

Recycling in situ

Ein Beitrag zur Nachhaltigkeit im Straßenbau

1



Warum ist dies wichtig?

Land will weniger Erdaushub verschwenden

Erlass des Verkehrsministeriums sieht vor, Bodenmaterial beim Straßenbau im Land vor Ort wiederzuverwenden

VON ANNIKA GRAH

STUTTGART. Das Land Baden-Württember will beieigenen Straßenbaumrbeitensämtl ches dazu geeignetes Bodenmaterial vor O verwenden. Das hat das Verkehrsminist rium in einem Erlass Anfang Februar ver fügt, wie ein Sprecher unserer Zeitung be stätigt. Der Erlass gilt für Land- und Bur desstraßen, vorerst zudem für Autobalme. Auch gering belastetes Recyclingmateris soll, wenn möglich, etwa außerhalb vos soll, wenn möglich, etwa außerhalb vos

den,zum Beispiel abgedichtet unterhalb der Asphaltdecke.

i atsacnien ist es so, assa janrien in inner noch Tonnen von um- oder kaum belastetem Boden, der bei Bauarbeiten ausgebaggert wird, auf Deponien landen. Das hat weitriechende Folgen. Die Deponiegebühren steigen, umd Bauffrmen müssen immer weiter fahren,umdenErdaushub überhaupt unterzubringen.Denn der Platz auf den Deponien wird knappydie Genehmigung neuer Halden dauert lange, wenn überhaupt ein Ort dafür gefunden wird. In der Bauwirtschaft wird das seit Langem beklagt. Auch der Einsatz von gering belasteten Böden werde durch niedrige Grenzwerte erschwert. Sehon im vergangenen Jahr hatte der Landesverband gefordert.die WiederverwertungvonBodenaushub vor Ort müsse oberste Priorität ha-

Daran arbeitet das Land gerade: In einer Gesetzesnovelle will das Umweltministerium regeln, dass bei Bauvorhaben Bodenmaterial eingestett wird, um etwa Straßenoder Gebäude anzuheben, das umliegende Gelände zu gestalten oder Lämenhutzwände zu bauen. Werden mehr als 500 Kuhhkmetungskonzept vorgelegt werden. Bei den eigenenBauvorhaben bemüht siehdasl and, bereits den Erdaushub vor Ort oder auf anderen Baustellen zu verwenden. Das sei aber jewells eine Einerfallenuscheidung-heibt es

(Stuttgarter Zeitung 06.03.2020)

Endlich!



Land will weniger Erdaushub verschwenden

Erlass des Verkehrsministeriums sieht vor, Bodenmaterial beim Straßenbau im Land vor Ort wiederzuverwenden

Verschwendung bezeichnet den übermäßigen Verbrauch oder die ineffiziente Verwendung von Ressourcen. Beispiele dafür sind die Verschwendung von Geld, Zeit, materiellen Ressourcen, verfügbarer Fläche oder Energie.

(wikipedia)

3



"Verschwendung" aus Sicht der Straßenbauverwaltung heißt im Zuge der Straßenerneuerung:

Geld: zu teuer (nur begrenzt Finanzmittel verfügbar)

Zeit: zu langsam (Sanierungsstau wird stetig größer)

<u>Materielle Ressourcen</u>: zu großer Bedarf an Rohstoffen, Gerät und Personal für die Umsetzung der Maßnahmen (begrenzte Ressourcen bei Gestein/Deponie)

<u>Fläche</u>: zu große Beeinträchtigung des Verkehrs durch Straßensperrungen bzw. Gewinnung/Deponierung von Materialien

<u>Energie</u>: zu hoher Bedarf an Energie für Transport, Gewinnung und Verwertung von Straßenausbaustoffen etc.



