

Enrobés contre les îlots de chaleur : **Potentiel et exemples pratiques**

Erik Bühlmann, Grolimund + Partenaires SA
Dr. Tobias Balmer, Weibel SA
Conference JERI 2022, Écublens
8 novembre 2022



++G+P

INGENIEURE

Problématique

Problématique des îlots de chaleur



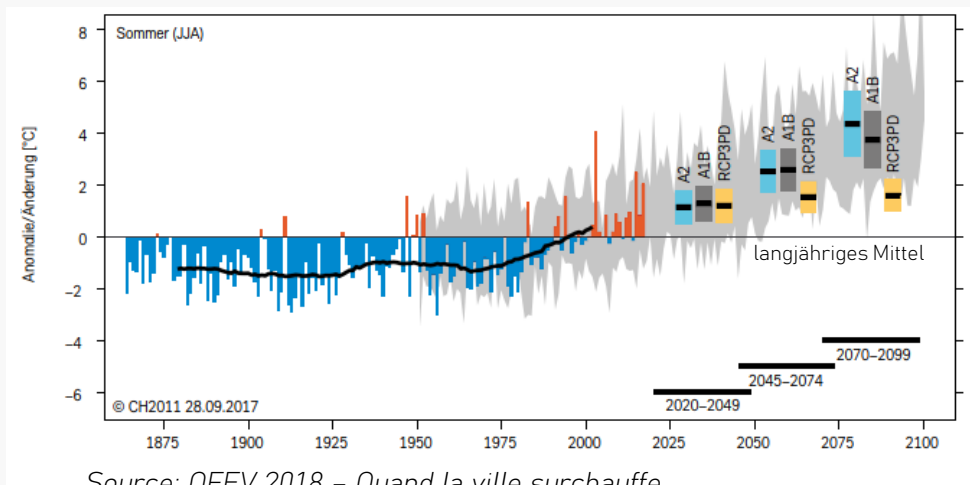
- Les surfaces sombres accumulent la chaleur et la restituent pendant la nuit
- Le stress dû aux îlots chaleur est très éprouvant pour le corps humain

Plus de canicules lors de la prochaine décennie

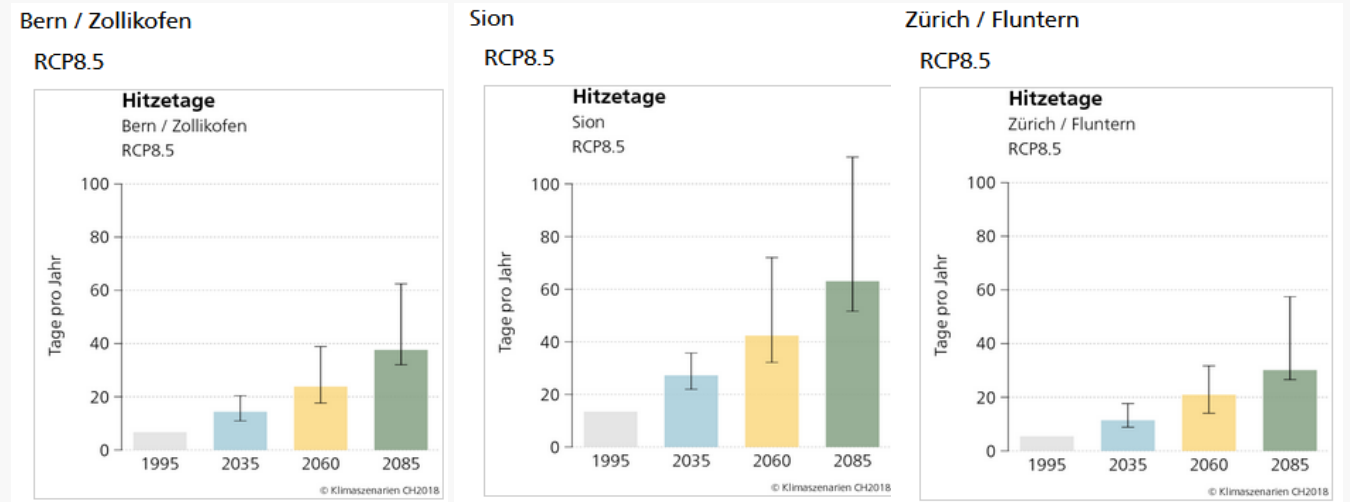


Augmentation attendue des températures et des canicules

Evolution des températures estivales CH: **Evolution des jours de canicules (> 30 °C):**



Source: OFEV 2018 – Quand la ville surchauffe



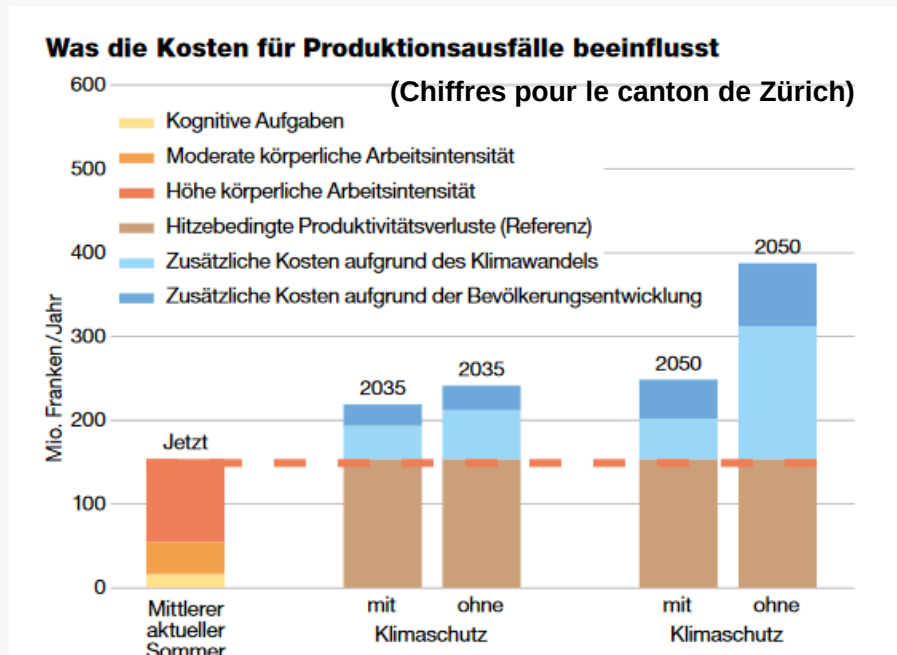
Source: NCCS 2018 – Atlas web CH2018

- Canicule : augmentation significative **+10 jours de canicule** -> 2035
- Planification actuelle urbaine : doit s'orienter sur le climat de 2035

