



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!



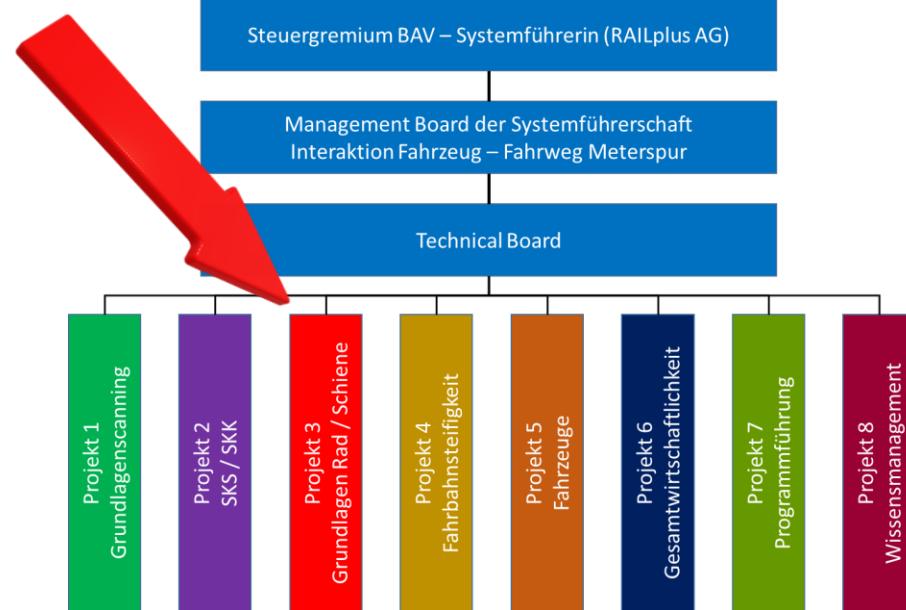
**22 compagnies**



**1450 km de  
voie métrique**

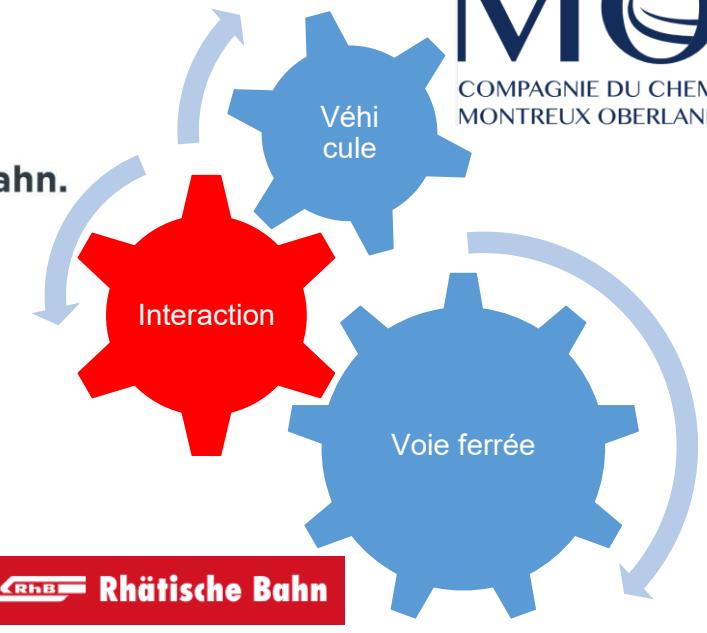
# INTERACTION VÉHICULE – VOIE FERRÉE

De la maîtrise de système aux centres de compétences Voie métrique



**Centres Voie métrique  
(CCVM)**

zb Die Zentralbahn.



 Rhätische Bahn

  
matterhorn  
gotthardbahn

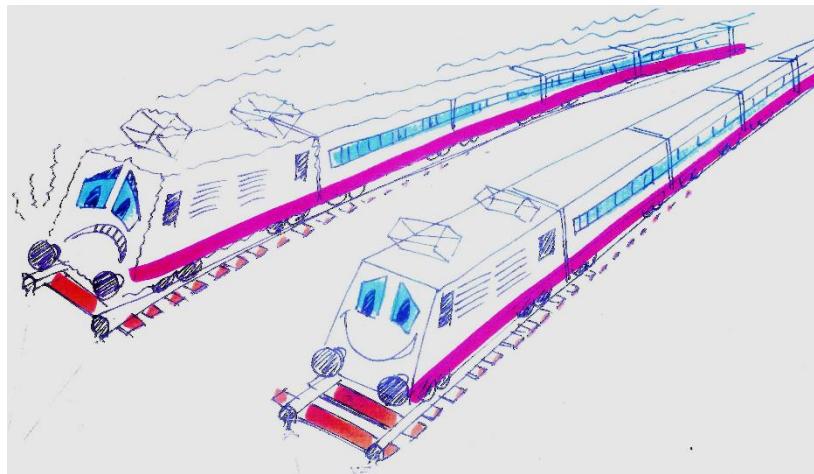
# 1. VERS UN PROFIL DE ROUE ADAPTÉ À L'USURE

