

30 octobre 2025

Connaissances et recommandations sur le thème de l'interaction roue-rail issues du projet 3

Journée de l'interaction, Berne

Friedrich-Christian Walther, RAILplus @ Zentralbahn



RAILPLUS – LA VOIE MÉTRIQUE

Tous confrontés aux mêmes «défis» – Solution: l'union fait la force!



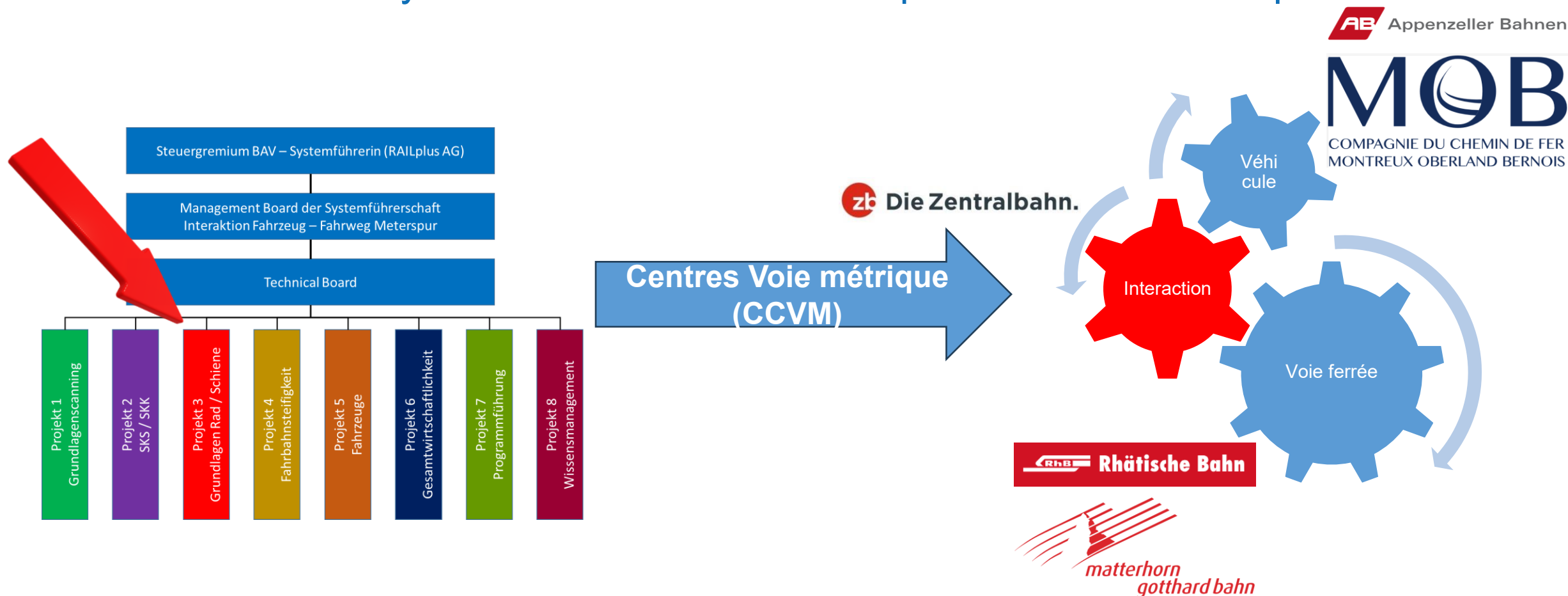
22 compagnies



1450 km de
voie métrique

INTERACTION VÉHICULE – VOIE FERRÉE

De la maîtrise de système aux centres de compétences Voie métrique



1. VERS UN PROFIL DE ROUE ADAPTÉ À L'USURE

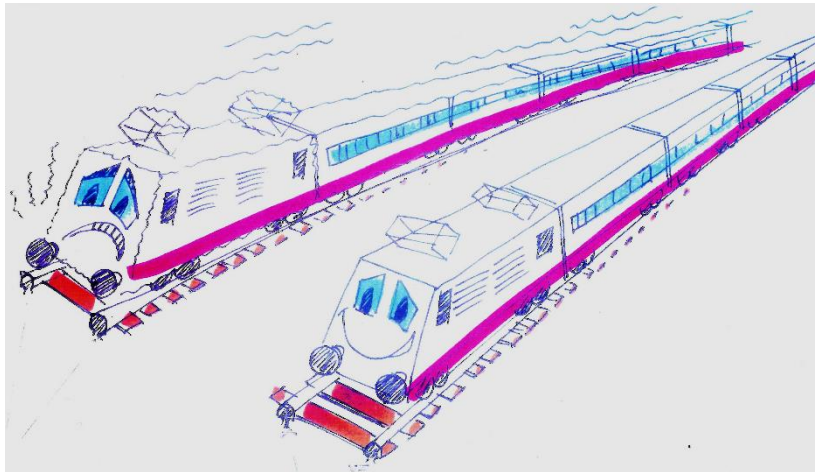


TECHNIQUE DE ROULEMENT – INTERACTION RAIL/ROUE

La théorie en bref – les deux paramètres les plus importants

Conicité équivalente

Importance pour la conduite en ligne droite / à vitesse élevée (mesure de la stabilité de conduite)



➤ Conicité trop élevée → Conduite instable (instabilité des bogies/tangage)