Das beinhaltet zwei wichtige Aspekte:

Wirtschaftlichkeit

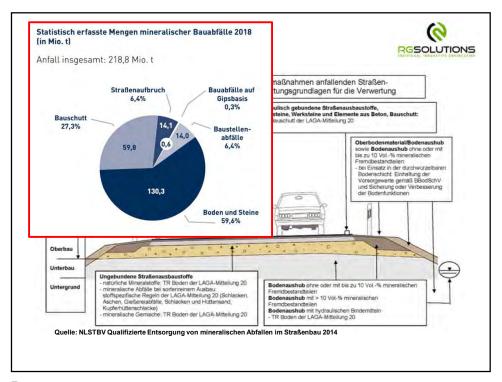
im Sinne von **Lebenszykluskosten** mit dem Ziel sehr langer Nutzungsdauern (>> 30 Jahre) der Verkehrsflächen in Kombination mit der sparsamen Verwendung von Haushaltsmittel (Abfallvermeidung, CO₂-Preis)

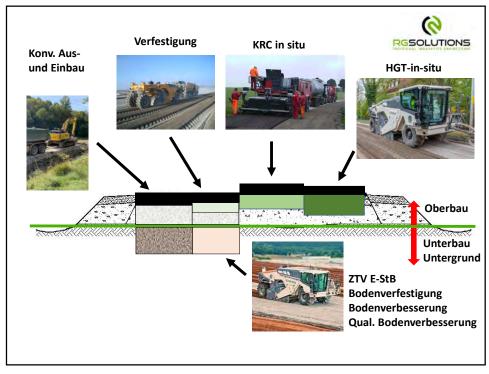
Klima

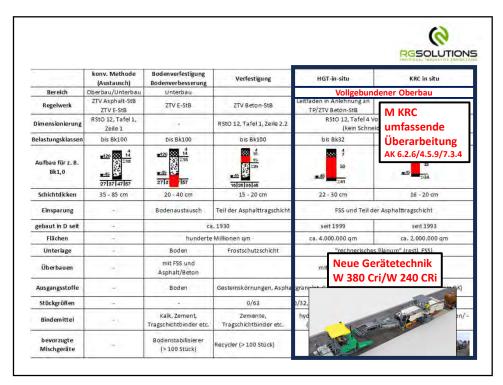
in Verbindung mit dem Klimaschutzgesetz bzgl. des CO₂-Budgets (Reduktionslast aufgrund der Klimaschutzverpflichtung nicht auf die nachfolgenden Generationen verschieben und damit ggf. Freiheitsrechte einschränken; Urteil Bundesverfassungsgericht März 2021)

