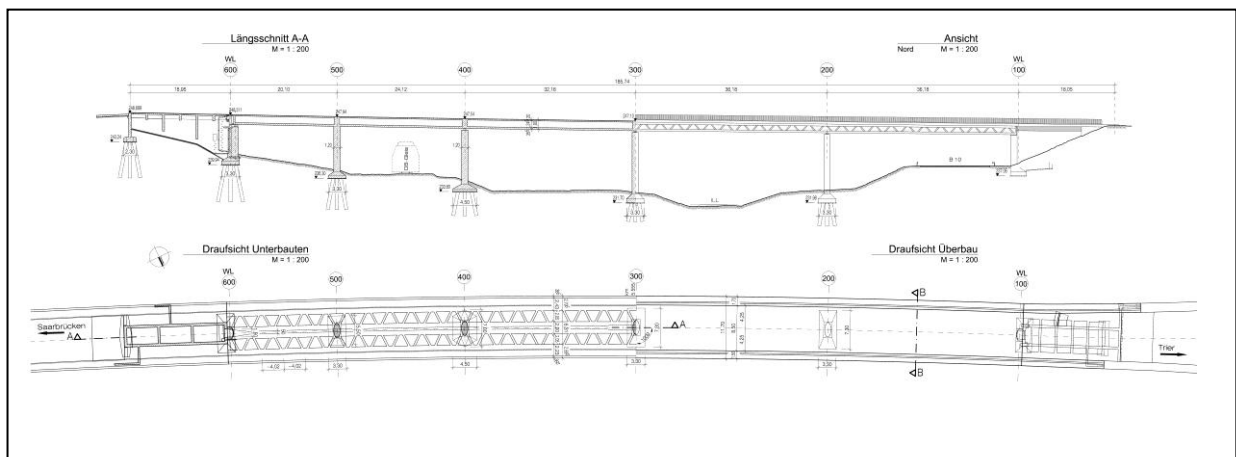


Image 8 : Vue / Coupe et plan de l'ouvrage 334 ouvrage partiel 2

La prétension verticale au niveau de la passerelle s'est avérée particulièrement problématique. Elle a fait l'objet d'un examen approfondi. A cet effet le IZFP a réalisé des tests de calibrage en laboratoire ainsi que des mesures sur le terrain [11]. Des analyses en laboratoire ont été réalisées au niveau des aciers de précontrainte afin de mettre en évidence des dommages tels que les fissurations ou la corrosion. Les aciers de précontrainte se présentaient sous différentes formes : barres libres, barres intégrées dans un tube enveloppant et barres avec enrobage béton. En outre elles présentaient des défauts de tests à différentes profondeurs. Pour les analyses, des mesures aux ultrasons par procédé impulsion/écho ainsi que des mesures de transmission ont été réalisées. A cet effet des ondes ultrasoniques en barres générées et captées par des transducteurs ultrasoniques électromagnétiques ont été utilisées. Dans d'autres cas, le stimulus a été donné par un coup de marteau. Ce sont les mesures ultrasoniques de transmission à faible fréquence avec une fréquence de travail de 40 kHz qui ont livré les résultats les plus significatifs. Afin d'améliorer la qualité du signal, les signaux reçus ont également été filtrés numériquement. Ceci a permis de distinguer entre aciers de précontrainte endommagé et intact.

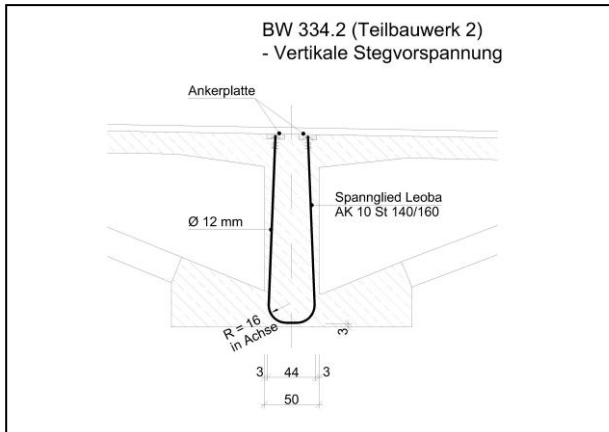


Image 9 : Prétension verticale au niveau de la passerelle médiane

Outre les examens en laboratoire des mesures sur le terrain ont également été réalisés au niveau des aciers de précontrainte d'un ouvrage de pont. Aussi bien la mesure de transmission aux ultrasons à basse fréquence que le stimulus au marteau ont été mis en œuvre. Ceci n'a toutefois pas permis de reproduire les résultats des examens en laboratoire, si bien que les examens sur le terrain ont une valeur informative limitée. Lors du dégagement des points d'ancrage, il s'est avéré que ces derniers étaient complètement détériorés par la rouille, rendant nécessaire une reconstruction du pont.

Bibliographie

- [1] Handelsblatt 15.01.2014 „neuer Rekord alter Streit“
- [2] Naumann „Brücken und Schwerverkehr eine Bestandsaufnahme“, Tagungsband 18. Dresdener Brückenbausymposium 2009
- [3] Bundesminister für Verkehr (HRSG) “Strategie zur Ertüchtigung von Straßenbrücken im Bestand der Bundesfernstraßen”
- [4] Deutsches Institut für Urbanistik (HRSG) Kommunale Brücken, Zustand und Erneuerungsbedarf
- [5] Brit Colditz Brückenertüchtigung – eine notwendige Voraussetzung für ein zuverlässiges Fernstraßennetz 23. Dresdener Brückenbausymposium 2013
- [6] INTRAPLAN, BVU Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Nr 96.0857/2005 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, berlin 2007
- [7] Naumann „Brücken und Schwerverkehr, - Strategie zur Ertüchtigung des Brückenbestands in Bundesfernstraßen“ Der Bauingenieur Band 85 Mai 2010
- [8] Dr.-Ing. Karlheinz Haveresch “Praktische Erfahrungen aus der Nachrechnung von Straßenbrücken und Schlussfolgerungen für die Normungsarbeit” Tagungsband 23. Dresdener Brückenbausymposium 2013
- [9] Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie) Ausgabe Mai 2011, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau (Hrsg) Bonn 2011
- [10] Richtlinie zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im Rahmen von Instandsetzung - / Erneuerungsmaßnahmen bei Straßenbrücken“ (RI-WI-BRÜ), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau (Hrsg) Bonn 2004
- [11] IZFP Prüfbericht zur „Untersuchung an Spannstählen in einem Brückenbauwerk 2013“