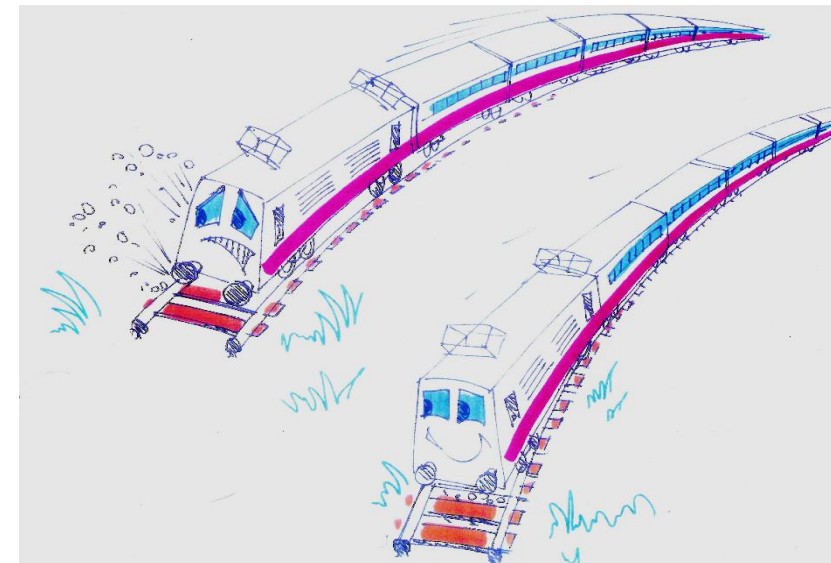
➤ Conicité trop faible → «Low frequency body motions» (vibrations dans le châssis)

➤ **Couplage optimal des profils: équilibre délicat entre des conicités trop faibles et trop élevées, avec un bon fonctionnement dans les courbes.**

* L'indice de position radiale indique le plus petit rayon de courbe possible pour lequel une position radiale est encore réalisable.

Indice de position radiale*

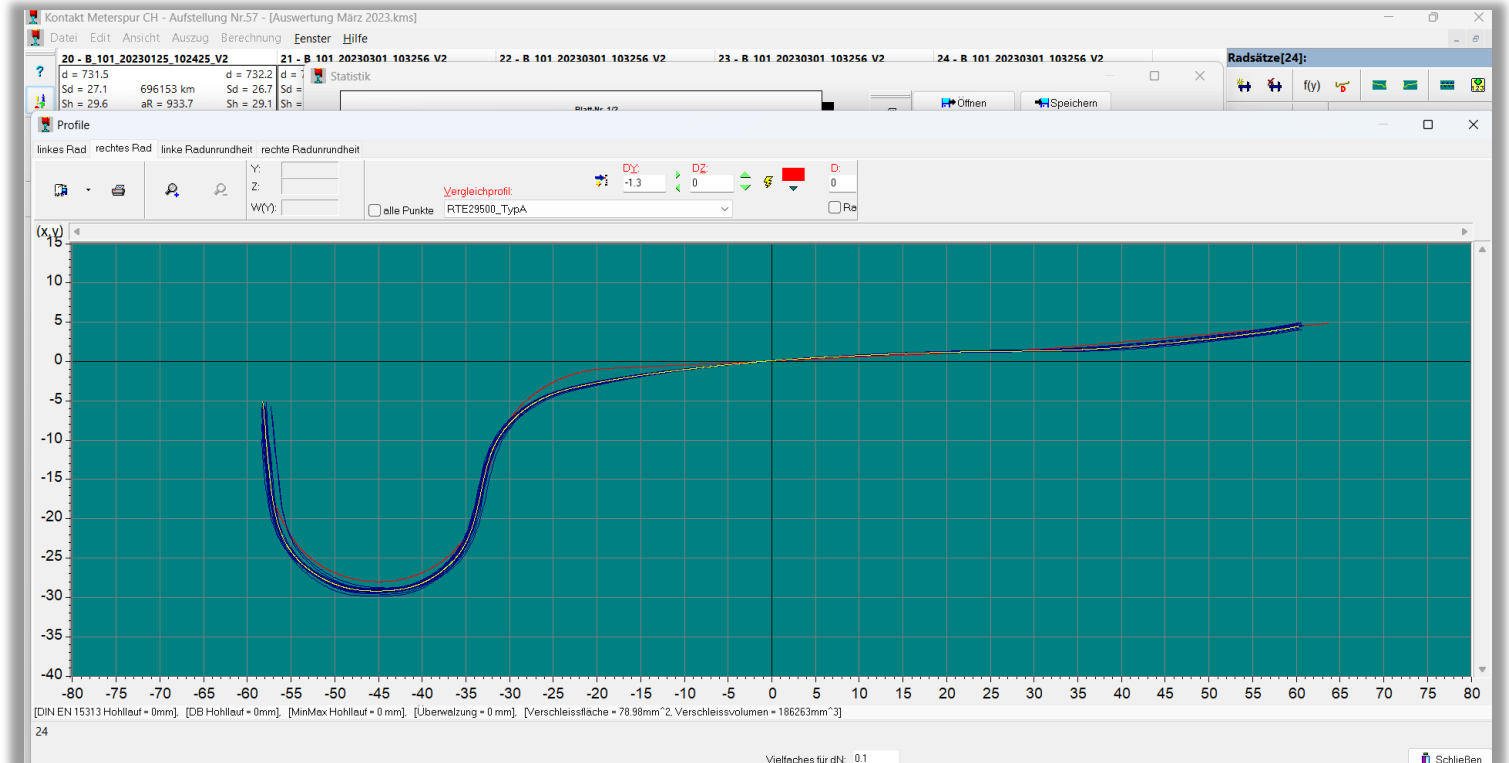
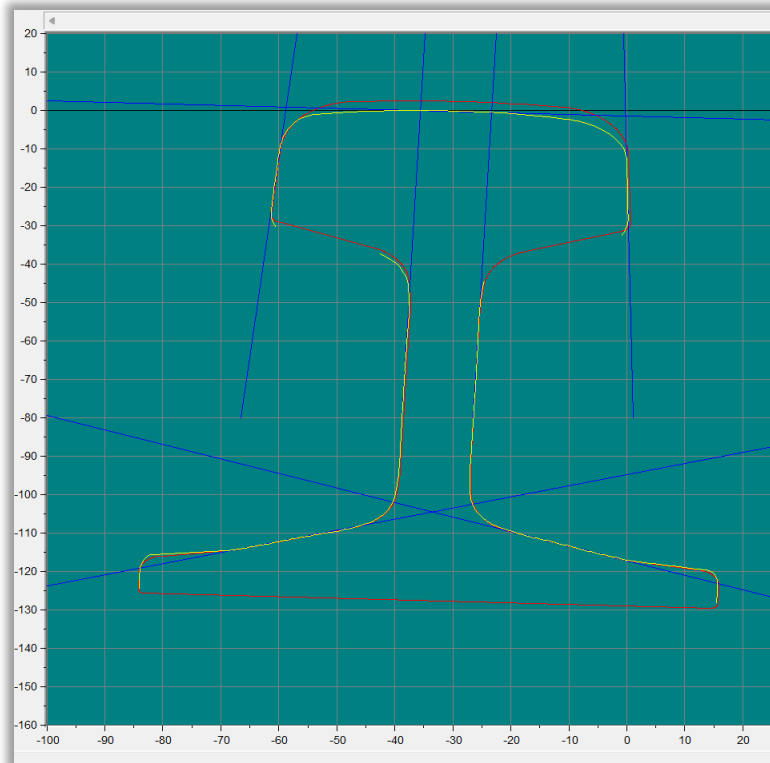
Importance pour la circulation dans les courbes