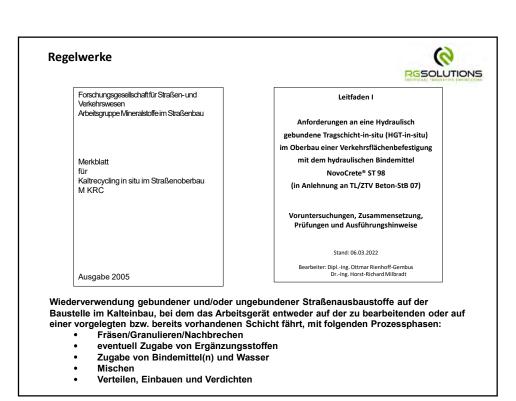
5

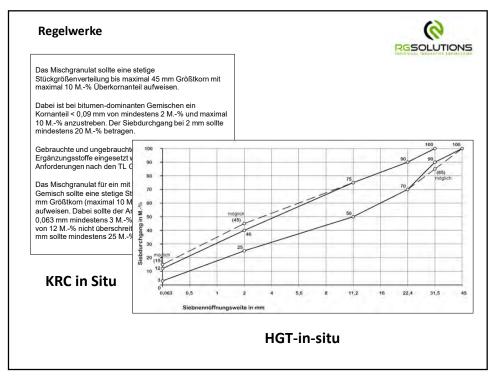






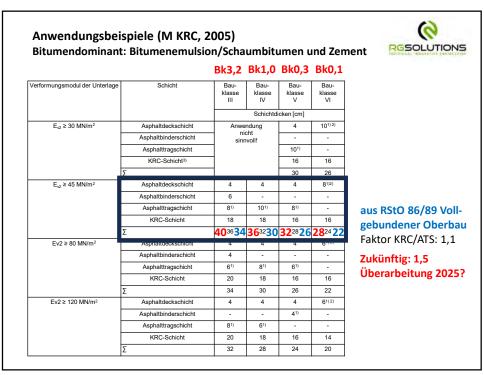


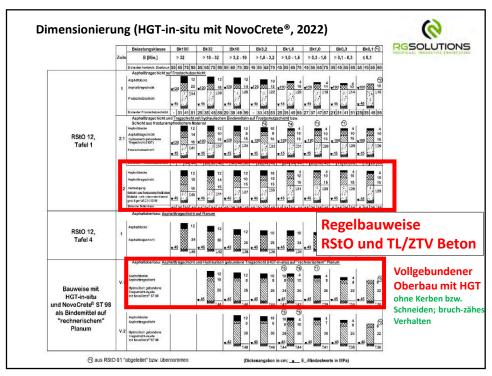


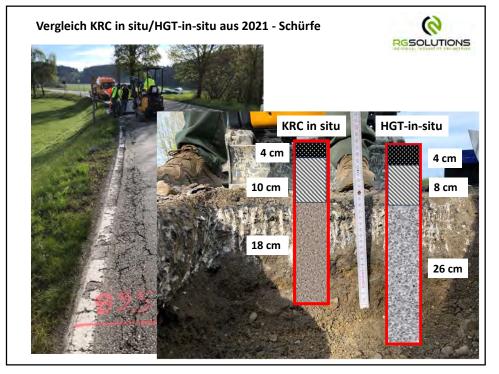


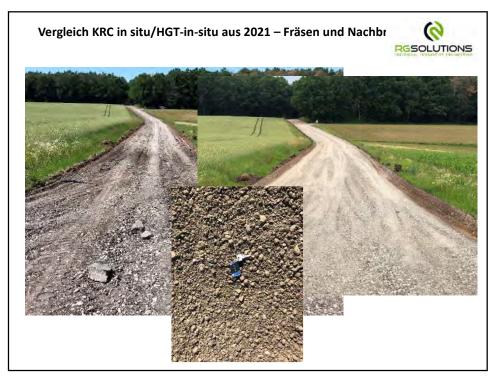
(6)		Eigenüberwachungs-/ Kontrollprüfung	Eignungsprüfung	Kennwert	
RGSOLUTION		≤ Wert der Eignungsprüfung + 4 Vol% ≤ Wert der Eignungsprüfung + 2 Vol%¹)	8 bis 15 Vol% max. 10 Vol% ¹⁾	Hohlraumgehalt	
	TL/ZTV Beton	≥ Wert der Eignungsprüfung - 20 %³) ≤ Wert der Eignungsprüfung + 30 % ^{2). 3)}	Mittelwert ≥ 0,50 N/mm ² ≤ 0,80 N/mm ²²⁾	Spaltzugfestigkeit bei T = +5 °C nach 7 Tagen ß _{sz17}	
	Druckfestigkeit 6 – nach 28 Tagen	≥ Wert der Eignungsprüfung - 20 % ≤ Wert der Eignungsprüfung + 30 % ²)	Mittelwert ≥ 0,75 N/mm ² ≤ 1,20 N/mm ²²⁾	Spaltzugfestigkeit bei T = +5 °C nach 28 Tagen ß _{sz.28}	
		Eigenüberwachungs- / Kontrollprüfung	Kennwert Einbaudicke ⁴⁾ Verdichtungsgrad ⁴⁾ Hohlraumgehalt Mindesttragfähigkeit der KRC-Schicht vor der Überbauung Ebenheit Profilgerechte Lage		
		Soll-Wert – 10 %			
	TL/ZTV Beto (~ KRC in site	≥ 98% ≥ 96 % ⁵⁾			
		≤ 12 Vol%¹)			
		E _{vd} ≥ 80 MN/m ² ; E _{v2} ≥ 180 MN/m ²			
		1,5 cm/4 m			
		Sollhöhe ± 2 cm			
n-situ	HGT-in-si	KRC in Situ			