Effets sur la santé du stress dû à la chaleur



Perte de productivité :



Source: Canton Zürich 2021 – Folgen des Klimawandels

Surmortalité due à la chaleur :

Sommer	Rangfolge der heissesten Sommer	Zusätzliche Todesfälle (Anzahl)	Übersterblichkeit (%)
2003	1	975	6.9
2015	2	804	5.4
2018	4	185*	1.2*
2019	3	521	3.5

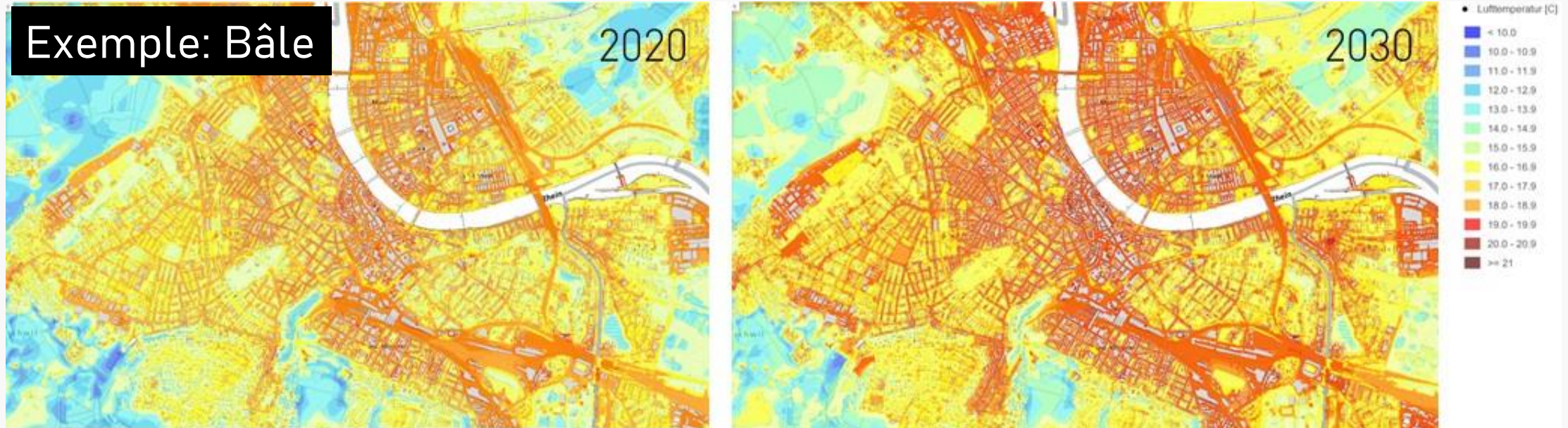
* statistisch nicht signifikant. Im Jahr 2018 beschränkte sich die Übersterblichkeit auf den Monat August (+3.4%).

Source: NCCS – changement climatique et santé

→ Perte de productivité CH : env. 450 mio. CHF/an *estimation

→ Surmortalité due à la chaleur : 200 à 1'000 décès supplémentaires / an

Grand potentiel des surfaces routières



Source: Géoportail canton de Bâle-Ville 2021

- Les rues représentent les surfaces les plus chaudes d'une ville
- Vue d'en haut, une ville se compose d'environ 20% de surfaces de rues

Un **grand potentiel** de réduction de l'effet d'îlot de chaleur provient des routes

Projet de recherche avec test de résistance



Titre: Réduire l'effet d'îlot de chaleur grâce aux **revêtements refroidissants**

Programme: Programme adaptation au changement climatique

Projet A.05 (Pilote OFEV climat: chef de section Roland Hohmann)

Direction de projet:



Grolimund + Partenaires SA



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Forschungspartner:



Weibel SA



Partenaires:

- Canton du Valais
- Canton de Bern
- Ville de Zürich



Tronçon test Sion

Tronçon test Bern

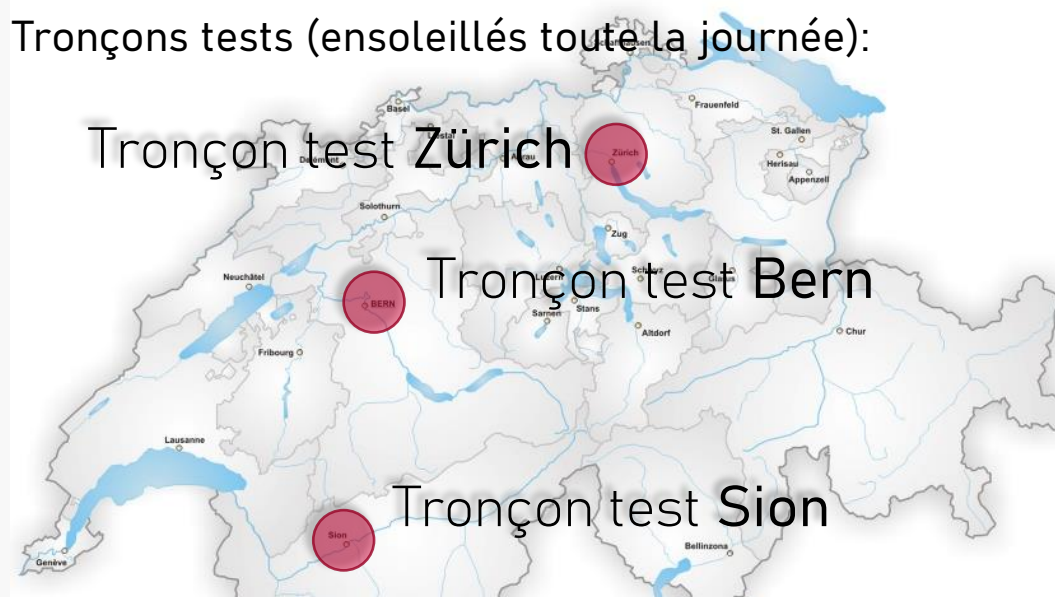
Tronçon test Zürich

Tronçons tests (ensoleillés toute la journée):