Indice de position radiale plus élevé → Mauvais fonctionnement dans les courbes (plus grande usure)

DÉVELOPPEMENT DES PROFILS OPTIMISÉS

Évaluation des données de mesure des profils à l'aide d'un logiciel*



➤ Pour développer un profil de roue/rail aussi adapté que possible, il faut connaître ses profils d'usure!

*Graphiques tirés de «Gleis-/Rad-Kontakt Meterspur CH» Légendes: «rouge» = Nouveau profil / «jaune» = Profil d'usure moyen / «bleu foncé» = Profils d'usure individuels

MESURE DES PROFILS DES RAILS

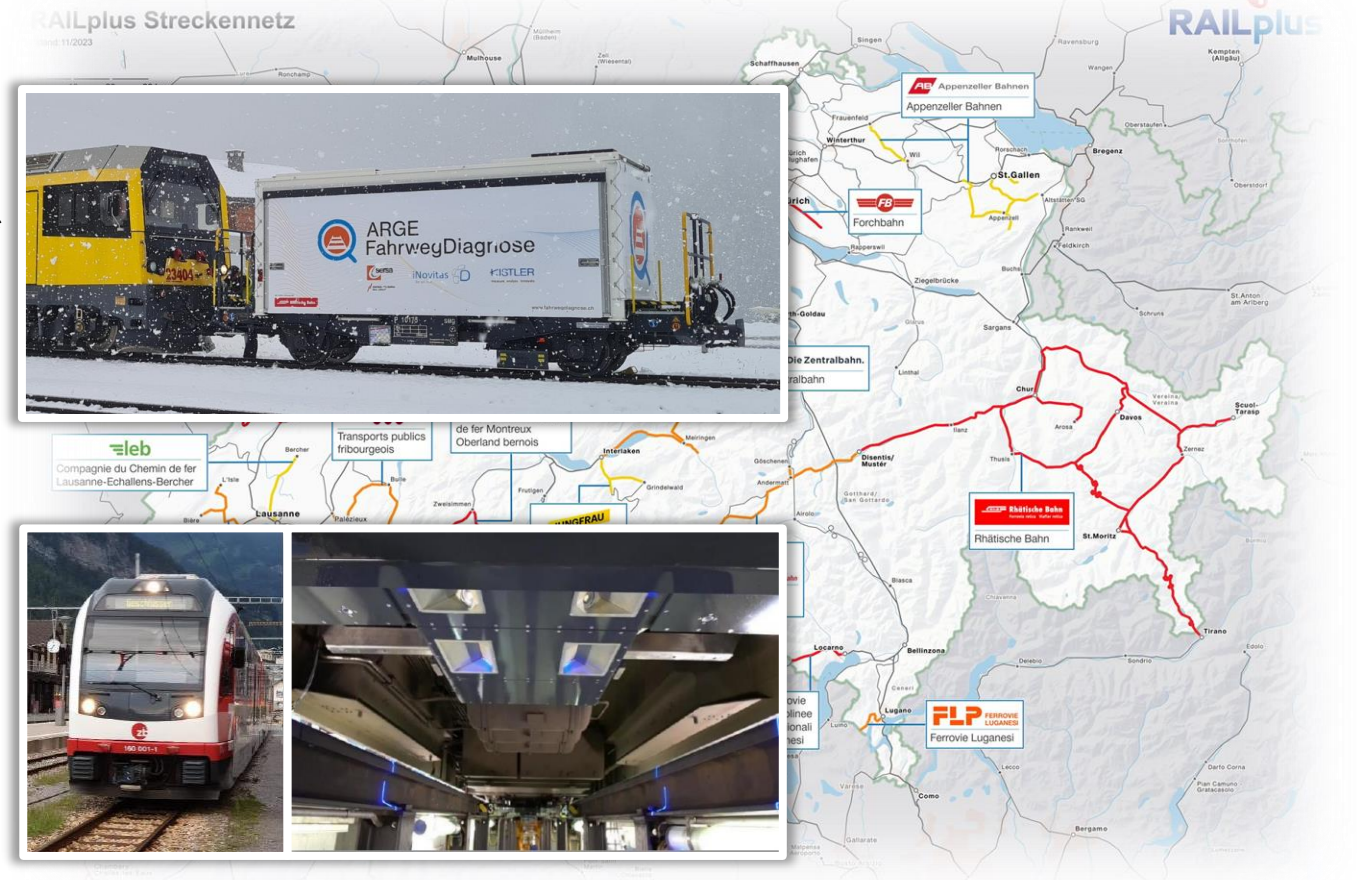
Rails – État des lieux

Saisie des valeurs mesurées:

- 22 chemins de fer à voie métrique et beaucoup d'autres* utilisent un seul et même véhicule de mesure
- Exception: Zentralbahn équipée du même système ATM dans un train normal

Collecte des données de mesure:

- 1 base de données pour tous les profils transversaux enregistrés
- Les données de la Zentralbahn seront désormais également intégrées dans celle-ci



➤ **Cela facilite l'évaluation et la comparaison sur l'ensemble du réseau à voie métrique.**

* En 2024, des mesures ont été effectuées sur 12 chemins de fer à l'aide du véhicule de mesure ARGE FahrwegDiagnose.

