Egli-InSitu-Kaltrecycling

Alte Strasse

Vorprofilierung

Zementverlegung

Ein Rechenbeispiel - -

Zement-Kaltrecycling

Wasserbeigabe

Komplexrecycling

- - Die Preis-Situation

Brechfräsen

Rohplanie

Kornabstufung

- - Die Umwelt-Situation

Mineralische SAMI

Trag-/Deckschicht

Fertige Strasse

Die Qualitäts-Situation

egli-kaltverfahren.de

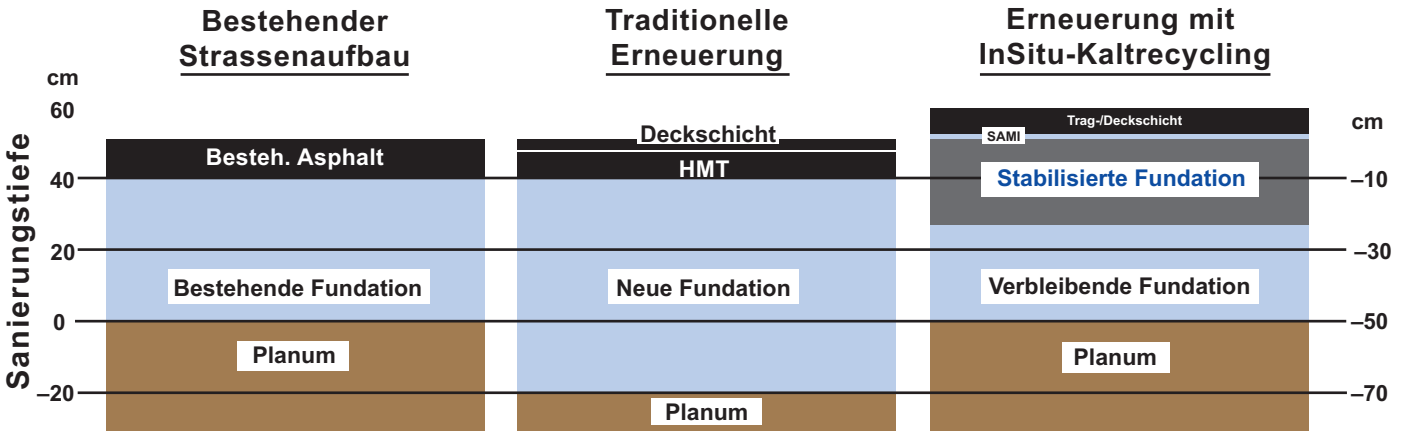
Zertifiziert nach ISO 9001 + 14001

Egli Kaltverfahren GmbH
Eggisried 37, D-87724 Ottobeuren

Tel. +49 (0) 8332 1404, Fax +49 (0) 8332 1493
E-Mail **info@egli-kaltverfahren.de**, Internet **www.egli-kaltverfahren.de**

Die Teilweise Oberbauerneuerung mit InSitu-Kaltrecycling

Die Strassensanierung mittels InSitu-Kaltrecycling basiert auf der teilweisen Oberbauerneuerung. Das linke Aufbau-Schema ist typisch für sehr viele alte Ueberlandstrassen. Die in dieser Broschüre beschriebenen Erneuerungsmethoden stellen lediglich Beispiele für verschiedene Möglichkeiten der Erneuerung dar. Alle Beschriebe basieren auf den untenstehenden Stärkenverhältnissen.



Bestehender Strassenaufbau

Der bestehende Strassenaufbau ist meist gekennzeichnet durch:

- eine zu schwache und meist nicht frostsichere Kiestrag- oder -Frostschutzschicht (im Schema z. B. lediglich 40 cm, meist jedoch eher 30 cm)
- und durch einen zu schwachen, nicht mehr tragfähigen Oberbau, der zum Teil auch teerhaltige Schichten enthält.

Traditionelle Erneuerung

Bei der traditionellen Erneuerung sind die folgenden Arbeitsschritte notwendig:

- Der Altasphalt (gemäss Schema z. B. 10 cm) wird aufgefräst, verladen, abtransportiert und ev. entsorgt (PAK).
- Die alte Kiesfundationssschicht wird ausgehoben, verladen und abtransportiert (gemäss Schema z. B. 40 cm).
- Darunter werden z. B. 20 cm Erdreich ausgehoben, verladen, abtransportiert und deponiert.
- Das neue Planum wird erstellt und verdichtet.
- Es wird eine neue ungebundene Trag- oder Frostschutzschicht eingebaut und verdichtet, gemäss Schema z. B. 60 cm
- Darüber erfolgt der Einbau einer neuen Asphalt-Tragschicht (z. B. 10 cm) und einer Asphalt-Deckschicht (z. B. 4 cm), zusammen z. B. 14 cm (Regelbauweise).