Tronçon test Zürich

Tronçon test Bern

Tronçon test Sion



Test de résistance des technologies : tronçons Sion & Bern avec env. 10000 véh / j



Solutions technologiques & Tronçon test

Recherche de nouvelles technologies de revêtement bitumineux

- Weibel SA conduit des recherches et développe l'«Urban Asphalt» depuis 2018.
- Zone d'essai sur le site d'une centrale d'enrobage dans le CT FR
- Essais en collaboration avec l'EPFZ/EMPA



Installation à l'EMPA Dübendorf, plaques de test, 2019-2020



Objectif et concept

Constat:

- L'éclaircissement de la surface produit un effet de refroidissement (effet Albedo) → évite la formation d'ornières.

Objectif:

- En se basant sur les recettes normées, éclaircir la surface des couches de roulement.
- Utiliser des matériaux éprouvés dans le domaine routier.

Synergies:

- Utiliser les enrobés semi-denses comme réservoir d'eau → potentiel de refroidissement passif.
- Réduire la conduction thermique grâce aux pores → combiner l'effet de refroidissement à celui de la diminution du bruit.

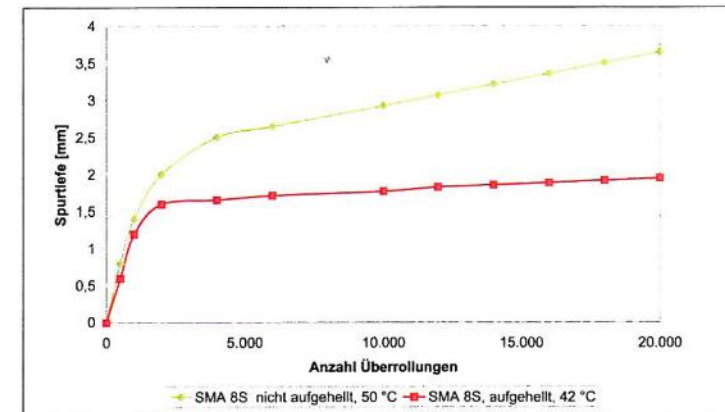
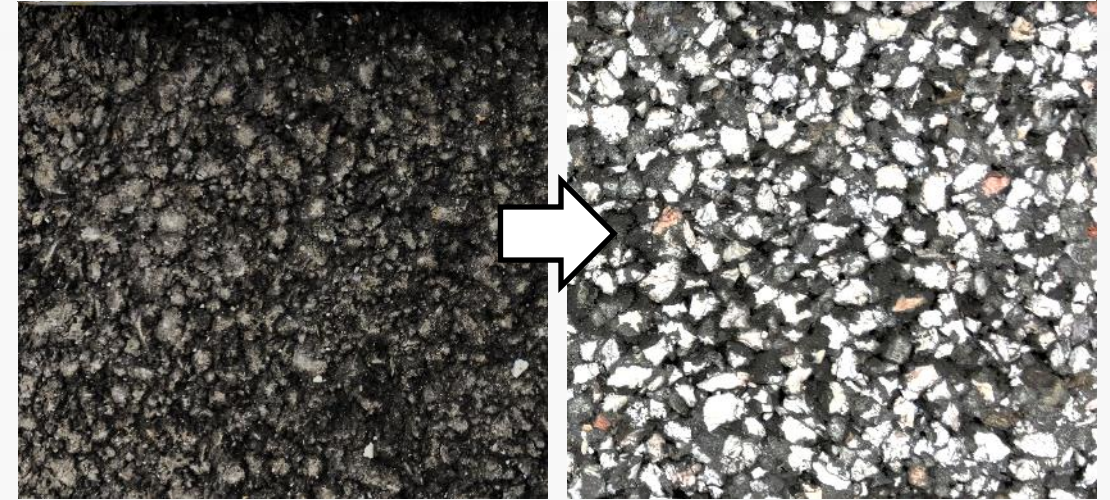
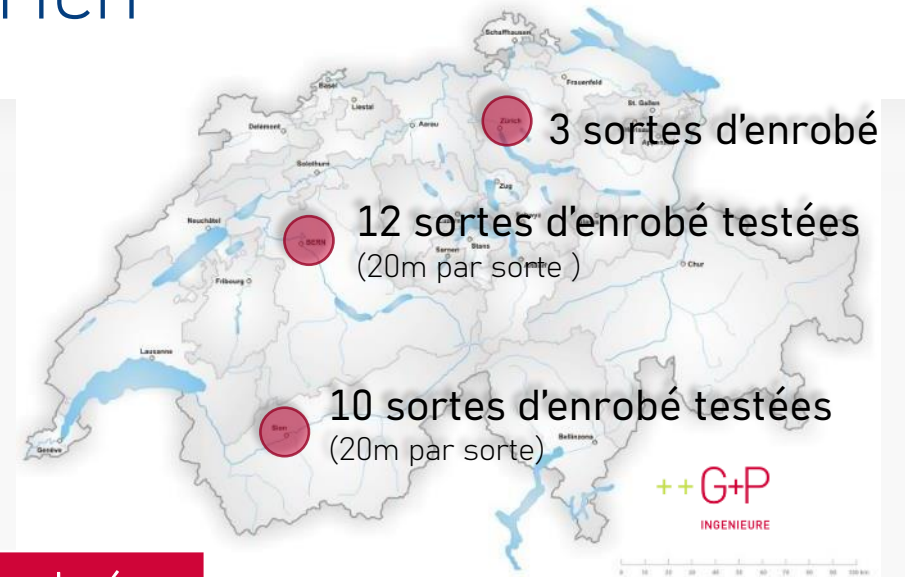