Verkehrsflächenbefesfigung im Baumischverfahren		oCrete* ST 98-Schicht im Obert ch gebundene Tragschicht-in-sit	tu)					RGSOLUTIO
Arbeitsgang		Gerät	Bemerkung	en				INDIVIDUAL TREGVATIVE SANTAS
(Ggfs./im Falle einer geplanten teilweisen Mitverwendung/Einbeziehung von	-	Bagger mit " Flachlöffel"	Arbeitstief nahmen zu	Verkehrflächenbe	Eigenüberwachung vi festigung (Hydraulisch			nd -Schichten im Oberbau einer Baumischverfahren
mineralischen Bankettmaterialien) Abtragen/Abschieben von vorhandenen			abfallrecht Abtragsma	Prüfungen		Dimension	Prüfdichte	Bemerkungen
Bankettmaterialien im oberen Schichtbereich		Entso		Baustoffgemisch (eventuell pechh	altiges Mischgranulat), Au	sgangszustand	1), als "Vorprofil" nach	Verdichtung hergestellt
des zu bearbeitenden Bankettabschnitts				Verdichtungsgrad mit Dichtebest Ersatzverfahren 2)	immung mittels Dichte-	[96]	1 x je 3.000 m²	mindestens 1 x täglich
Ggfs. "Umbettung"/Umlagerung von mi- neralischen Bestandteilen des Banketts in den	-	Bankettfräse/	Arbeitstief	Wassergehalt		M-%l	x ie 3.000 m²	
"bestehenden" Fahrbahnbereich		Grabenfräse		Korn-/Stückerößenverteilung			,	
	-	Bankettfräse/	Arbeitstief	Durchgang Sieb 45 mm		M%l	1 x ie 3.000 m²	mindestens 90 M% (0/45)
(Ggfs./im Falle eines Ersatzes bzw. Neu- aufbaus des Banketts) Abtragen/Ab-		Grabenfräse	nahmen zı	Durchgang Sieb 32 mm		[M%]	1 x je 3.000 m²	mindestens 90 M% (0/32) bzw.
schieben/Aufnehmen von Bankettmate-rialien			abfallrecht Abtragsma	our crigating Step 32 mill		(red. 176)	A pc 3.000 mr	70) bis 90 M% (0/45)
des zu bearbeitenden Bankettab-schnitts			Entsorgun	Durchgang Sieb 22 mm (bei Bai	stoffgemisch 0/32)	[M%]	L x je 3.000 m²	70 bis 90 M.% (0/32)
(In der Regel) Auffräsen und Vergleich- mäßigen der zu bearbeitenden Schicht (ggfs.	Recycler	Kaltfräse	Arbeitstiel	Durchgang Sieb 2 mm		[M%]	Lx je 3.000 m²	siehe Sieblinienbereich in den Abbildungen 1 bzw. 2
einschließlich "Ausbaumaterialien" aus dem				Beschaffenheit des Baustoffgemis	hs	-	1 x je 250 m	mindestens 2 x täglich
Bankettbereich)				Bindemittel NovoCrete® ST 98				•
Ggfs. Nachbrechen des vorhandenen Baustoffgemisches (mit Andrücken)	<u> -</u>	Steinbrecher/Mobiler Brecher/Glattmantelwalze	bei Bedarf größenver	Probenentnahme 5 kg			1×	je Lieferfahrzeug
	<u>. </u>	Verteilgerät ("Splitt-	Zugabeme	Temperatur bei Anlieferung		*C]	i.x	je Lieferfahrzeug
Ggfs. Ergänzungskörnung(en)/-gemisch einbauen/vorlegen	Γ	streuer"), ggfs. Grader	beachten/	Ausstreumenge		kg/m²l	1 x ie 1.000 m²	mindestens 2 x täidich
einbauen/vorlegen			beachten	Baustoffgemisch (vorbereitet), mi	dem Bindemittel NovoC		A JE 2.000 III	illinois seria 2 x segricii
Homogenisieren des "resultierenden"	Recycler	ggfs. auch anderes Gerät zum "Einarbeiten" von	Gleichmäß	Probenentnahme aus unverdicht		L.	1 x je 3.000 m²	mindestens 2 x täglich