Erneuerung mit dem InSitu-Kaltrecycling

Mit dem InSitu-Kaltrecycling wird die Strasse in folgenden Schritten erneuert:

- Auf die alte Strasse wird gemäss Eigungsprüfung mittels Streuwagen Zement aufgebracht.
- Der Egli-Fundationsstabilisator (InSitu-Kaltrecycling) bearbeitet die Oberfläche wie folgt:

– Die Maschine fräst von oben nach unten durch die bestehenden Asphalt- und Kiesschichten auf eine Tiefe von z. B. 25 cm (bis 40 cm möglich). Dabei werden Altasphalt und grössere Steine im Kieskoffer in den Untergrund «geraffelt» und gebrochen.
– Die Maschine spritzt je nach Rezeptur Wasser und Bitumenemulsion in das Altmaterial.
– Die Maschine mischt das gebrochene Altmaterial intensiv mit den Bindemitteln.
– Die Maschine überwirft das Mischgut nach hinten und erstellt eine Rohplanie.

- Eine leichte Walze stellt eine Vorverdichtung für den Grader sicher.
- Ein Grader fertigt die Reinplanie, diese wird mit einer schweren Walze verdichtet.
- Eine mineralische (ev. bituminöse) SAMI (StressAbsorbingMembranInterlayer, Spannungsabsorbierende Zwischenschicht) verhindert Reflektionsrisse (2–3 cm Kies-Zwischenschicht 0–11 mm, nur bei HGT)
- Darüber erfolgt der Einbau einer Asphalt-Tragschicht (z. B. 7 cm) und einer Asphalt-Deckschicht (z. B. 3 cm), zusammen z. B. 10 cm. Der Asphaltoberbau kann bei einer Stabilisierungstiefe von 25 cm reduziert werden, da der Strukturwert im Vergleich zur traditionellen Erneuerung verbessert ist (25 cm HGT entspricht 50–75 cm ungebundener Kiesfundation).

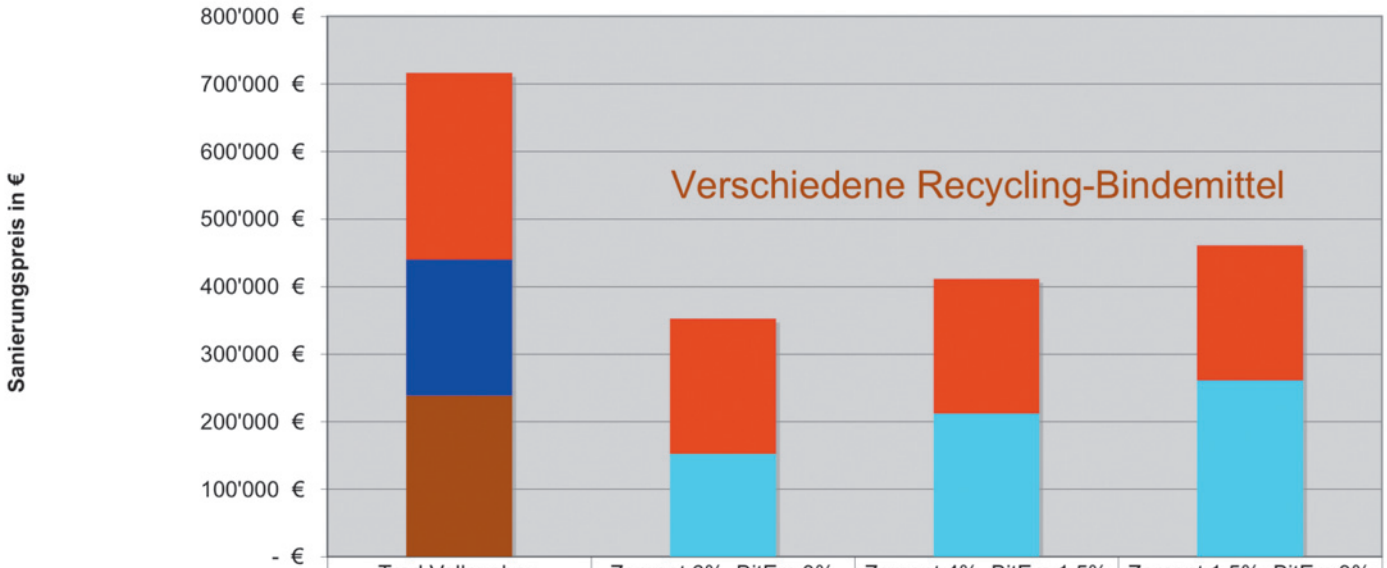
Die Preis-Situation

Beim InSitu-Kaltrecycling entfallen die nachfolgend aufgeführten Arbeiten:

- Es wird weder Ausbauasphalt, noch Altkies noch Erdreich ausgehoben, verladen, abtransportiert und deponiert resp. entsorgt.
- Es wird kein neuer Kies eingekauft, zugeführt, eingebaut und verdichtet.
- Die Asphalttrag- und -Deckschichten können aufgrund verbesserter Strukturwerte reduziert werden.

Das folgende Diagramm illustriert die Kostenrelationen. Die Sanierungskosten basieren auf marktgerechten Modellrechnungen, die auf den obigen Stärkenverhältnissen beruhen (siehe Schemata «Traditionelle Erneuerung» und «InSitu-Kaltrecycling»). Es wurden lediglich die Arbeitsgattungen im Zusammenhang mit dem eigentlichen Strassenkörper berücksichtigt, das heisst ohne Nebenarbeiten in Bezug auf Leitungen, Schächte, Randsteine usw. Es wurde von einer Losgrösse von 15 000 m^2 und generellen Transportdistanzen von 30 km (Bindemittel 50 km) ausgegangen.

Preisvergleich Trad.Erneuerung / Recyclingvarianten, Losgrösse 15'000 m2



	Trad.Vollausbau	Zement 6%, BitEm 0%	Zement 4%, BitEm 1,5%	Zement 1.5%, BitEm 3%
Bituminöser Aufbau 15'000m2	276'600	199'500	199'500	199'500
InSitu-Recycling 15'000 m2		152'822	212'013	261'372
Kiesfundation 15'000 m2	201'000			
Aushub/Abtransport 15'000 m2	238'898			
Total Sanierung pro m2	48	23	27	31

Fundationsschicht

Die Erneuerung und Verstärkung der Fundation kostet beim InSitu-Kaltrecycling (mit Zement, zweiter Balken) etwa **3 Mal weniger** als der Materialersatz bei der traditionellen Erneuerung. Bei der Stabilisierung im Komplexrecyclingverfahren, also mit Zement und Bitumenemulsion (3. und 4. Balken) fallen die Preisunterschiede nicht so gravierend aus, da Bitumenemulsion ein sehr teures Bindemittel ist. Trotzdem sind die Preisunterschiede immer noch beachtlich.

Asphaltoberbau

Der Asphaltoberbau beträgt bei der traditionellen Erneuerung 14 cm, beim InSitu-Kaltrecycling lediglich 10 cm, was eine entsprechende Preiseinsparung ergibt (siehe oben).

Gesamtsanierung

Durch das InSitu-Kaltrecycling können die Erneuerungskosten bis zu **50% reduziert** werden.

Die Umwelt-Situation

Das Zahlenmaterial basiert auf einer ausgedehnten Studie von Egli Engineering, CH-Wetzikon/Zürich über die Energie- (CO_2), Material- und Transportbilanzen der Arbeitsgattungen aller Strassen-Sanierungs- und -Erneuerungsmethoden, von der Oberfächenbehandlung bis zum Strassenneubau.

Die CO_2-Bilanz (Energiebilanz)

CO_2 wird überall dort produziert, wo etwas verbrannt wird, z. B. Diesel, Heizoel, Benzin oder Gas usw. Dies geschieht im Strassenbau z. B. bei:

- Der Gewinnung und Verarbeitung von Baustoffen
- Dem Transport von Baustoffen und Ausbaustoffen
- Der Herstellung von Baustoffgemischen wie z. B. Heissasphalt
- Bei allen Arbeiten auf der Strasse mit Baumaschinen wie Bagger, Fertiger, Walzen usw.
- Aber auch bei der Herstellung von Bindemitteln