MESURE DES PROFILS DES RAILS

Roue – État des lieux

Appareil de mesure laser optique portable CALIPRI:

- Un grand nombre* des 22 chemins de fer RAILplus utilisent CALIPRI pour la mesure du profil des roues
- Certains utilisent OPTIMESS et MINIPROF

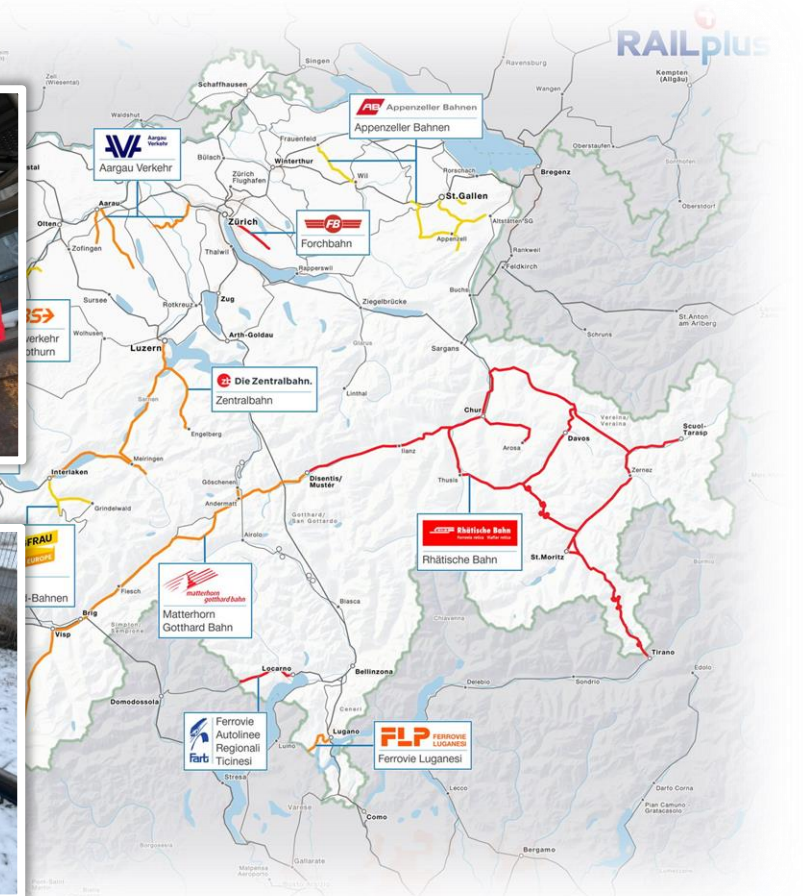
Systèmes de détection de franchissement:

- Pour la saisie de grandes quantités de données, il convient d'utiliser un système de mesure qui peut enregistrer les dimensions du profil ou les irrégularités des roues

Collecte des données de mesure:

- Le numérique n'est pas toujours une option!

RAILplus Streckennetz
Stand 11/2023

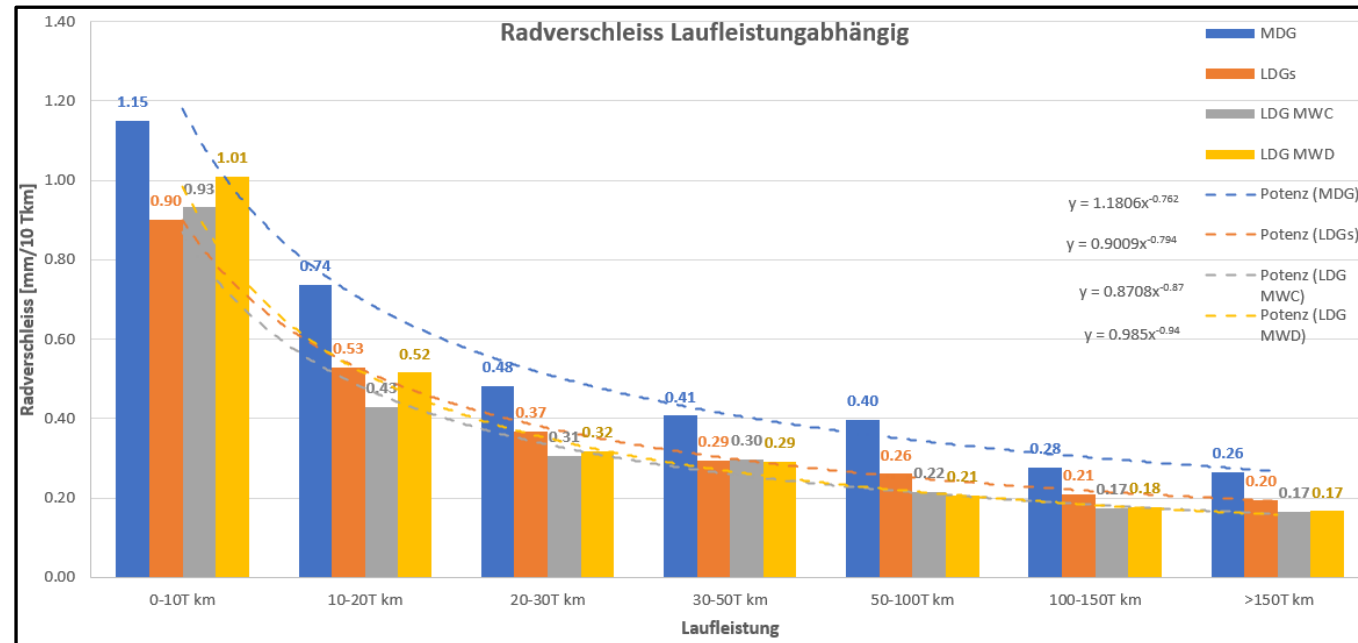


➤ **Sans données suffisantes sur le profil des roues, aucune évaluation ni amélioration ultérieure du profil n'est possible, ni pour les roues ni pour les rails.**

* En 2023, 13 chemins de fer ont déclaré utiliser CALIPRI.