Baustoffgemisches (mit Andrücken)		Ergänzungsmaterial(ien)			iter schicht, car. 50 kg			
		möglich/Glattmantelwalze		Wassergehalt		M%]	L x je 3.000 m²	mindestens 2 x täglich
Profilieren des "resultierenden" Bau-	<u> -</u>	Grader	Automatis	Beschaffenheit des Baustoffgemi			1 x je 3.000 m²	mindesters 2 x täglich
stoffgemisches zwecks Herstellen eines "Vorprofils"			gung), ggf: größenver	Herstellung von 3 bzw. 6 (8) Proc Ø 150 mm	tor-Probekörpem	[Stck.]	1 x je 3.000 m²	mindestens jeweils 1 x täglich
	-	Stampffuß- und/oder	Automatis	Bestimmung der Feuchtraumdich	te	g/cm ⁵]	Lx je 3.000 m²	mindestens 2 x täglich
Verdichten des "resultierenden" Bau-		Glattmantelwalze	Walzentyp	Berechnung der Trockenraumdic	nte	[g/cm ⁵]	Lx ie 3.000 m²	mindestens 2 x täglich
stoffgemisches (des "Vorprofils")			an Gemisc	Druckfestigkeit nach 7 Tagen von		[N/mm ²]	x je 6.000 m²	mindestens 1 x täglich
Bindemittel ausstreuen (im Einzelfall auch in	- <u> </u>	Zementstreuer	Streumenę	Druckfestigkeit nach 28 Tagen vo	n Proctor-Probekörpern	[N/mm²]	x je 6.000 m²	mindestens 1 x täglich
2 Streuvorgängen)			n	Hergestellte Schicht, mit dem Bine				
Wasser zugeben	Recycler	Tankfahrzeug	Mengenm	Schichtdicke	remitter novoCrete* S1 St	rml	x ie 1.000 m²	fortlaufend, mindestens 2 x täglich
NovoCrete® ST 98-Gemisch herstellen	Recycler		Mindester	Verdichtungsgrad mit Dichtebest	immuna mittale Dichto.	[%]	1 x ie 3.000 m ²	in jedem Fertigungsstreifen,
	r _	Stampffuß- und/oder	Automatis	Ersatzverfahren 2)	il mirrera partitio-	9	,- 3.000 m	mindestens 2 x täglich
NovoCrete® ST 98-Gemisch verdichten		Glattmantelwalze	Walzentyp	Tragfähigkeitsentwicklung mittel		[MN/m ²]	1 x je 250 m	mindestens 1 x täglich
	L .		an Gemisc	Ebenheit mittels 4 m-Latte und 9	fesskeil	[mm]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
NovoCrete® ST 98-Gemisch profilieren		Grader	Automatis (Höhe/Nei	Querneigung		[%]	fortlaufend, je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
NovoCrete® ST 98-Gemisch verdichten	-	Glattmantelwalzen (mit	Automatis	Profilgerechte Lage		[cm]	fortlaufend, je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
(mit Flankenverdichtung)		Kantenandrückgerät)		Nachbehandlung (Wässern/nach	visueller Einschätzung)	ja/nein]	mindestens	n jedem Fertigungsstreifen am Ende des Tag
NovoCrete® ST 98-Schicht am Tag der	-	Tankfahrzeug	Gegebene				x je Arbeitstag	der Herstellung (i. d. R.) und mindestens zwei
Herstellung und mindestens zweimal am darauffolgenden Tag (besser: 3 Tage lang !)		rankranrzeug		Verbrauchsmengen an hydraulisc	em Bindemittel ^{1]}			am darauffolgenden Tag, besser: 3 Tage lang
nachbehandeln/wässern	l			Verbrauchsmenge gesamt		t	täglich	Geräteanzeige/Lieferscheine
HGT-in-situ				Verbrauchsmenee ie m²		[kg/m²]	1 x ie Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages







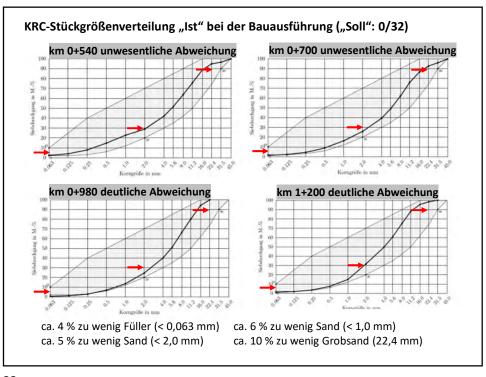




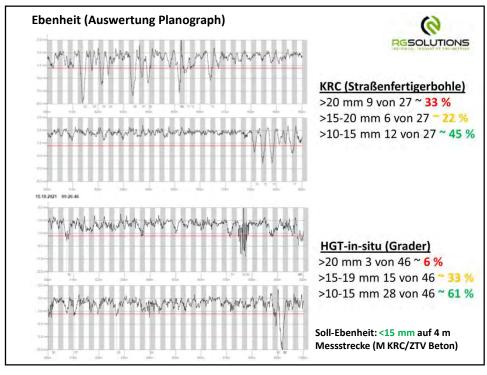








Probekörper		1	2	MW	Anfordening	RGSOLUTION
Rohdichte	Mg/m³		2,56		-	
Raumdichte	Mg/m³	2,20	2.20	2,20		km 1+720
Hohlraumgehalt am Probekörper	Vol%	14,1	14,1	14,1	≤11,5	KIII 1+720
Spaltzugfestigkeit nach 7 Tagen bei 5 °C	N/mm²	0,39	0,47	0,43	0,48 - 0,78	
Probekörper		1	2	MW	Anfordening	
Rohdichte	Mg/m³		2,66			
Raumdichte	Mg/m³	2,20	2,20	2.20	- 41	km 0+970
Hohlraumgehalt am Probekörper	Vol%	17,3	17,3	17,3	≤11,5	
Spaltzugfestigkeit nach 7 Tagen bei 5 °C	N/mm²	0,28	0,26	0,27	0,48 - 0,78	Soll Spaltzugfestigkei 0,60 N/mm ²
Probekörper		1	2	MW	Anforderung	- 25 bis – 55 %
Rohdichte	Mg/m³		2,60		-	Soll-Hohlraumgehalt:
Raumdichte	Mg/m³	2,19	2,19	2,19	-	km 1+630 9.5 %
Hohlraumgehalt am Probekörper	Vol%	15,8	15,8	15,8	≤11,5	+ 40 bis + 100 %
Spaltzugfestigkeit nach 7 Tagen bei 5 °C	N/mm²	0,34	0,36	0,35	0,48 - 0,78	
Probekörper		1	2	MW	Anforderung	Laut Dr. Wörner gem
Rohdichte	Mg/m³		2,66		(+)	KP nach 28 d deutlich
Raumdichte	Mg/m³	2,13	2,15	2,14	2	besser!
Hohlraumgehalt am Probekörper	Vol%	19,9	19,2	19,5	≤ 11,5	km 0+730
Spaltzugfestigkeit nach 7 Tagen bei 5 °C	N/mm²	0,24	0,24	0,24	0,48 - 0,78	







Kriterium	KRC in situ	HGT-in-situ (NovoCrete®ST 98)
Anforderungen an Ausgangsmaterial		
Stückgrößenverteilung	0/32	0/32 bzw. 0/45
Feinanteile < 0,063	< 7 %	bis 20 %
Tragfähigkeit Unterkante	E _{v2} > 45 MPa (i. T. 30 MPa)	E _{v2} > 30 MPa (i. T. 20 MPa)
Erstprüfung/Eigenü./Kontrollprüfung	M KRC	TP Beton/TL Beton/ZTV Beton
	IM KRC	ZTV LW für Ländliche Wege
Besonderheiten	Schaumbitumen als bit. Bindemittelvariante	
Art der Bindung	Zement (Festigkeit)	Zement (Festigkeit)
	Bitumenemulsion/-schaum (Fleixibilität)	NovoCrete (Flexibilităt; Feinanteile)
	pechh. Inhaltstoffe immobilisierbar	pechh. Inhaltstoffe immobilisierbar
	mittlere Wasserdurchlässigkeit	extrem wasserundurchlässig (kf < 10° m,
Bindemittelgehalte	~ 3 - 4 % Zement	5 - 8 % Premix (NovoCrete®ST 98)
	~ 3 - 4 % Bitumen	-
Wasseranspruch	~8%	~ 8 - 12 %