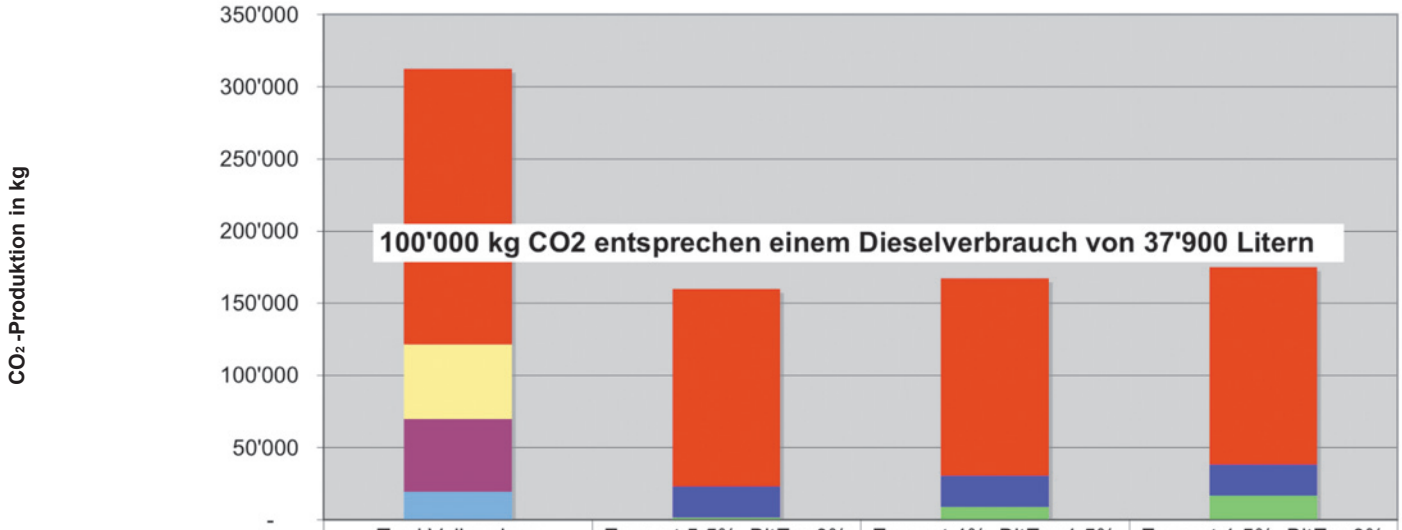
Betreffend Bindmittel stellen sich die folgenden Fragen:

- Rechnet man die Sanierungsvarianten ohne den EigenEnergieGehalt (EEG) der Bindemittel?
- Rechnet man den EEG des Zementes ein, den EEG des Bitumens aber nicht?
- Rechnet man den EEG von Zement und Bitumen ein?

Nach gängiger Strassenbauermeinung ist Bitumen ein Abfallprodukt von Erdöl. Bitumen kann allerdings für Heizzwecke auch verbrannt werden, z. B. zur Herstellung von Zement, die Filter sich längst erfunden. Eine Tonne Bitumen liefert die Energie für die Herstellung von 8 Tonnen Zement. Die richtige Rechnung beinhaltet somit zweifelsohne die Mitberücksichtigung des latenten EigenEnergieGehaltes auch von Bitumen. Nachfolgend sind alle drei Varianten **zur freien Auswahl** dargestellt, also:

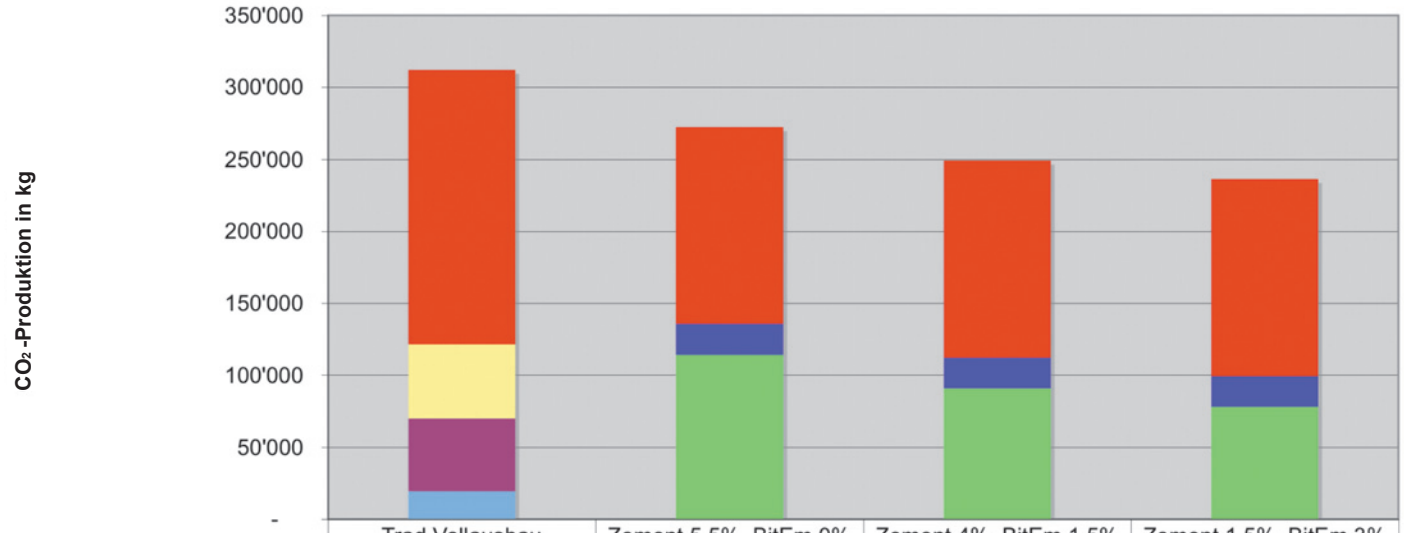
- CO_2-Produktion ohne EigenEnergieGehalt der Bindemittel.
- CO_2-Produktion unter Berücksichtigung des EigenEnergieGehaltes nur von Zement, nicht aber von Bitumen **(damit wird in der Folge gerechnet)**.
- CO_2-Produktion unter Berücksichtigung des wirklichen respektive des latenten EigenEnergieGehaltes von Zement und Bitumen (Bitte beachten Sie die Grössenskala).