ÉVOLUTION DE L'USURE DES ROUES

Évaluation de l'usure des roues en fonction du kilométrage @RhB*



- Les profils nominaux actuellement montés changent d'abord fortement de forme jusqu'à ce qu'ils ne présentent plus qu'une usure minimale au niveau de la bande de roulement et restent pratiquement stables.
- L'évaluation supplémentaire de l'indice de position radiale montre que tous les profils deviennent plus adaptés aux courbes.

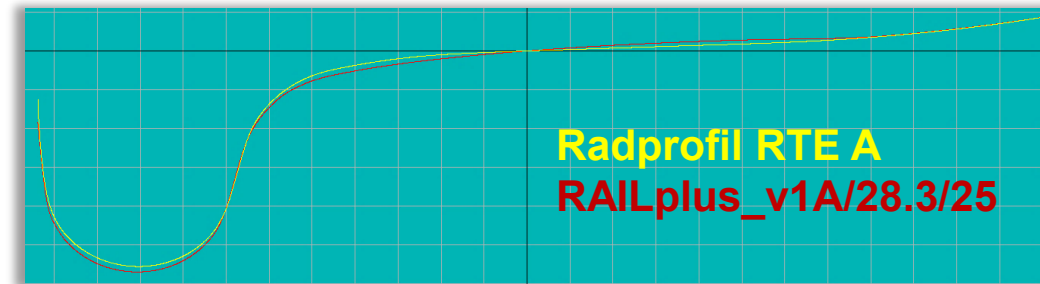
*Auswertung vom RTZ (Capricorn) aus dem Jahr 2024.

DÉVELOPPEMENT D'UN PROFIL DE ROUE OPTIMISÉ

Profil de roue adapté à l'usure: RAILplus_v1A / B

Développement* de 2 profils optimisés réduisant l'usure des boudins **RAILplus_v1A/28.3/25** pour le type A et **RAILplus_v1B/28.3/20** pour le type B:

- **La base** est le profil d'usure réel qui **s'ajuste automatiquement en fonction du temps**
- Pour les courbes: l'indice de position radiale est respecté pour des **rayons nettement plus étroits** (contrairement au profil *RTE A*) sur les tronçons concernés
- Pour les lignes droites: vérification des conicités pour des vitesses plus élevées. Les points **critiques** sont les **champignons de rails plats** «mal entretenus» ainsi que les **rétrécissements de voie**
- Insensible aux déclivités et aux écartements des voies ≥ 1003 mm
- En raison du léger déplacement des points/zones de contact (pour une meilleure tenue dans les courbes), plus sensible aux problèmes de traction sur les voies enduites de graisse (comme les profils d'usure actuels)

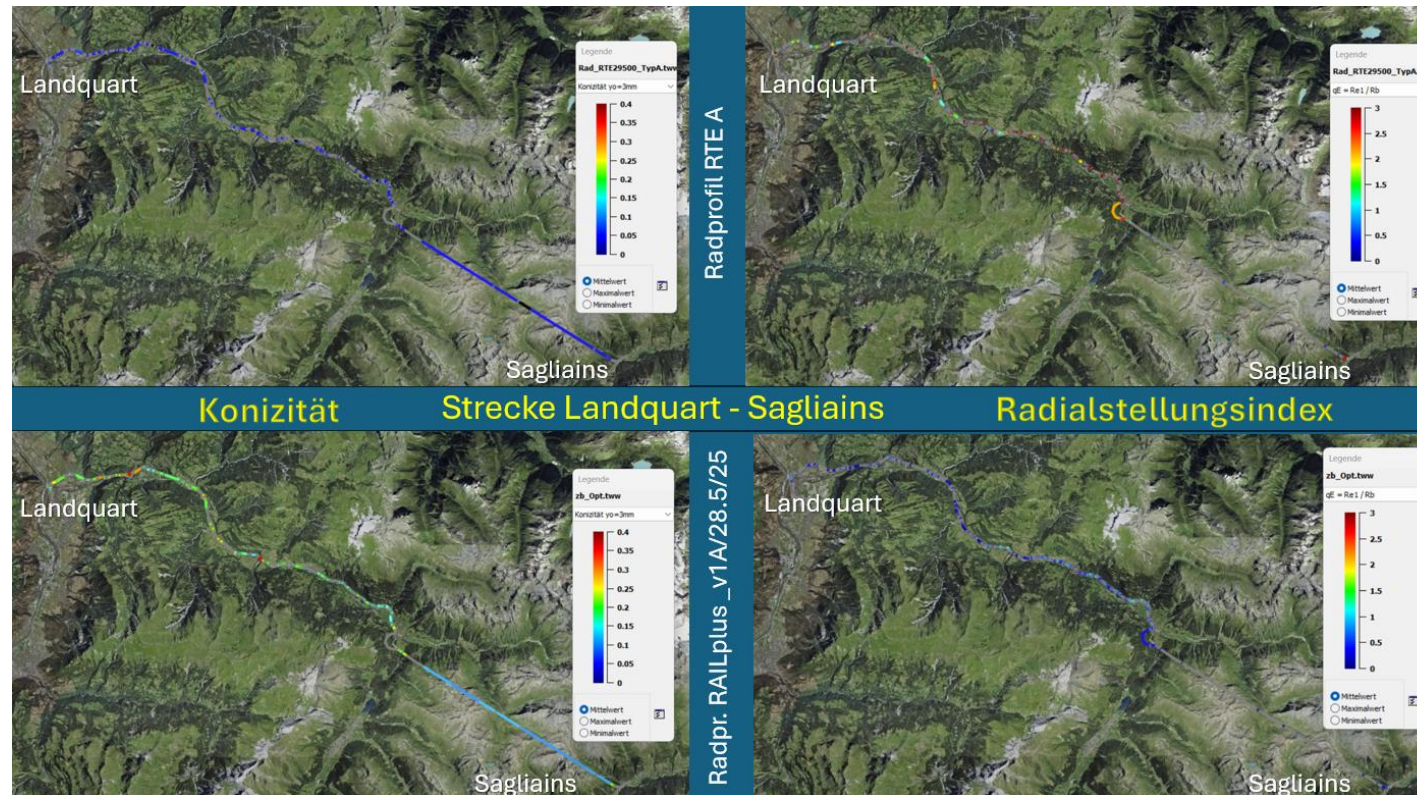


- **Objectif: moins de modification/d'usure du profil, kilométrage plus élevé et surface de contact plus large pour réduire les dommages causés à la roue/au rail.**
- **Il faut dans tous les cas éviter un écartement trop petit sur l'ensemble du réseau, écartement (min.) de 1003 mm.**
- **Entr. des rails nécessaire même dans les lignes droites avec des champignons plats, recommandation Smart SKK/SKS.**

*Par Roland Müller en 2024.