# 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)

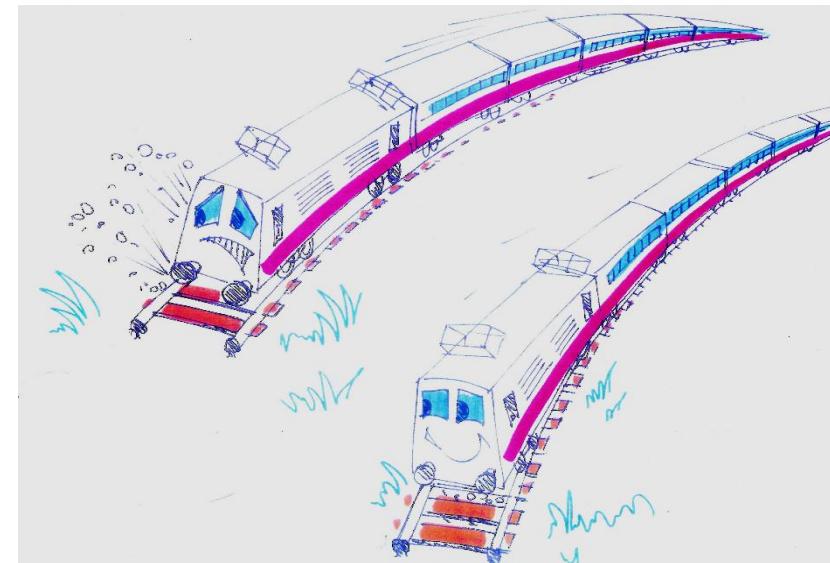


- Conicité trop élevée → Conduite instable (instabilité des bogies/tangage)
- Conicité trop faible → «Low frequency body motions» (vibrations dans le châssis)
- **Couplage optimal des profils: équilibre délicat entre des conicités trop faibles et trop élevées, avec un bon fonctionnement dans les courbes.**

\* 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\*

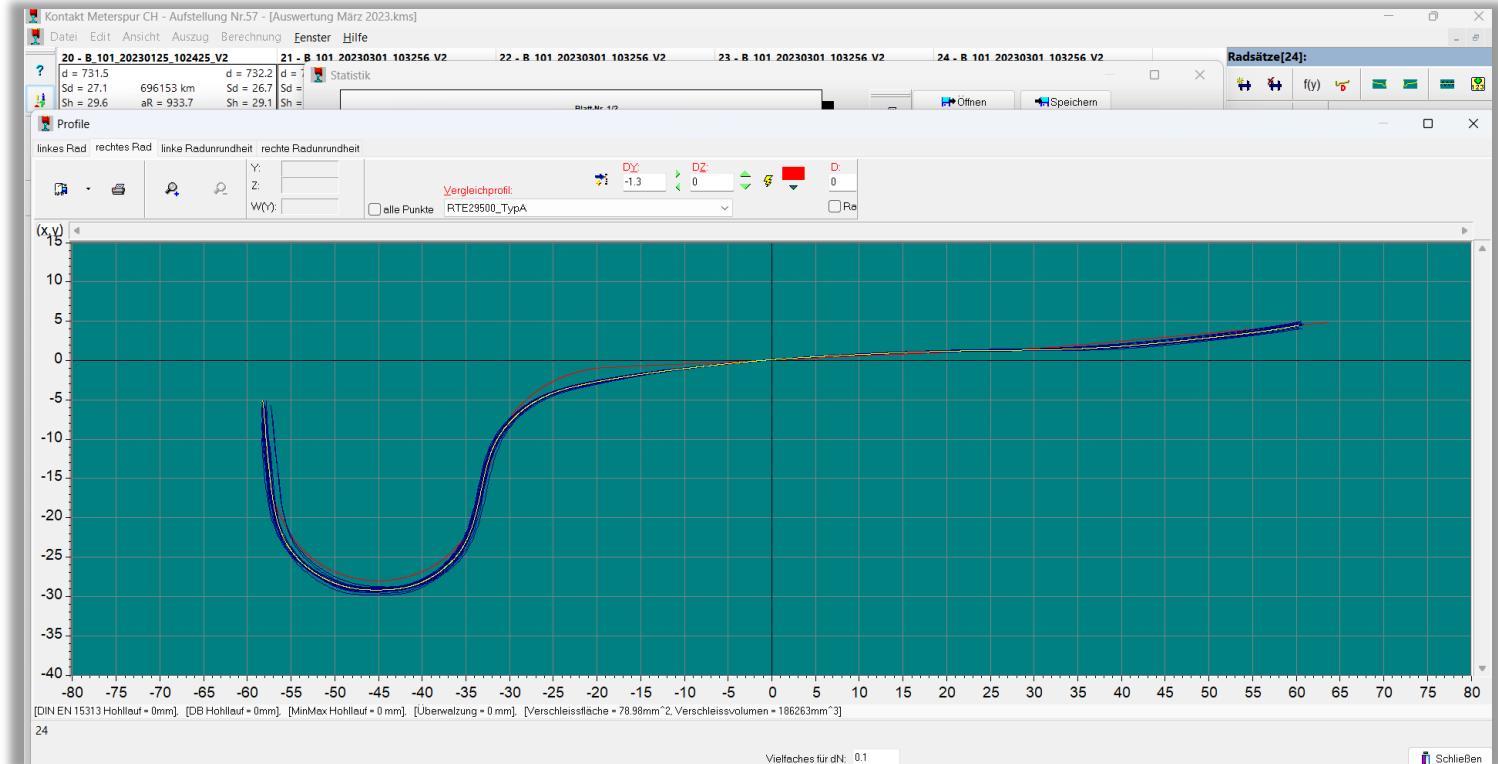
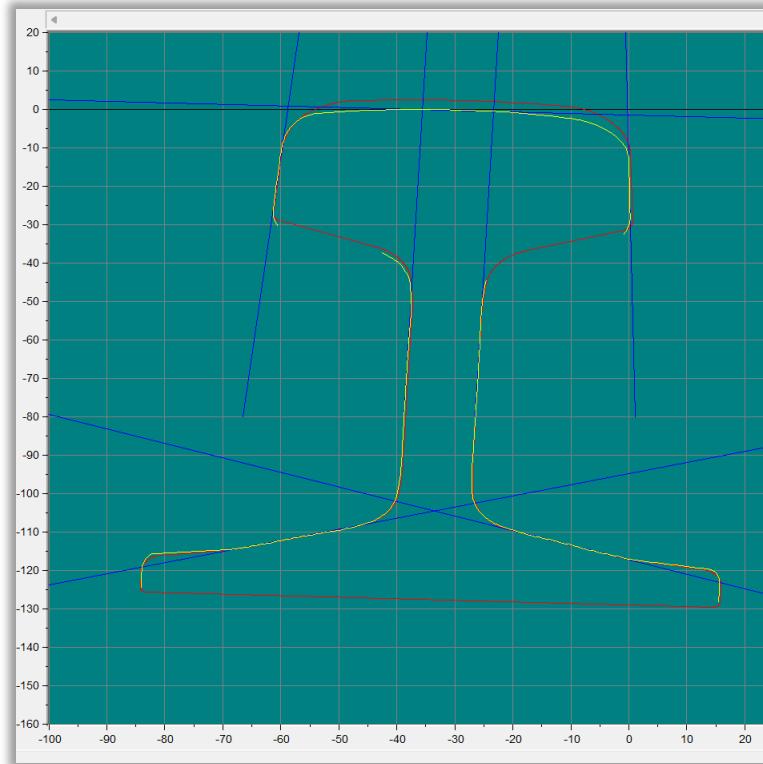
Importance pour la circulation dans les courbes



- 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!