CO2-Bilanz ohne EEG Zement und ohne EEG Bitumen, Losgrösse 15'000



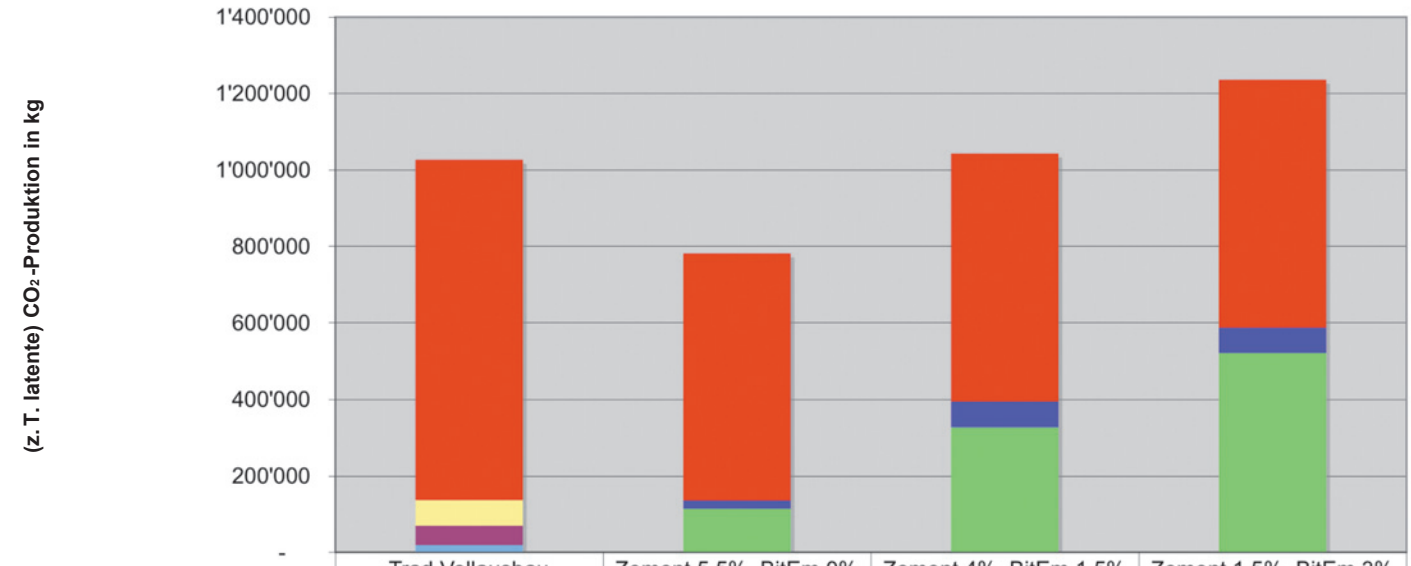
	Trad.Vollausbau	Zement 5.5%, BitEm 0%	Zement 4%, BitEm 1.5%	Zement 1.5%, BitEm 3%
Heissasphaltlieferung/Einbau	190'717	136'698	136'698	136'698
Kaltrecycling		21'639	21'243	21'243
Bindemittellieferung		1'654	9'230	16'946
Neukieslieferung/Einbau	51'646			
Abtransporte	50'522			
Aushub	19'451			