COUPLAGE DE PROFILS RÉELS @RHB

Évaluation* à l'aide du logiciel «Rad/Gleis-Kontakt Meterspur CH»



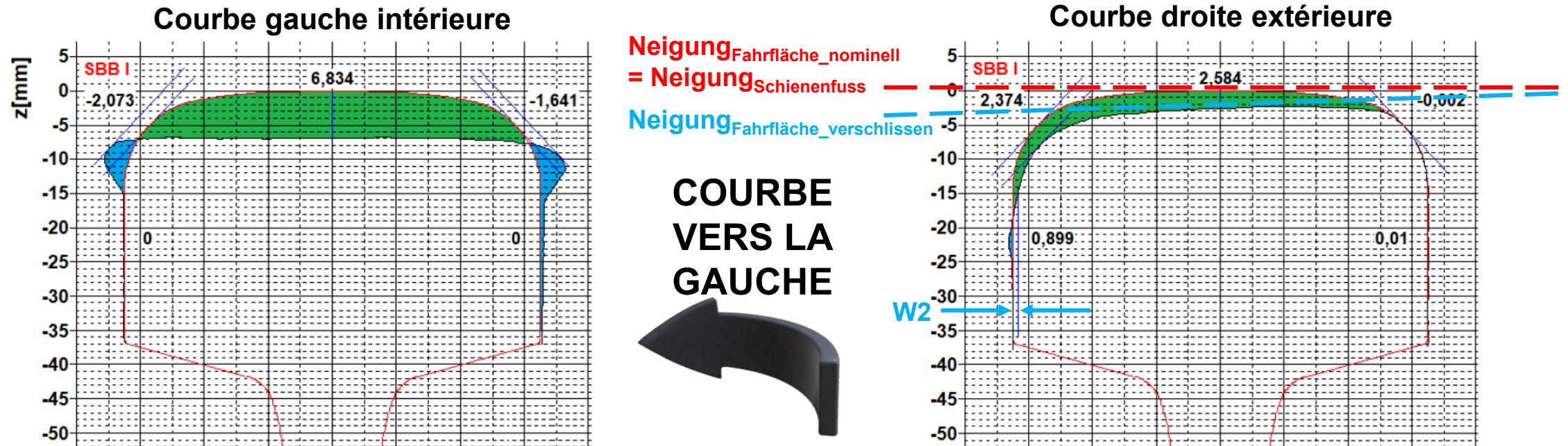
➤ Cela permet de prendre des mesures pour les véhicules/voies (p. ex., profils des roues/rails, maintenance).

*Données de mesure du véhicule ARGE FahrwegDiagnose à l'automne 2023.

2. VERS UN PROFIL DE RAIL OPTIMISÉ EN TERMES D'USURE

ÉVOLUTION DE L'USURE DES RAILS

Exemple d'usure du champignon du rail @MGB*

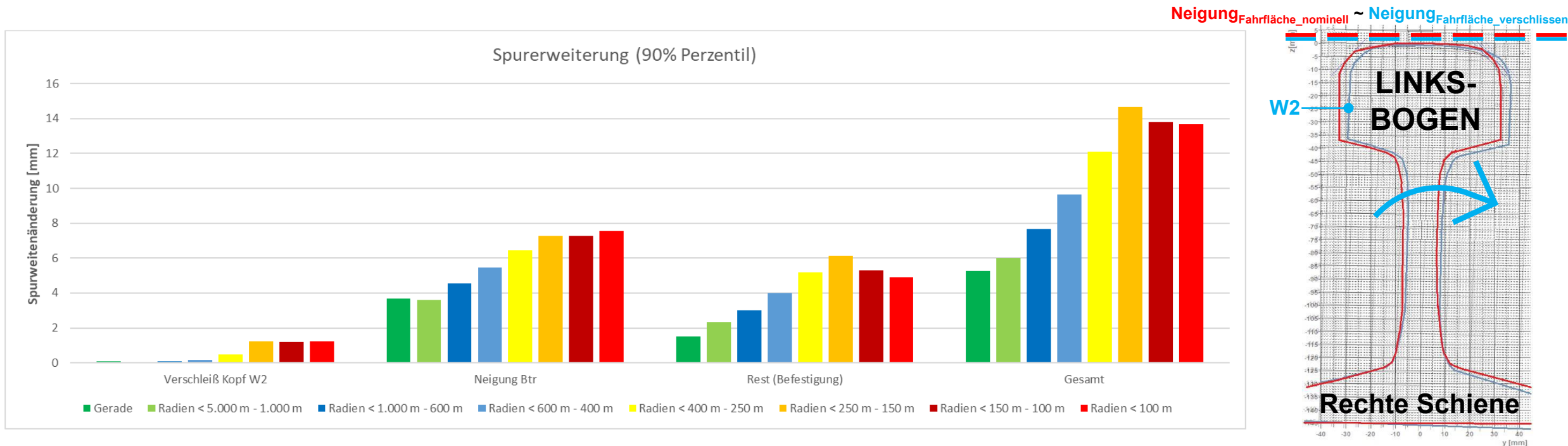


- Les rails intérieurs dans les courbes et les rails sur les lignes droites s'aplatissent.
- Le rail extérieur ne présente qu'une usure minimale des flancs (W2).
- La déclivité de la voie ne correspond plus à celle du champignon du rail et la grande zone d'usure se met «à pencher».
- Pas d'usinage des rails avec un profil nominal courbé à l'extérieur s'il n'y a pas de dommages!