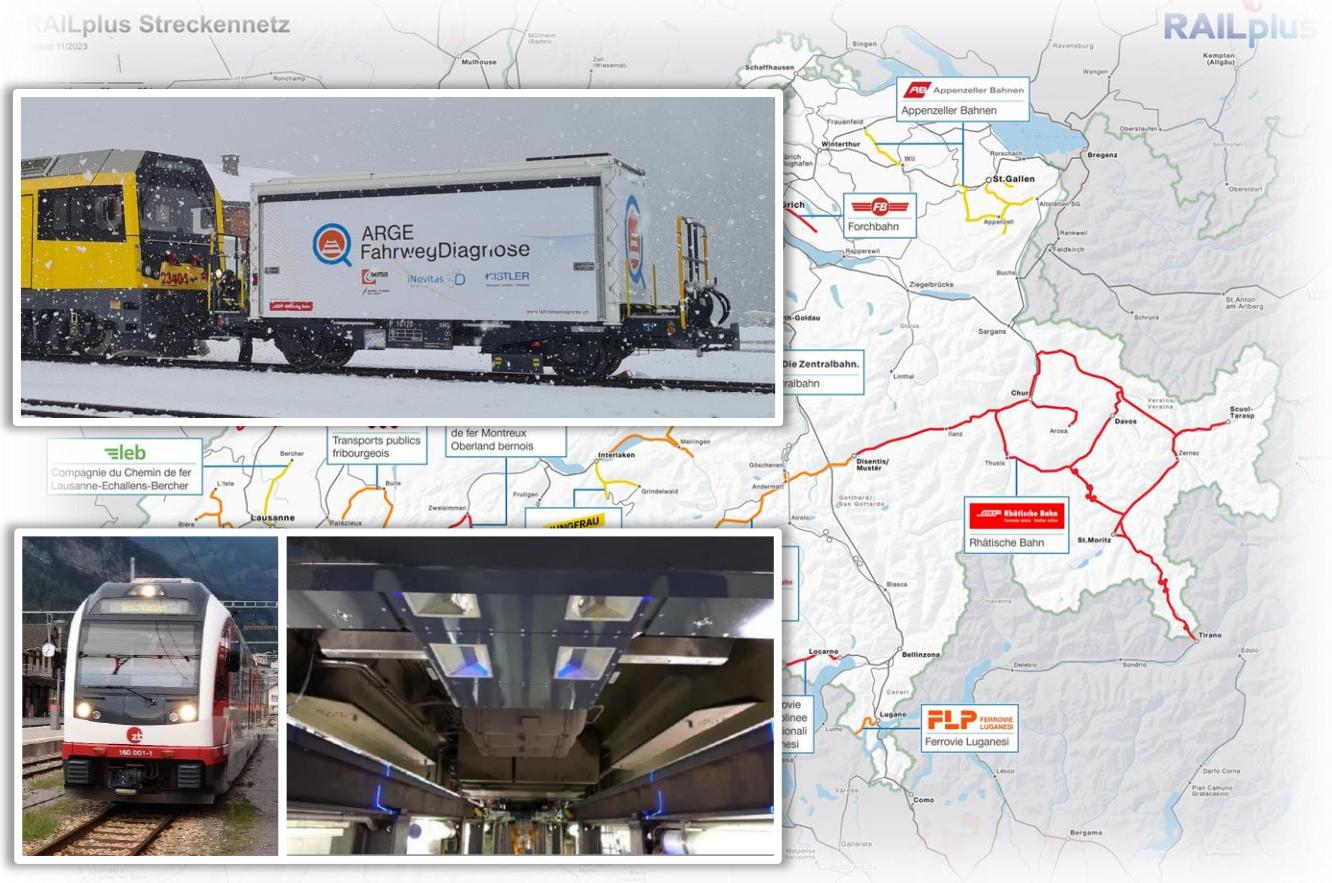
\*Graphiques tirés de «Gleis-/Rad-Kontakt Meterspur CH» Légendes: «rouge» = Nouveau profil / «jaune» = Profil d'usure moyen / «bleu foncé» = Profils d'usure individuels