CO2-Bilanz mit EEG Zement, ohne EEG Bitumen, Losgrösse 15'000



	Trad.Vollausbau	Zement 5.5%, BitEm 0%	Zement 4%, BitEm 1.5%	Zement 1.5%, BitEm 3%
Heissasphaltlieferung/Einbau	190'717	136'698	136'698	136'698
Kaltrrecycling		21'639	21'243	21'243
Bindemittellieferung		114'265	91'129	78'370
Neukieslieferung/Einbau	51'646			
Abtransporte	50'522			
Aushub	19'451			

CO2-Bilanz mit EEG Zement und mit EEG Bitumen, Losgrösse 15'000

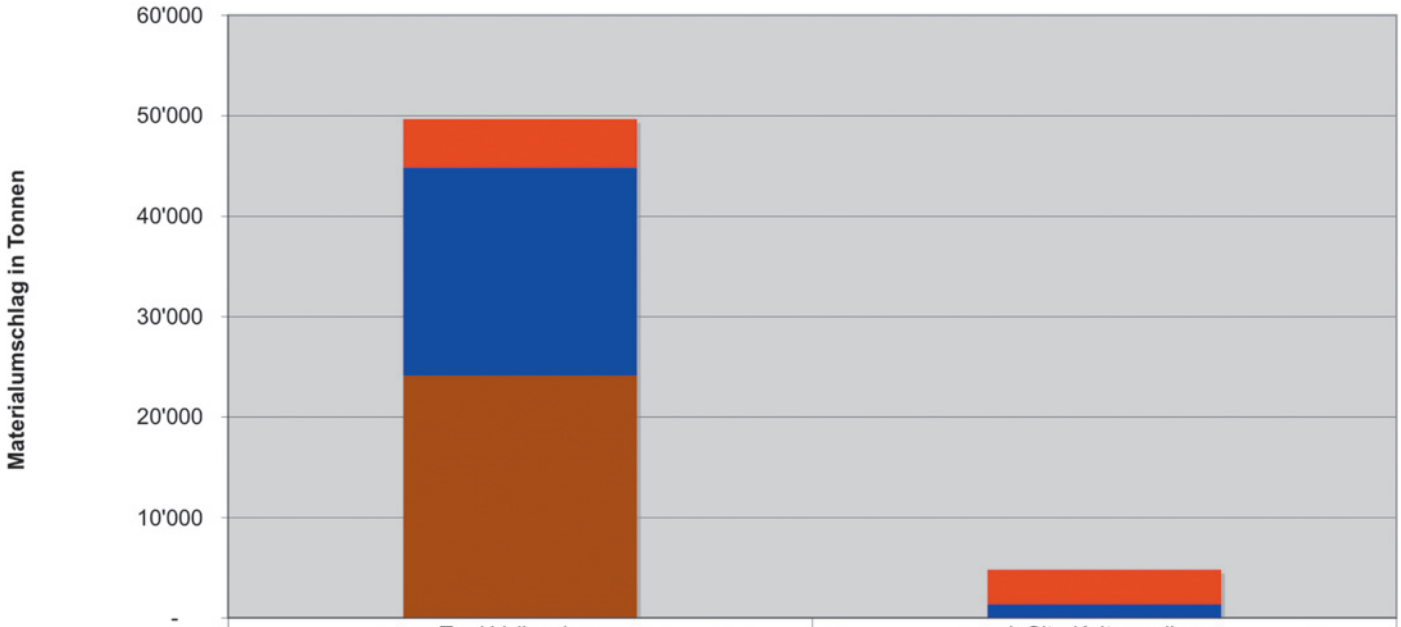


	Trad.Vollausbau	Zement 5.5%, BitEm 0%	Zement 4%, BitEm 1.5%	Zement 1.5%, BitEm 3%
Heissasphaltlieferung/Einbau	888'601	645'118	648'675	648'675
Kaltrrecycling		21'639	66'927	66'927
Bindemittellieferung		114'265	327'725	520'408
Neukieslieferung/Einbau	67'567			
Abtransporte	50'522			
Aushub	19'451			

Die Materialbilanz

Der InSitu-Kaltrecycling-Prozess produziert kein Altmaterial und erfordert als Neumaterial nur Bindemittel. Entsprechend günstig präsentiert sich die Materialbilanz. Bezüglich der Fundationsschicht wird beim InSitu-Kaltrecycling gegenüber der traditionellen Erneuerung somit etwa 33 Mal weniger Material umgeschlagen.