Abbildung 1: Spurbildungsversuch für aufgeheizte und nicht aufgeheizte Splittmastixasphalte SMA 8 S; die unterschiedlichen Prüftemperaturen simulieren den geringeren Erwärmungsgrad einer aufgeheizten Deckschicht

(Grafik: Zeitschrift «Asphalt», Juli 2009)

Planches d'essai à Berne, Sion et Zurich

- Pose en 2020 dans le cadre d'un projet de recherche de l'OFEV
- **4 technologies de base en compétition**
- 12 planches avec enrobés différents à Berne / 10 à Sion, y. c. surfaces de références posées par Weibel SA
- Monitoring par Grolimund+Partner



Peinture



2 variantes

AC 8 + peinture

Gravillonnage



6 variantes

SMA 8 +
gravillonnage clair

Rempl. gravillons



8 variantes SDA

SDA 4 / 8
remplacement gros
gravillons

Enrobé coloré



3 variantes

AC 8 bit. Albinos +
pigments

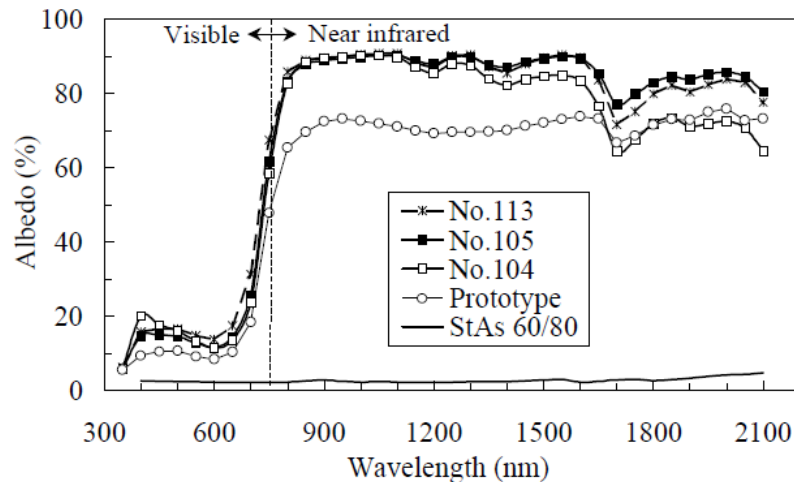


[Rapport de recherche](#) «Mit
kühlen Strassenbelägen den
Effekt von Hitzeinseln
reduzieren», consultable en
ligne → www.nccs.admin.ch

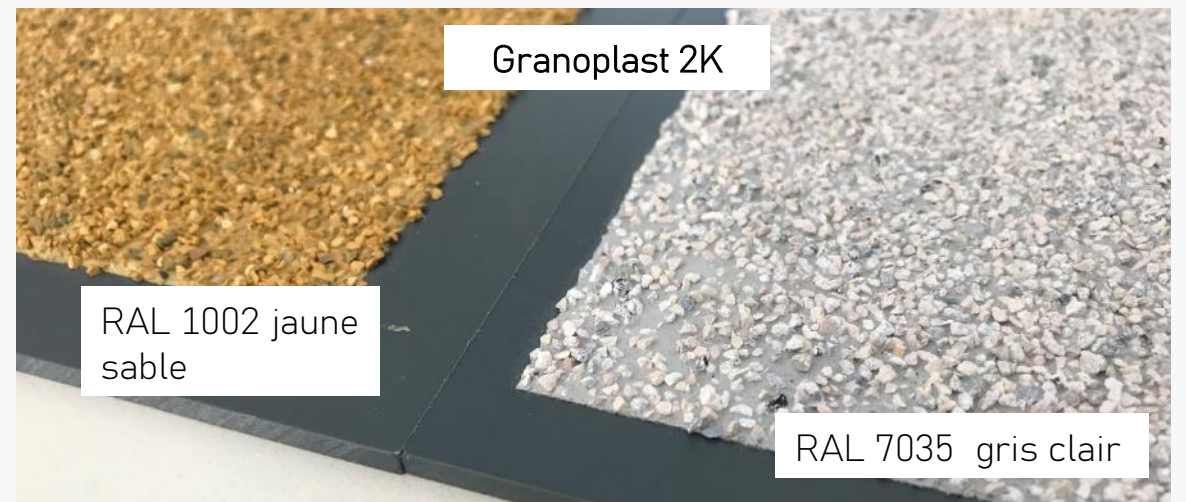
Peinture sur enrobé existant

Avantage: Possibilité de modifier de grandes surfaces d'enrobé existant

- Effet et durabilité fortement dépendants du matériau utilisé et de l'épaisseur de couche appliquée
- Risque à prendre en compte concernant la sécurité pour les surfaces circulées
- Concept utilisé actuellement pour des tests aux Etats-Unis
- Réflectivité adaptable selon le choix des couleurs