Funktion/Einsatzgrenzen	Asphalttragschicht mit red. Steifigkeit	Hydraulisch gebundene Tragschicht-in-si
Ersatz	FSS	FSS und Teil der ATS
Schichtdicke	16 - 20 cm	22 - 30 cm
Überbauen mit Asphalt	Bauklasse III - VI: 18 bis 8 cm	Bk 32 bis 0,3: 22 bis 10 cm
Belastungsklassen	Bauklasse III bis VI (~ Bk3,2 bis Bk0,3)	Bk32 bis Bk0,3
Gesamtschichtdicken	Bauklasse III - VI: 36 - 24 cm	Bk32 bis Bk0,3: 48 - 30 cm
Anlehnung Dimensionierung	RStO 01 Tafel 4/Tafel 1 Zeile 2.2	RStO 12 Tafel 1 und 4
Bankette einarbeitbar	nein	ja
Planung Querneigungsausgleich	bis 6 cm	bis 12 cm
Trassieungsausgleich	bis 6 cm	bis 12 cm
Ausführung/Geräte		
Fräsen	Kaltfräse	Kaltfräse
Nachbrechen	Steinzertrümmerer/Mobiler Brecher	Steinzertrümmerer/Mobiler Brecher
Zement	Zementstreuer	Zementstreuer
Bitumenemulsion	Bitumenemulsionstankwagen	-
Schaumbitumen	Bitumentanker	-
Temperatur Bitumen	> 170°C (beheizter Bitumentankwagen)	-
Temperatur Bitumenemulsion	< 30°C	=
Wasser	Wasserwagen	Wasserwagen
Mischgerät	WR 4200 (Mixpaver)/W 380/240 Cri	WR 250/W 380/240 Cri
	Einsprühleiste für Wasser	Einsprühleiste für Wasser
	Einsprühleiste für Bitumenemulsion/-schaum	=
Höhengerechter Einbau	Bohle am Mixpaver/W 380 Cri	Grader/Fertiger
Verdichtung	Glattmantelwalzen (14 und 8 t)	Walzenzug (14 t) und Glattmantelwalze (8
Leistung je Tag	2500 - 4000 m2	2500 - 4000 m2
Erfahrung der Manschaft	Spezialkenntnisse Bitumenschaum	
	Spezialkenntnisse Labor	ZTV Beton-StB
Constalle Testato e a Valo	Spezialkenntnisse Eigen- und Fremdüberw.	
Spezielle Training nötig Flexibilität bzel, Ausgangsmaterial	ja	nein
	gering	groß
bzgl. Witterungsbedingungen	gering	groß
Ausgangmaterial/Mischgranulat	. 4015	- 015
Temperatur Feuchtigkeit des Materials	> 10°C	> 0°C
	trocken bis leicht freucht	trocken bis sehr feucht
Bauzeit Verkehrsbeeinträchtigung	April - Oktober	Februar - November
	to the street	to Mind have a Talket over some Addition
ohne Überbau befahrbar Überbau mit Asphalt	ja (bedingt) nach 2 - 3 Tagen	ja (für lange Zeiträume mit Additiv) nach 1 - 2 Tagen