# 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:

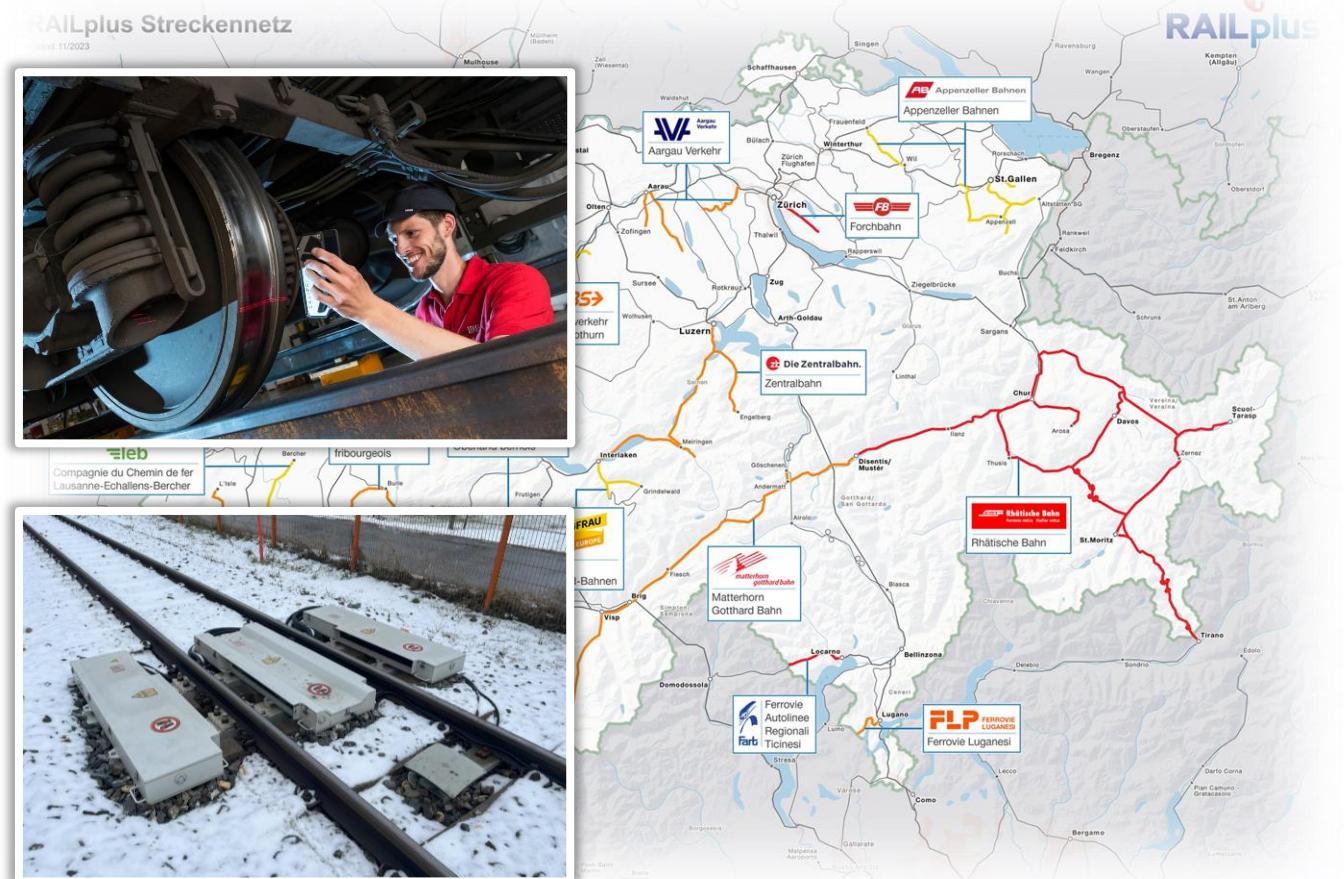
- Un grand nombre\* des 22 chemins de fer RAILplus utilisent CALIPRI pour la mesure du profil des roues
- Certains utilisent OPTIMESS et MINIPROF

### 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!

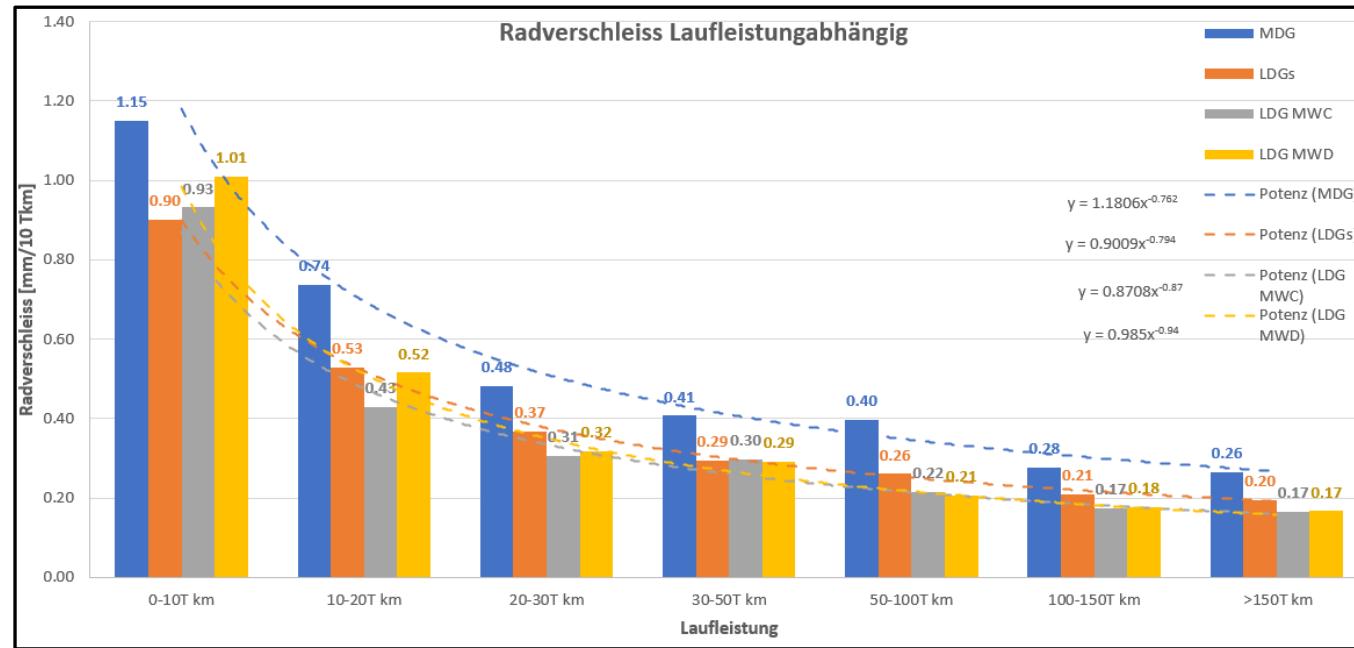


➤ **Sans données suffisantes sur le profil des roues, aucune évaluation ni amélioration ultérieure du profil n'est possible, ni pour les roues ni pour les rails.**

\* 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.