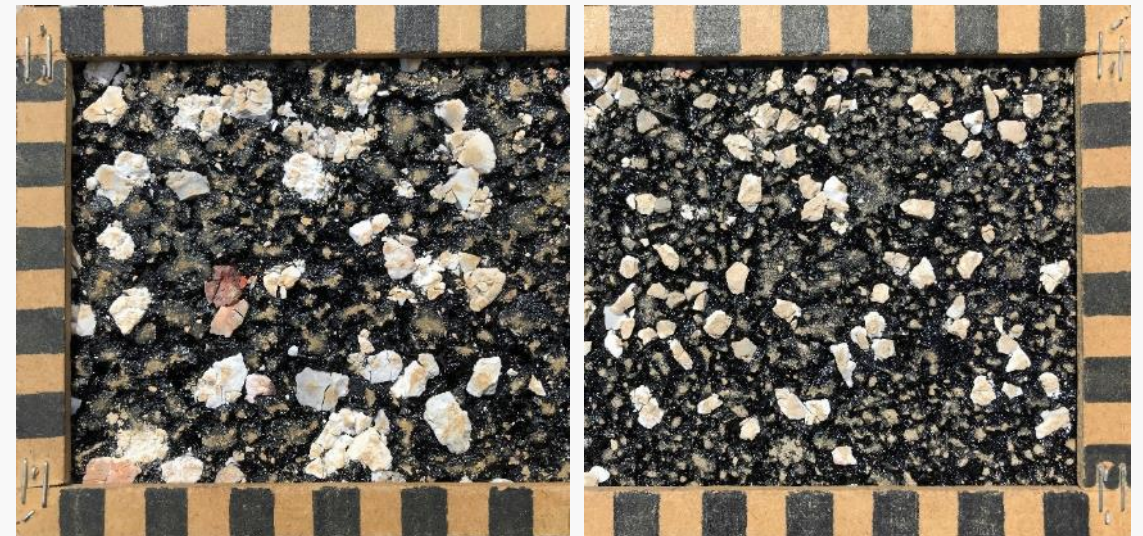
(Source: Kinouchi, T., Yoshinaka, T., Fukae, N., & Kanda, M. (2003))



Couche de roulement avec gravillonnage clair

Variante la moins chère en cas de remplacement de la couche de roulement.

- Pas de traitement ultérieur nécessaire
- Concept qui a fait ses preuves (p. ex. asphalte coulé avec gravillonnage clair)
- Difficulté pour l'asphalte roulé: incrustation des grains dans l'enrobé
- La formulation de l'enrobé, la densité du gravillonnage et la méthode de pose ont une grande influence sur la durabilité!



Enrobé avec «remplacement des gravillons»

Les gravillons clairs sont directement intégrés au mélange.

- Une ou plusieurs fractions granulaires peuvent être remplacées, typiquement plutôt les gros grains.