KRC in situ:

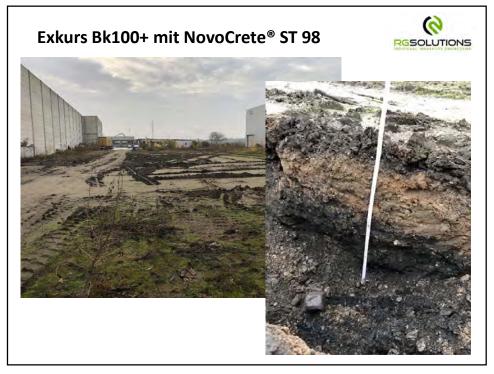
Vollgebundener Oberbau bei **geringer** Gradientenveränderung **höherem Anteil** Asphaltgranulat bis <u>Bk3,2</u> bis Schichtdicke <u>20 cm begrenzt</u>

HGT-in-situ mit NovoCrete® ST 98

Vollgebundener Oberbau bei **größeren** Gradientenveränderung mit und ohne Asphaltgranulat bis <u>**Bk32**</u>

bis Schichtdicke 30 cm (+ x cm)

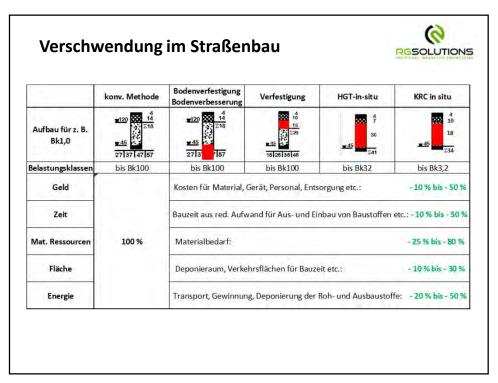
27

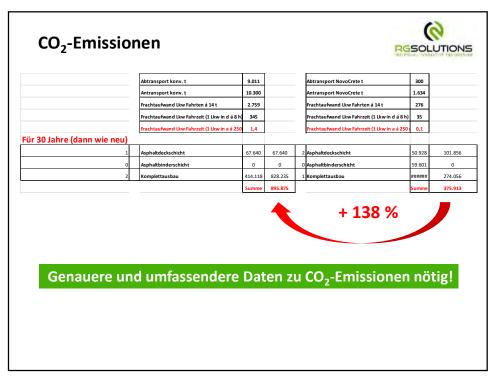




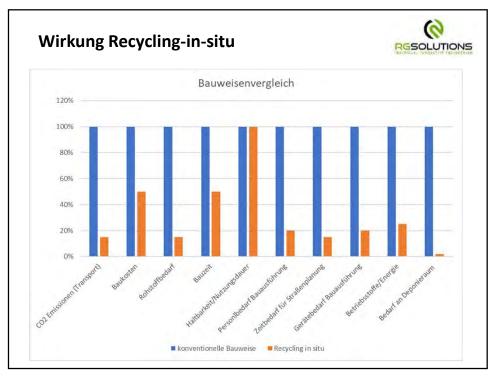












Woran fehlt es noch?

Straßenbauverwaltung:

- Potentiale deutlicher darstellen, um maximale Einsparungen zu ermöglichen (den Hebel mit ergänzenden Forschungen deutlicher machen)
- Rahmenbedingungen und Regelwerke erwirken, die mehr Spielraum ermöglichen für Klimaschutz (Diskrepanz Boden- und Gewässerschutz (Abfallrecht) zu Klimaschutz (CO₂-Emissionen))



Wissenschaft und Forschung:

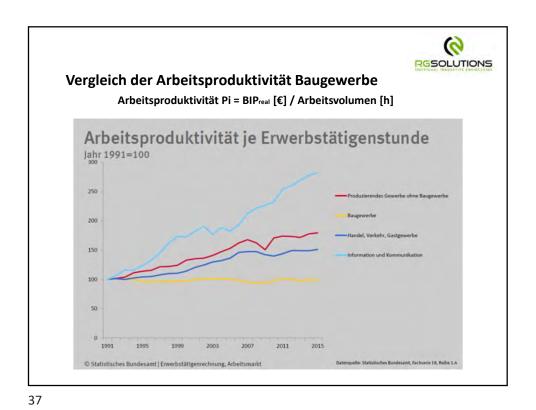
- Genauere und umfassendere Daten zu CO₂-Emissionen
- Daten zur Wirkung der noch nicht berücksichtigen Einflüsse auf das Klima

Architekten/Beratende Ingenieure als Erfüllungsgehilfen der AG

Bauunternehmen/Rohstoffindustrie/Gerätehersteller

- Produktivität
- Innovationen

Wirtschaftliche und klimaschonende Straßenerneuerung möglich?



(Ó) RGSOLUTIONS Beispiele für wegweisende Innovationen: 1930er: Betonstraßenbau ausgeweitet tragfähige Unterlagen mit "Bodenvermörtelung durch Einfräsen von Zement und Wasser 1950er: Asphalt kaum verfügbar Der Deutsche Innovationspreis div. Firmen entwickeln Bitumenemulsionen für Schlämmen und Oberflächenbehandlungen 1970er: Abtrag von Asphaltschichten Gewinner 2023 keine leistungsfähige Geräte verfügbar Warmfräsen -> Kaltfräsen IBS GmbH 2020er: Klimaschutz **Verwertung von Baustoffen vor Ort**

38

-> In situ Bauweisen



"Verschwendung" aus Sicht der Straßenbauverwaltung heißt im Zuge der Straßenerneuerung:

Geld: zu teuer (nur begrenzt Finanzmittel verfügbar)

Zeit: zu langsam (Sanierungsstau wird stetig größer)

<u>Materielle Ressourcen</u>: zu großer Bedarf an Rohstoffen, Gerät und Personal für die Umsetzung der Maßnahmen (begrenzte Ressourcen bei Gestein/Deponie)

<u>Fläche</u>: zu große Beeinträchtigung des Verkehrs durch Straßensperrungen bzw. Gewinnung/Deponierung von Materialien

<u>Energie</u>: zu hoher Bedarf an Energie für Transport, Gewinnung und Verwertung von Straßenausbaustoffen etc.

<u>CO2-Emission:</u> reduziert bei Herstellung und stark reduziert in den Erhaltungszyklen (mehrfach)

Wirtschaftliche und klimaschonende Straßenerneuerung möglich?

39



Recycling in situ

Ein Beitrag zur Nachhaltigkeit im Straßenbau

Potential:

- > 2.500.000 t/a CO2 Ersparnis
- > 2.000.000.000 €/a Kosten