*Mesure réalisée en 2023 sur un virage à gauche de 194 m et visualisation par DB-Systemtechnik.

MESURE DE L'ÉLARGISSEMENT DES VOIES

Influence* sur l'usure des flancs des rails, inclinaison des rails et moyens de fixation



- L'augmentation de l'écartement des rails dans les courbes (lorsque le système SKS fonctionne) n'est généralement pas due à l'usure des flancs des rails, mais au positionnement des rails.
- Les éléments intermédiaires et les moyens de fixation ne résistent plus aux contraintes actuelles.

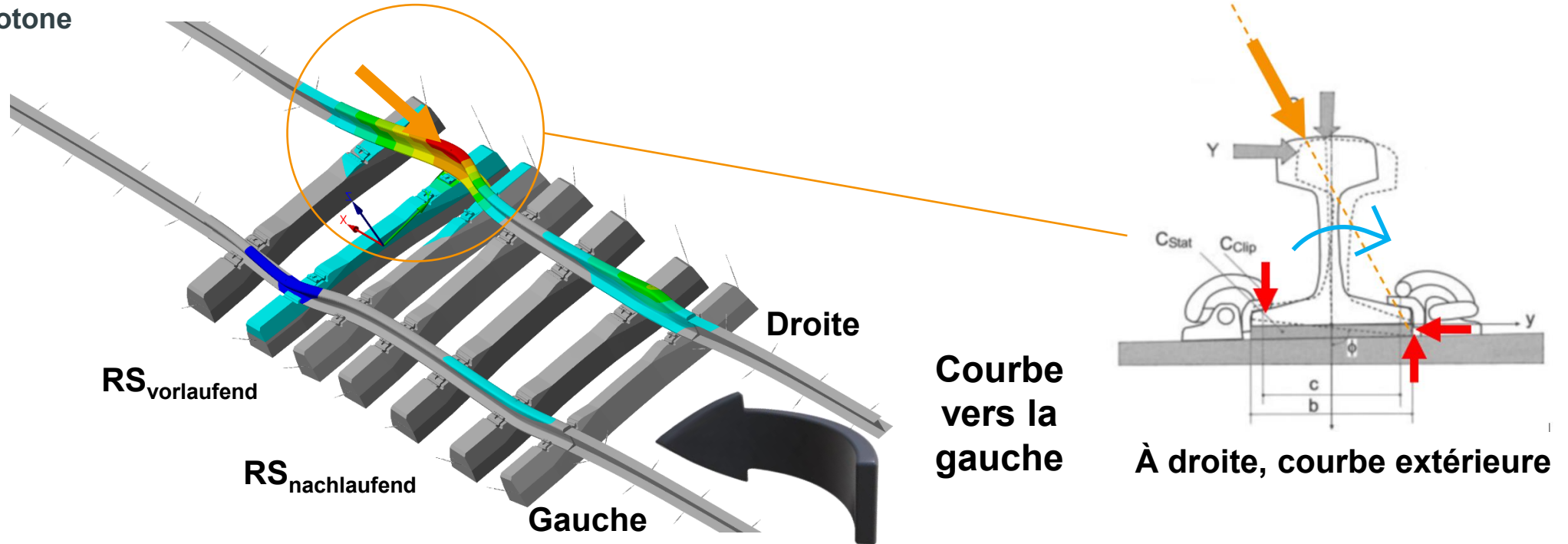
* Évaluation des données de mesure du véhicule ARGE FahrwegDiagnose à l'automne 2023 sur la ligne Brigue-Zermatt (MGB) par DB-Systemtechnik

SIMULATION DE L'ÉLARGISSEMENT DES VOIES

Non causé par l'usure

L'élargissement réversible de la voie est faible dans les conditions définies à partir du modèle FE* et des mesures.

- **Contrainte monotone**
- Max. ~3 mm



➤ **Les élargissements irréversibles importants des voies sont la conséquence de (sur)sollicitations cycliques.**

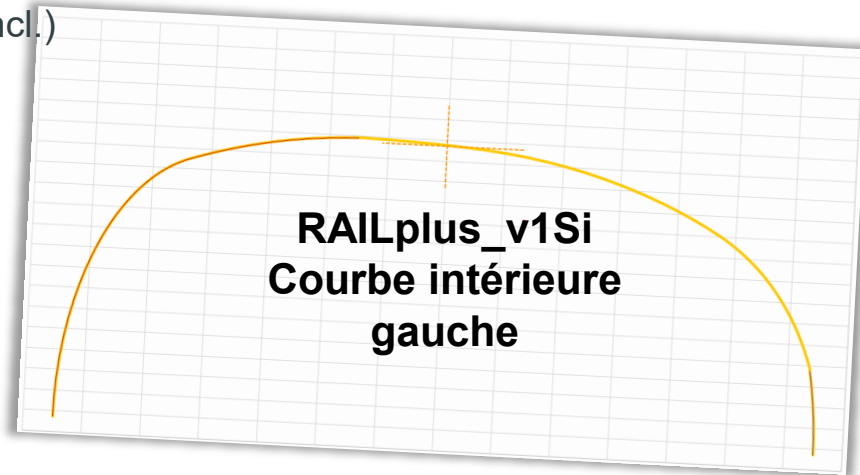
*Mise en place et analyse réalisées par DB-Systemtechnik en 2025 et comparées aux données de mesure de MGB.