- Variations possibles, idéal pour les enrobés poreux ou semi-denses (PA, SDA).
- Noir après la pose → traitement ultérieur nécessaire.
- Alternative: attendre que le bitume s'enlève naturellement en surface.



Enrobé coloré clair

Pose conventionnelle d'un enrobé spécial produit en centrale d'enrobage.

- Bitume albinos avec pigments et gravillons blancs ou colorés au choix.
- Idéal pour les places et les aménagements extérieurs.
- Durée de vie limitée sous trafic.



Aperçu des coûts supplémentaires et des domaines d'application

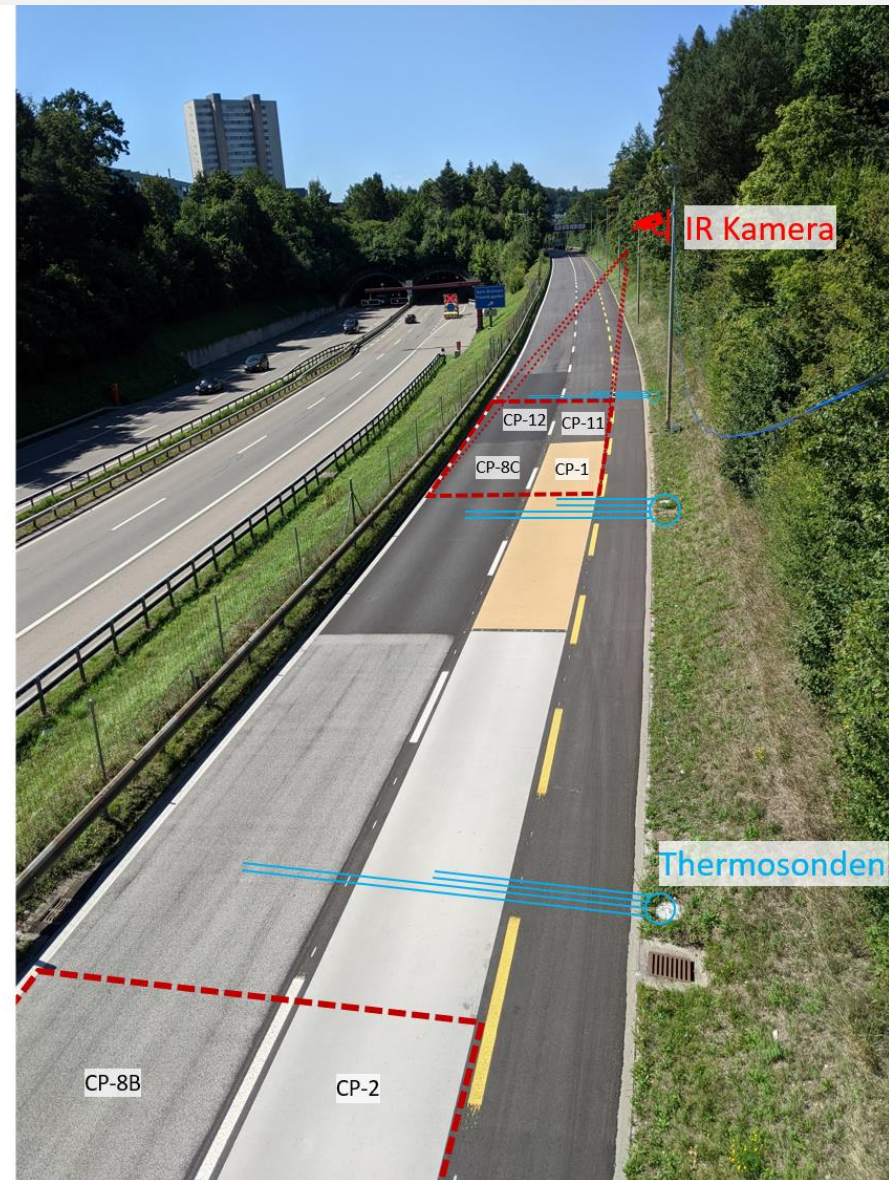
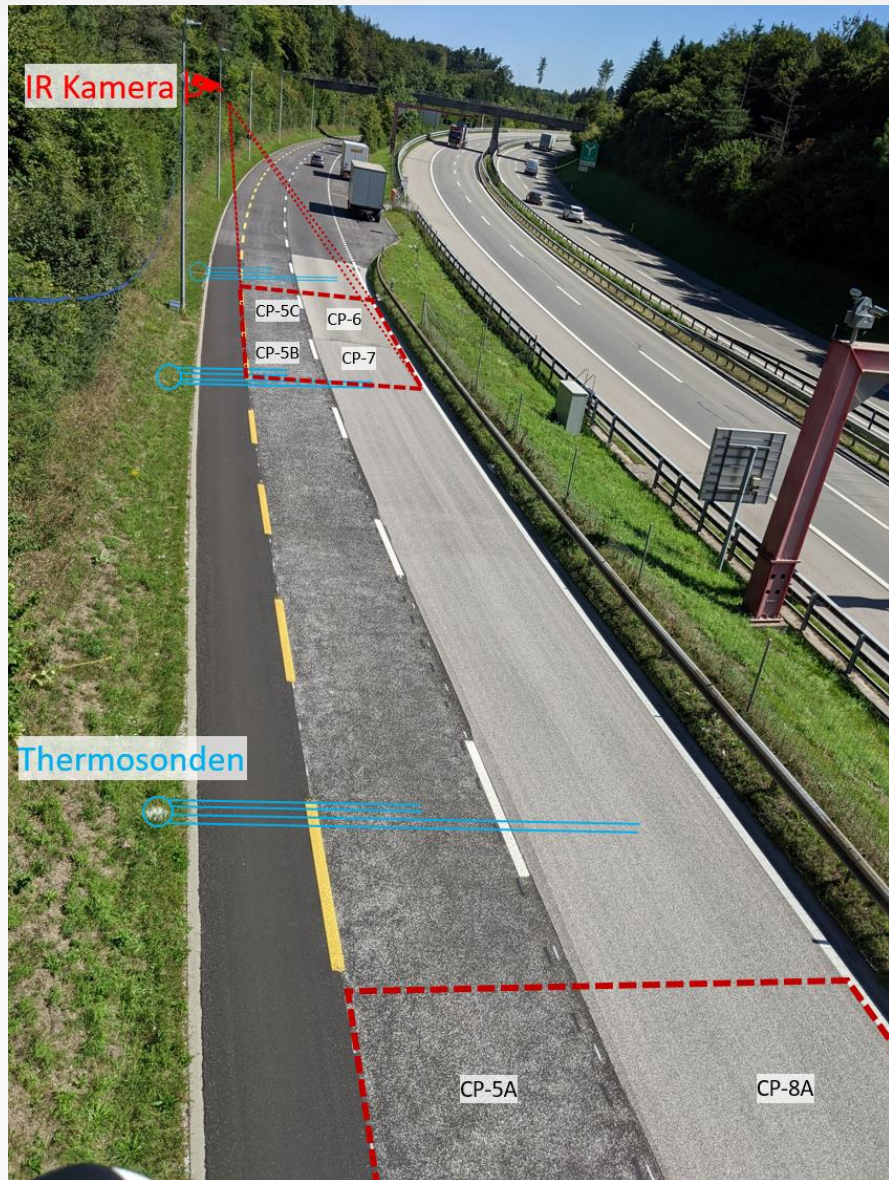
Peinture	Gravillonnage	Rempl. gravillons	Enrobé coloré
			