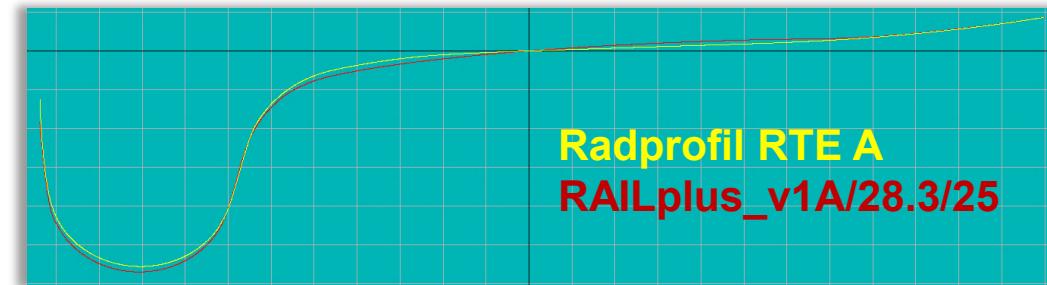
\*Auswertung vom RTZ (Capricorn) aus dem Jahr 2024.

# 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  $\geq 1003$  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)

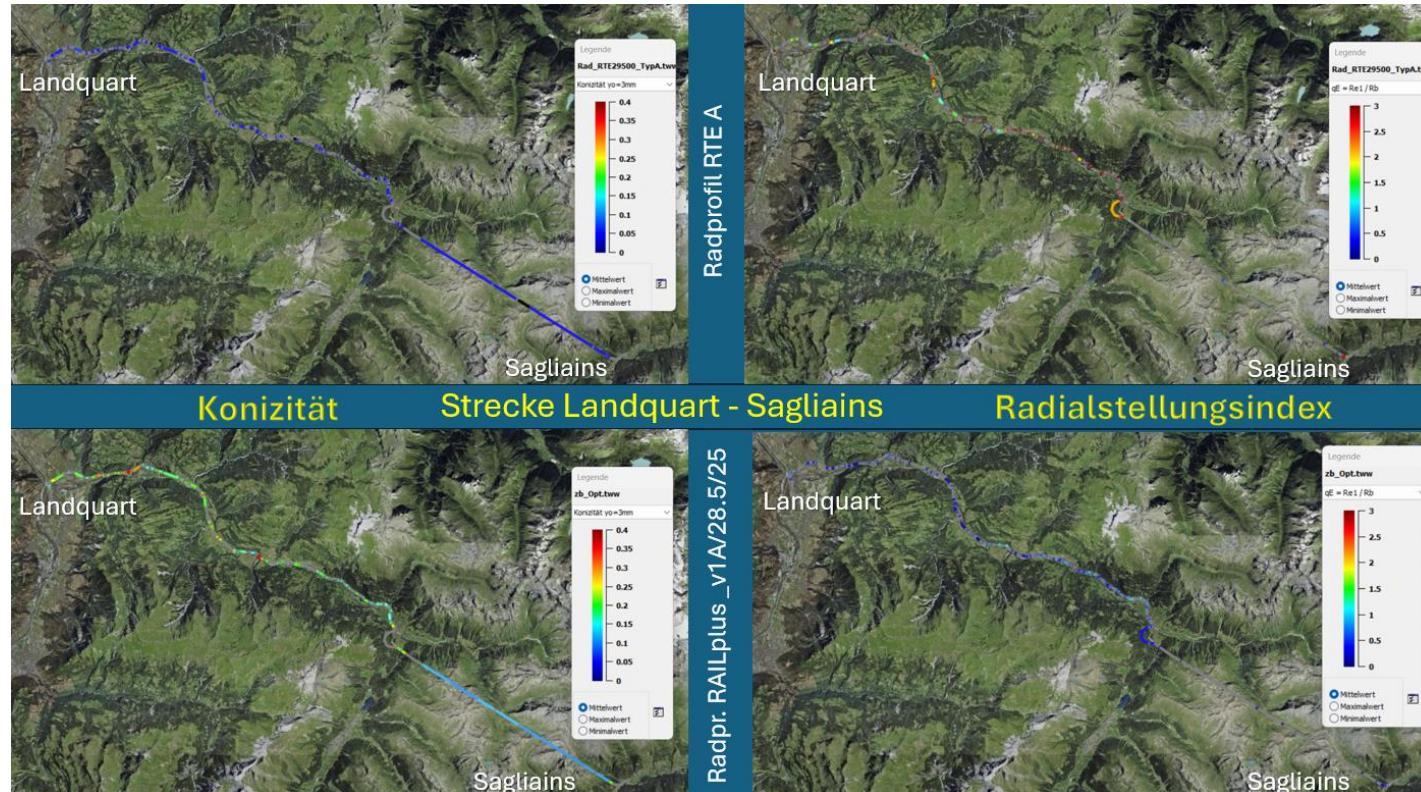


- **Objectif: moins de modification/d'usure du profil, kilométrage plus élevé et surface de contact plus large pour réduire les dommages causés à la roue/au rail.**
- **Il faut dans tous les cas éviter un écartement trop petit sur l'ensemble du réseau, écartement (min.) de 1003 mm.**
- **Entr. des rails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



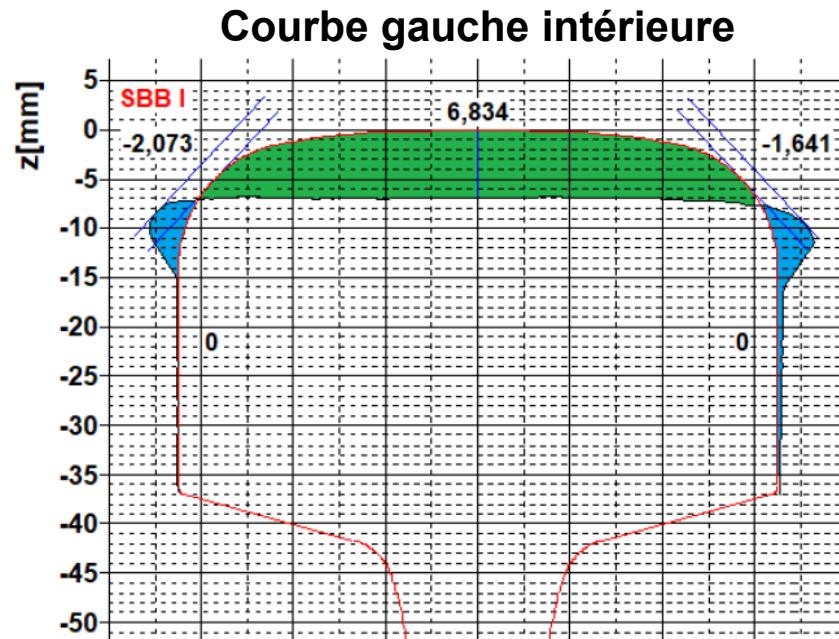
➤ Cela permet de prendre des mesures pour les véhicules/voies (p. ex., profils des roues/rails, maintenance).