DÉVELOPPEMENT D'UN PROFIL DE RAIL OPTIMISÉ

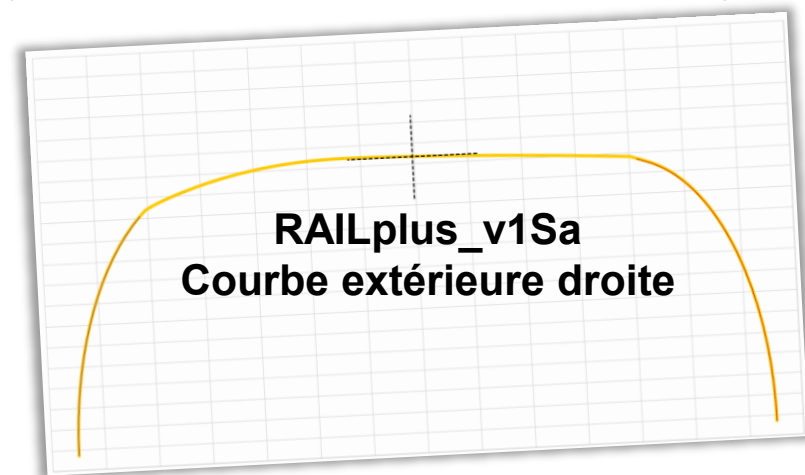
Champignon de rail optimisé pour résister à l'usure: RAILplus_v1S

Développement* dans un premier temps d'un **profil de meulage asymétrique** pour les courbes afin d'optimiser la géométrie de contact avec un minimum de perte de matière:

- **RAILplus_v1Si** pour **Schiene** (rail) im Bogen **innen** (dans les courbes intérieures)
- **RAILplus_v1Sa** pour **Schiene** (rail) im Bogen **aussen** (dans les courbes extérieures)
- Création des différences maximales de rayons de roulement afin de **réduire les ondulations** (et donc le polygone de roulement et le bruit)
- Des essais dans les courbes vont être menés dans plusieurs compagnies (analyses des couches intermédiaires et des moyens de fixation incl.)



**COURBE
VERS LA
GAUCHE**



➤ **Objectif: moins de modification/d'usure du profil, durée de vie prolongée et définition du point de contact avec réduction des dommages causés à la roue/au rail.**

*Par Johannes Stephanides et Roland Müller en 2025.

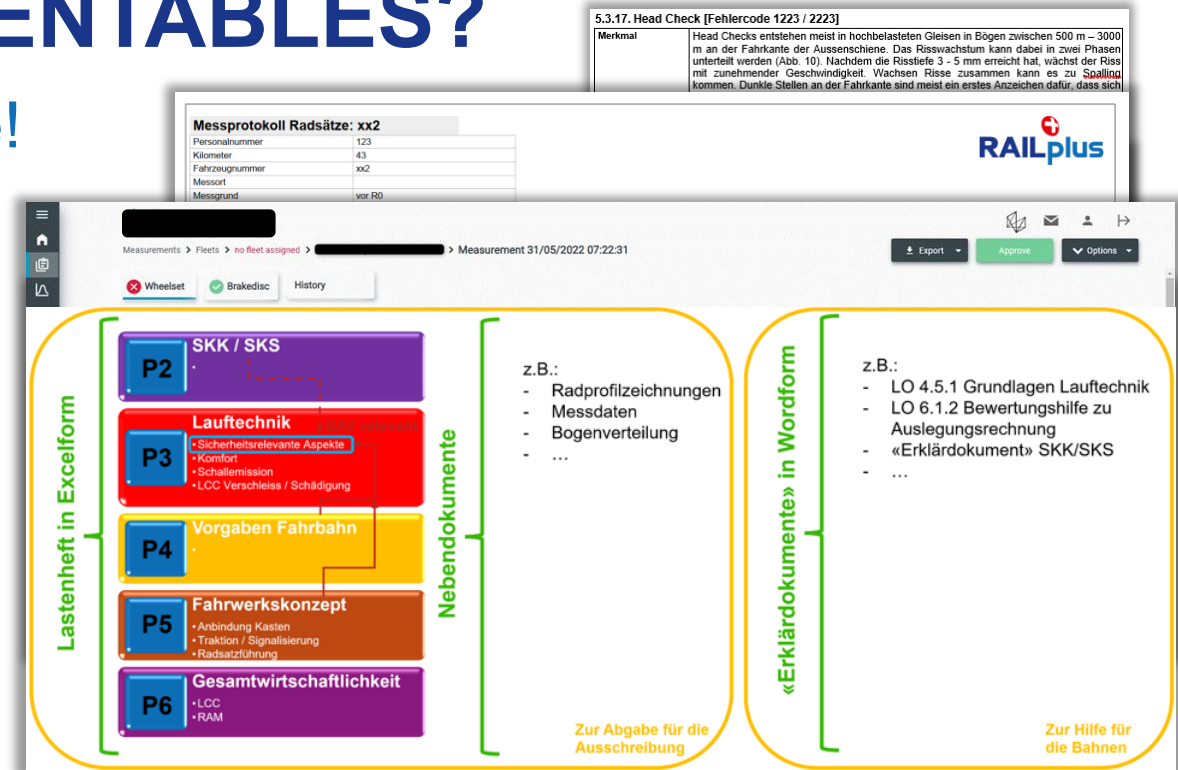
3. RÉSUMÉ



COMMENT DEVENIR PLUS RENTABLES?

Des recommandations à la mise en œuvre!

- Mise en place du profil roue/rail RAILplus
- Écartement min. 1003 mm
- Documents standardisés (p. ex. catalogue des dommages)
- Usinage des rails et uniquement là où cela est nécessaire
- SKK/SKS adapté aux besoins
- Fixation et éléments intermédiaires appropriés
- Plan de mesure RAILplus pour CALIPRI
- Optimisation de la traction
- Base de données commune sur les essieux
- Recommandations de matériaux spécifiques au ferroviaire
- Cahier des charges harmonisé pour les châssis



- **Amélioration de la sécurité et de la rentabilité grâce à la bonne combinaison véhicule/infrastructure et à l'analyse/l'évaluation commune des interactions.**
- **La numérisation et la maintenance basées sur l'état réduisent les coûts et augmentent la disponibilité (qualité).**
- **La résolution commune des problèmes dans les nouveaux centres à voie métrique augmente également la rentabilité.**

Tous confrontés aux mêmes «défis» – Solution: l'union fait la force!

CONTACT



Friedrich-Christian Walther

+41 (0) 79 621 36 66

Responsable de la flotte

Responsable de projet RAILplus P3 Interaction roue/rail

Corresponsable du centre de compétences Voie métrique
Interaction (CCVM-I)

friedrich-christian.walther@zentralbahn.ch

NOUVEAU: MSZ-I@zentralbahn.ch



MERCI!



RAILplus
Interaction