60-90 CHF/m ²	2-8 CHF/m ²	20-40 CHF/m ²	50-80 CHF/m ²
Infrastructures existantes	Remplacement de la couche de roulement	Remplacement de la couche de roulement	Remplacement de la couche de roulement
Utilisation flexible	Faible coût	- Durée de vie max. - Combinaison avec effet phono-absorbant possible	Aménagement de places



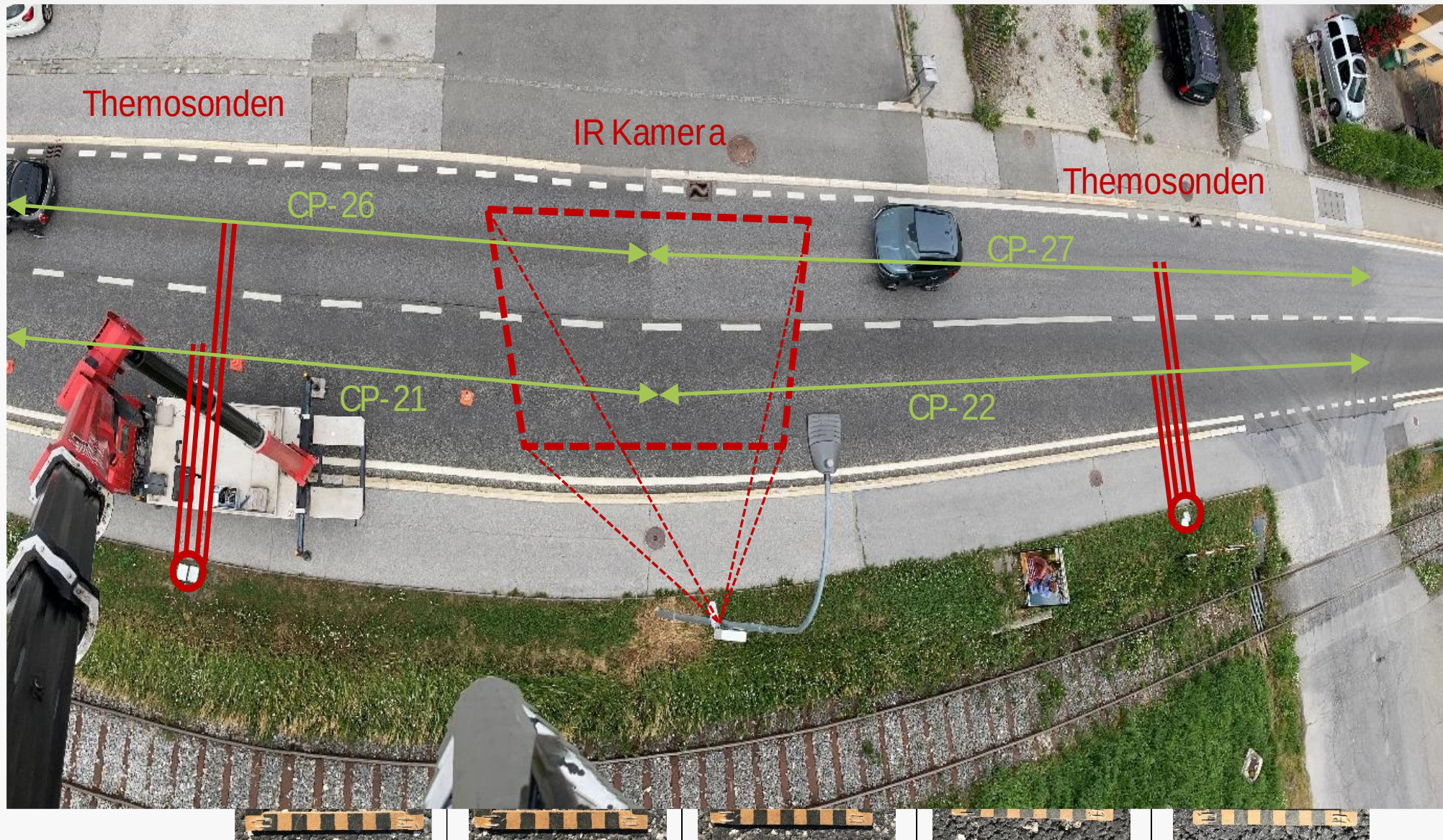
INGENIEURE

Concept de mesure

Concept de mesure du tronçon test à Bern



Concept de mesure du tronçon test à Sion



...quel est l'effet rafraîchissant des revêtements?



température par infrarouge



mesures de l'albédo



... et qu'en est-il de la réduction du bruit?



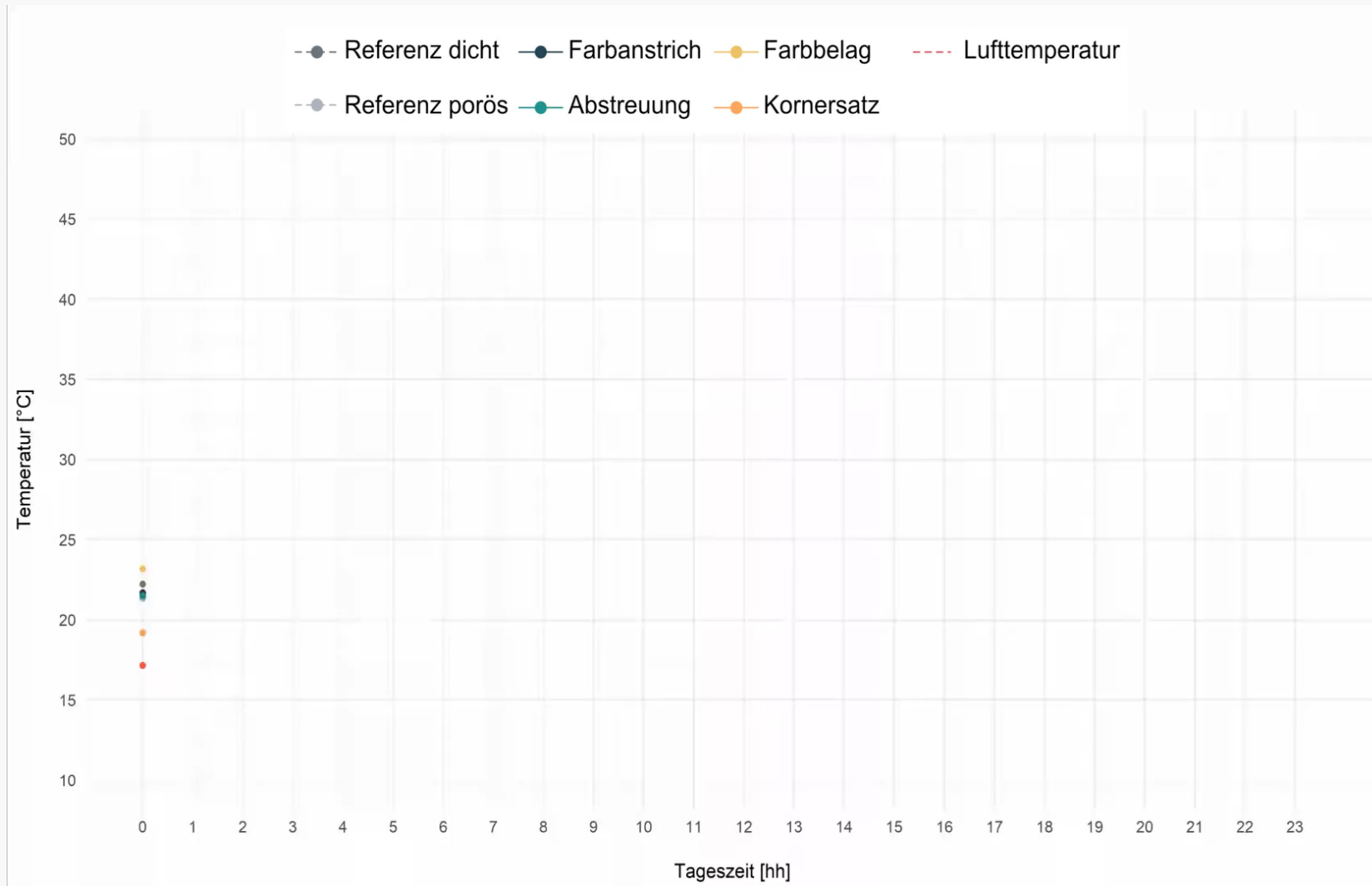
Réduction combinée bruit/chaleur possible?