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

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

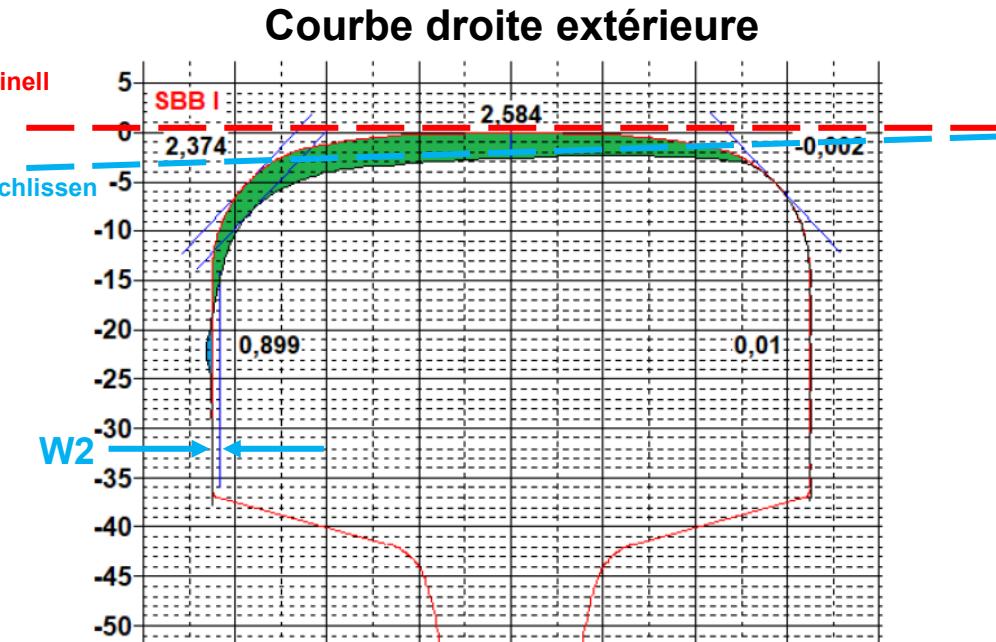
# ÉVOLUTION DE L'USURE DES RAILS

Exemple d'usure du champignon du rail @MGB\*



Neigung<sub>Fahrfläche\_nominell</sub>  
= Neigung<sub>Schienenfuss</sub>  
Neigung<sub>Fahrfläche\_verschlissen</sub>

**COURBE  
VERS LA  
GAUCHE**

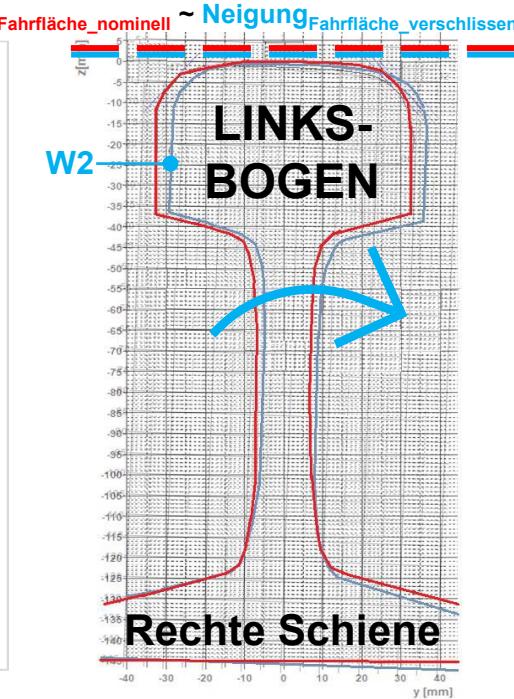
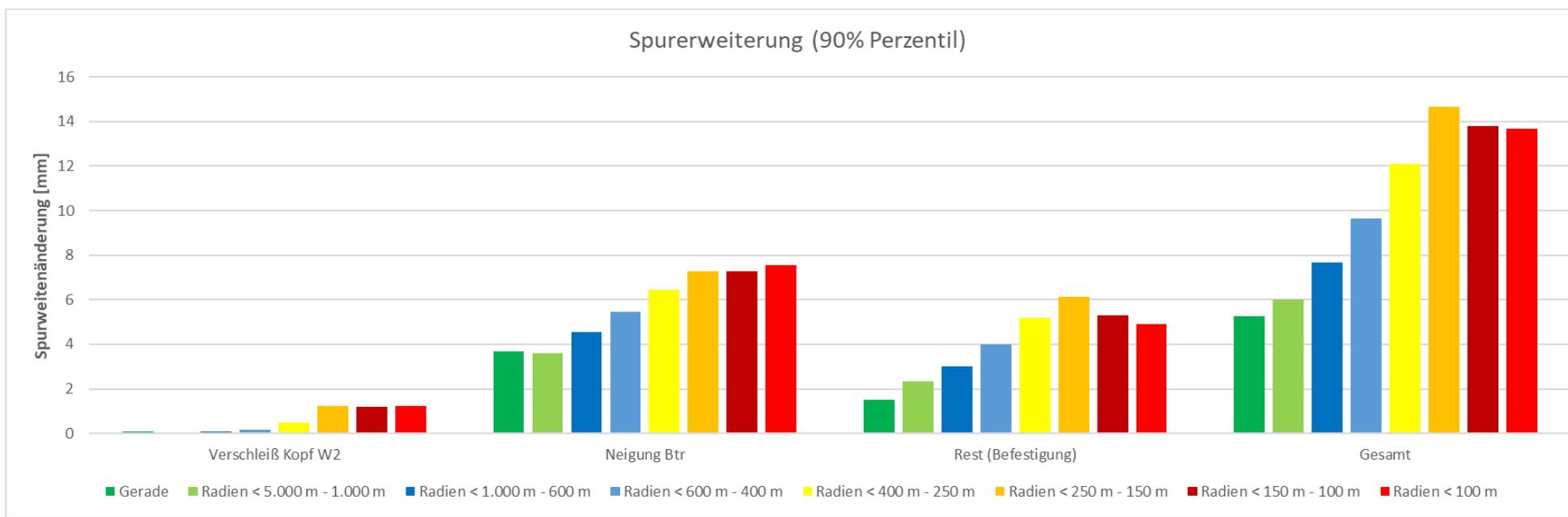