Materialbilanz, Losgrösse 15'000 m2 (für alle Recyclingvarianten)

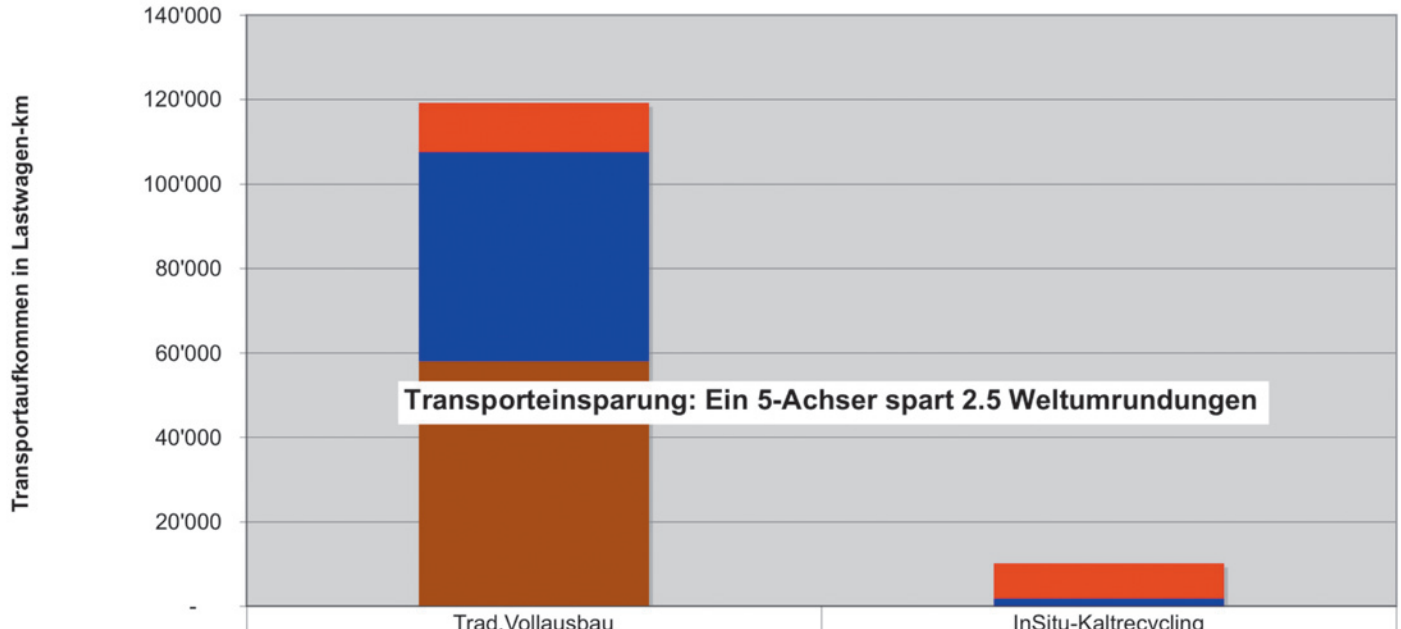


	Trad.Vollausbau	InSitu-Kaltrecycling
Neuer Heissasphalt	4'830	3'450
Neue Fundation	20'700	1'337
Altmaterial	24'150	

Die Transportbilanz

Analog zur Materialbilanz präsentiert sich die Transportbilanz. Für das InSitu-Kaltrecycling müssen lediglich die Bindemittel herantransportiert werden. Bezüglich der Fundationsschicht werden beim InSitu-Kaltrecycling gegenüber der traditionellen Erneuerung somit etwa 56 Mal weniger TonnenKilometer produziert. Die Einsparung entspricht bei diesem Beispiel der Kilometerleistung eines 5-Achsers in Höhe von 106 000 km oder dem 2.5 fachen Erdumfang.