INGENIEURE

Résultats & Synthèse

Résultats (evolution de la température sur une journée)



Résultats 2020-2022 – Synthèse à Bern



Poren	Bauart	Typ	Belagsabschnitt	Technologie	ΔT [K]		Albedo [-]		MV8 [dB]		baulicher Zustand
dicht	Abstreuerung	SMA 8	CP-5C	700 g/m ² , 5-8 mm, weiss	↘↘	1.6	→	0.14	→→	-2.7	↘↘
			CP-5B	1100 g/m ² , 5-8 mm, weiss	↘↘	1.1	→	0.15	↘→	-2.3	↘↘
			CP-5A	650 g/m ² , 2-5 mm, weiss	↘→	-0.3	→	0.14	↘→	-3.0	↘↘
	Farbanstrich	AC 11	CP-2	RAL 7035 lichtgrau	→→	-3.1	→	0.24	↘↗	-6.7	↘→
			CP-1	RAL 102 sandgelb	→↘	-2.6	→	0.28	↘↗	-6.6	↘→
	Standard		CP-11	-	Ref	Ref	→	0.13	→↗	-4.0	→→
	Farbbelag	AC 8	CP-6	farbloses Bitumen, weisse Pigmente	→↘	0.4	↗	0.17	→↗	-4.2	→→
offenporig	Kornersatz	SDA 8-12	CP-7	helles Gestein (wassergestrahlt)	→↘	-4.4	↗	0.24	↘↘	-4.8	→→
		SDA 4-16	CP-8A	helles Gestein (wassergestrahlt)	→→	-4.9	↗	0.23	↘↘	-5.0	→→
			CP-8B	helles Gestein (geschliffen)	→→	-3.4	↘	0.20	↘→	-5.0	→→
			CP-8C	helles Gestein (unbehandelt)	↗→	-2.8	→	0.18	↘↘	-5.4	→→
			CP-12	-	→→	0.4	→	0.10	↘→	-5.1	→→
	Standard										

Résultats 2020-2022 – Synthèse à Sion



Typ	Bauart	Belags- abschnitt	Kornerersatz/ Abstreuerung	Behandlung/ Menge	 ΔT [K]	 Albedo [-]	MV8 [dB]	baulicher Zustand
SDA 4-12 (lärmarm)	Kornerersatz	CP-21	50 % hell	keine	→↗ -1.7	→ 0.15	↘↘ -2.8	→→
		CP-22*	50 % hell	Schliff	↘→ -2.3	→ 0.16	↘↘ -2.8	→→
		CP-23	100 % hell	Schliff	→→ -4.2	↘ 0.18	↘↘ -2.8	→→
		CP-24	100 % hell	keine	↗↗ -4.3	→ 0.18	↘↘ -2.9	→→
	Ref	CP-25**	kein	keine	-- -1.8	→ 0.13	↘↘ -2.9	↘→
SMA 8	Abstreuerung	CP-26	2/5 mm, gelb	750 g/m ²	Ref	↗ 0.14	↘↘ -1.7	↘↘
		CP-27	2/5 mm, weiss	750 g/m ²	↘→ -0.3	↗ 0.14	↘↘ -1.5	↘↘
		CP-28*	2/5 mm, weiss	600 g/m ²	↘↗ -1.0	→ 0.15	↘↘ -1.5	↘↘
		CP-29	5/8 mm, gelb	900 g/m ²	↘→ -1.2	→ 0.14	↘↘ -1.2	↘↘
	Ref	CP-30**	keine	keine	-- -0.4	↗ 0.13	↘↘ -1.2	↘→

* Ausfahrt Industrie (Schmutz), **Beschleunigungsstrecke Kreisel

Synthèse



A
B
C

Utilisation:

Conseillé quand...

Technologies recommandées

Infrastructure routière intacte, revêtement dense (p. ex. AC), surface pas trop rugueuse

Durabilité limitée, optimiser l'intégration des granulats dans le mastic

Technologies recommandées

Réaménagement de la place/zone piétonne, comme élément d'aménagement

Remplacement de la couche de roulement nécessaire, routes bruyantes

Type de technologie:

Peinture

Diffusion

Rev. coloré

Rempl. grain

Principe:



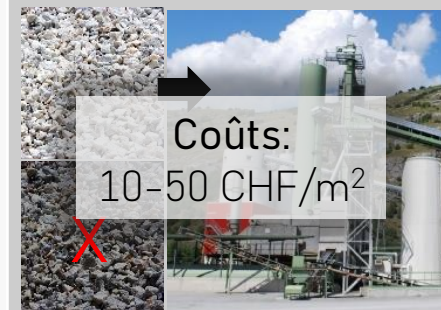
Coûts:
60-90 CHF/m²



Coûts:
2-8 CHF/m²



Coûts:
50-80 CHF/m²



Coûts:
10-50 CHF/m²

Construction:

AC 8 + peinture

SMA 8 + Diffusion
roche claire

AC 8 (Revêtement
coloré, roche colorée)

SDA 4 -16 Rempl.
grains par roche claire

Exécution:

Gris clair

Pré-enrobé, 650-900gr

Gris clair

50-100% roche claire,
poncé/lavé

Effet refroidissant*:

-2 à -3°C

0 à -0.5°C

0 à -2°C

-4 à -6°C

Diminution du bruit*:

-6 à -7 dB

-2 à -3 dB

-3 dB

-3 à -6 dB

* la troisième année après la mise en service (après env. 300'000 passages, dont env. 30'000 poids lourds), une évolution dans le temps est à prévoir



INGENIEURE

Conclusions & Recommendations

Conclusions & Recommendations



Fort effet refroidissant atteint par les meilleurs produits



-4 à 6°C



En même temps une importante réduction du bruit



-6 à -5 dB



Pour différent mode d'utilisation il existe une technologie à disposition

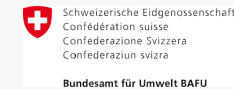


Premiers résultats positifs quant à la durabilité (technique & efficacité!)



Bonne faisabilité, processus de production et de pose à optimiser

Rapport de recherche: nccs.admin.ch



Les premiers technologies sont prêtes, il est temps de les utiliser !

D'autres optimisations des formules seront réalisées dans le cadre d'un projet de recherche de l'OFROU 2023-25. L'accent est mis sur l'utilisation de matériaux locaux.