- Les rails intérieurs dans les courbes et les rails sur les lignes droites s'aplatissent.
- Le rail extérieur ne présente qu'une usure minimale des flancs (W2).
- La déclivité de la voie ne correspond plus à celle du champignon du rail et la grande zone d'usure se met «à pencher».
- Pas d'usinage des 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.

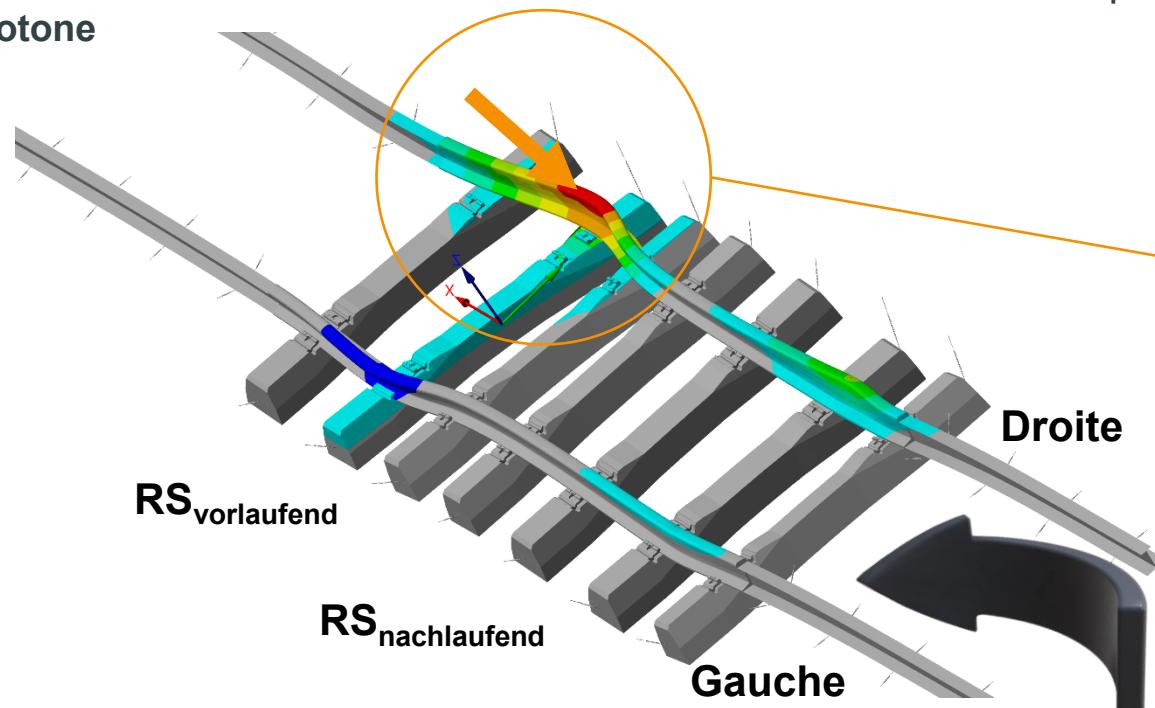
\* Évaluation des données de mesure du véhicule ARGE FahrwegDiagnose à l'automne 2023 sur la ligne Brigue-Zermatt (MGB) par DB-Systemtechnik

# SIMULATION DE L'ÉLARGISSEMENT DES VOIES

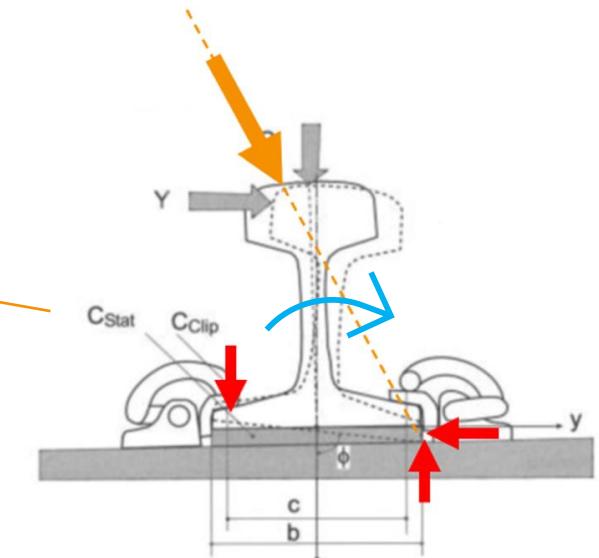
## Non causé par l'usure

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



**Courbe vers la gauche**



**À droite, courbe extérieure**

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

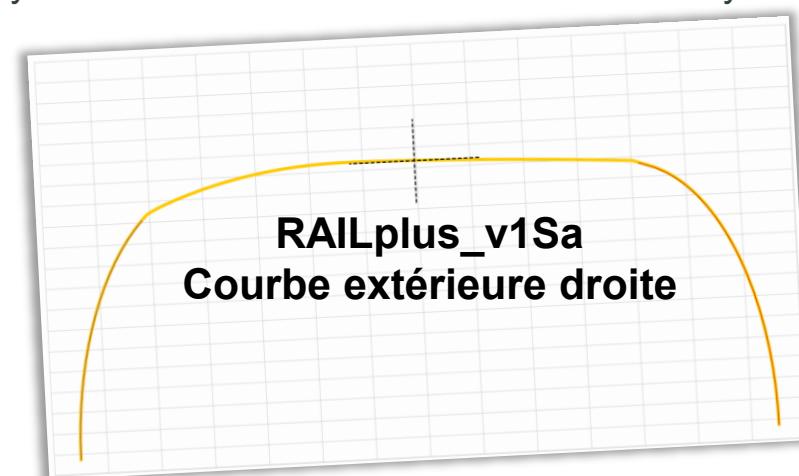
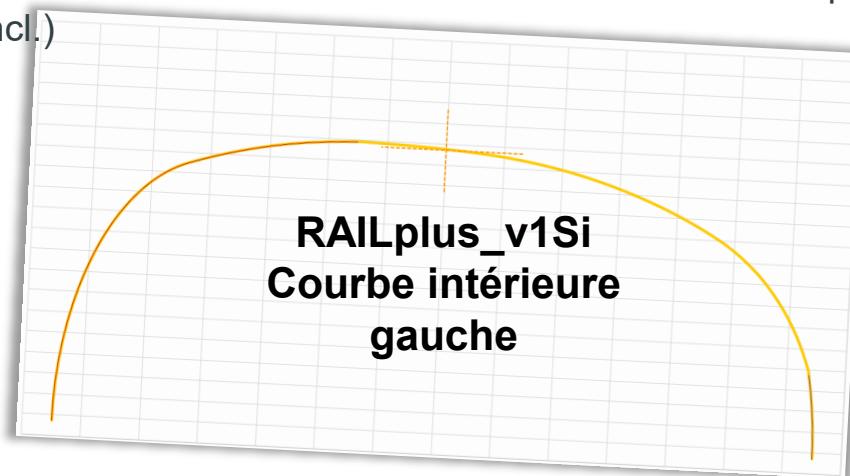
\*Mise en place et analyse réalisées par DB-Systemtechnik en 2025 et comparées aux données de mesure de MGB.

# 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.)



➤ **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.

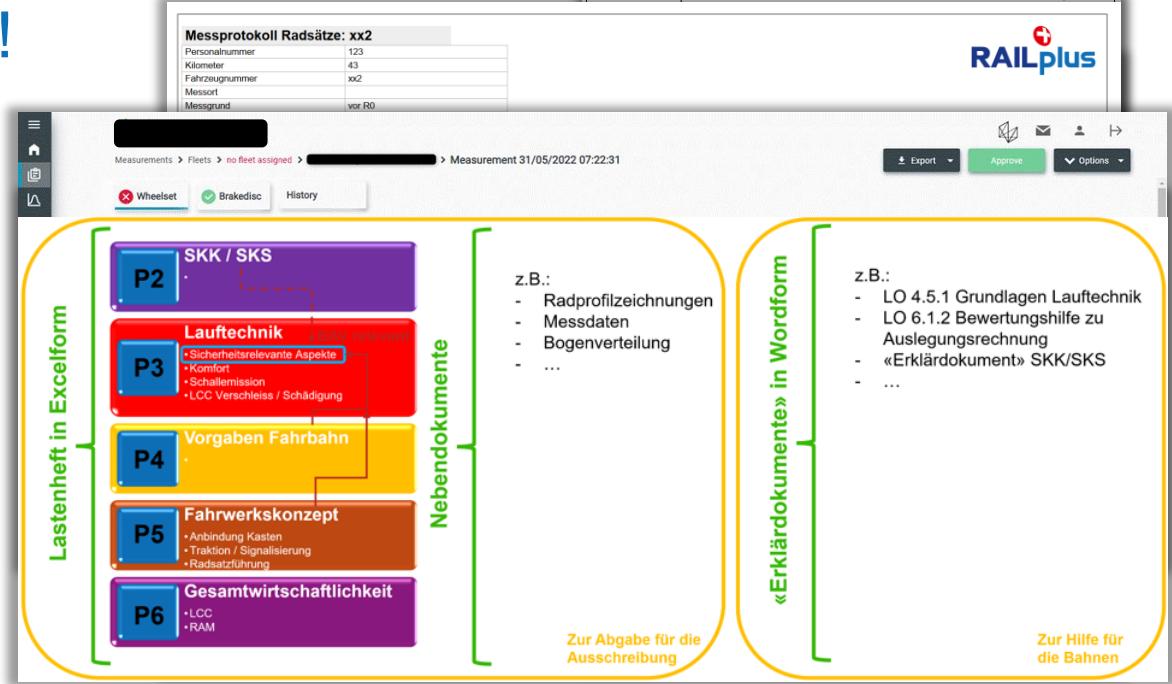


# COMMENT DEVENIR PLUS RENTABLES?

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

5.3.17. Head Check [Fehlercode 1223 / 2223]  
Merkmal: Head Checks entstehen meist in hochbelasteten Gleisen in Bögen zwischen 500 m – 3000 m an der Fahrkante der Außenschiene. Das Risswachstum kann dabei in zwei Phasen unterteilt werden (Abb. 10). Nachdem die Risslänge 3 - 5 mm erreicht hat, wächst der Riss mit zunehmender Geschwindigkeit. Wachsen Risse zusammen kann es zu Spalling kommen. Dunkle Stellen an der Fahrkante sind meist ein erstes Anzeichen dafür, dass sich...



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

[friedrich-christian.walther@zentralbahn.ch](mailto:friedrich-christian.walther@zentralbahn.ch)

**NOUVEAU: [MSZ-I@zentralbahn.ch](mailto:MSZ-I@zentralbahn.ch)**



# MERCI!



**RAILplus**  
Interaction