Transportbilanz, Losgrösse 15'000 m2 (für alle Recyclingvarianten)



	Trad.Vollausbau	InSitu-Kaltrecycling
Heissasphaltlieferung	11'592	8'280
Neumateriallieferung	49'680	1'898
Abtransporte	57'960	0

Die Qualitäts-Situation

Produktequalität

Beim InSitu-Kaltrecycling, z. B. mit Zement, wird je nach Altmaterialqualität eine HGT (HydraulischGebundeneTragschicht = Zementstabilisation mit erhöhtem Zementgehalt) hergestellt. Diese Bauweise ist Bestandteil des technischen Regelwerkes. Es gibt also kaum Fragen betreffend der Materialqualität resp. der -Tragfähigkeit.
Durch das InSitu-Kaltrecycling mit 25 cm Stabilisierungstiefe wird der Strukturwert des Strassenoberbaus im Vergleich zum beschriebenen, konventionellen Aufbau verbessert. Dadurch kann der Asphalt-Oberbau gegenüber der Regelbauweise reduziert werden. Es stellt sich somit nur noch die Frage, wie Schubkräfte aufgenommen und abgeleitet werden. Die Erfahrungen in der Schweiz haben allerdings gezeigt, dass eine Schichtstärke von 8 cm durchaus ausreicht, die auftretenden Schubkräfte auch auf einer mineralischen SAMI schadlos aufzunehmen. Bei obigem Beispiel wird mit 7+3=10 cm Gesamtschichtstärke gerechnet.

Baufortschritt

Eine Strassenerneuerung mittels InSitu-Kaltrecycling ist viel schneller durchgeführt als eine Sanierung in traditioneller Bauweise. Tägliche Quadratmeterleistungen bis 5000 m^2 sind auf offenen Strecken durchaus möglich. Da die SAMI sowie die Asphaltrag- und -Deckschichten kurz nach dem Kaltrecyclingvorgang aufgebracht werden können, sind bei Vollsperrung sehr kurze Bauzeiten möglich. Diese Tatsache macht das Verfahren auch deshalb ökonomisch und ökologisch reizvoll, weil Sperrungen während kurzer Zeit weniger Umwegfahrten und Stauzeiten produzieren.

Fazit

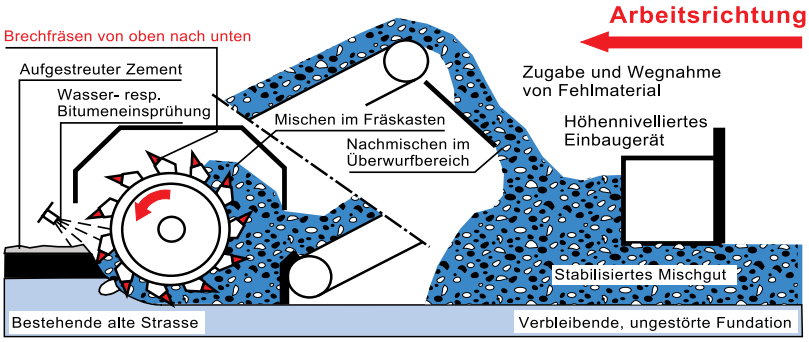
Wenn alle preislichen und umweltrelevanten Vorteile des InSitu-Kaltrecyclings ausgenutzt werden sollen, ist zwingend auf die folgenden Forderungen einzugehen:

- Alte Strassen sind meist schwach dimensioniert. Für den InSitu-Kaltrecyclingprozess müssen deshalb die bestehenden, guten Materialien mit in den Prozess einbezogen werden. Dies gilt vor allem für den **bestehenden Ausbauasphalt,** der die besten Recycling-Eigenschaften des alten Strassenkörpers besitzt.
- Der Umfang an Neuprofilierungen sollte bei der Sanierung gering gehalten werden. Vor allem müssen solche, wo immer möglich, vom **bestehenden Strassenprofil aus nach oben** erfolgen. Neuprofilierungen nach unten, z. B. durch abfräsen sollten dringend vermieden werden, sie sind teuer und schwächen die normalerweise ohnehin schon schwache alte Strasse.
- Wo immer möglich sollten neue Abschlüsse nach dem Recyclingprozess und auf der stabilisierten Fundation erstellt werden. Damit wird ein **homogener Strassenaufbau** mit gleichwertiger Tragfähigkeit gewährleistet (keine unterschiedlichen Frostkoefizienten).

Bezüglich einer **vollständigen Strassenerneuerung** zeichnet sich das InSitu-Kaltrecycling (Teilweise Oberbauerneuerung) gegenüber dem traditionellen Vollausbau durch folgende Eigenheiten aus:

- Das InSitu-Kaltrecycling ist **bis 50% preisgünstiger.**
- Bei den beiden Sanierungsvarianten ist der **CO_2-Ausstoss in etwa derselbe** (Zement).
- Der totale **Materialumschlag** ist etwa **10 Mal geringer.**
- Das totale **Transportaufkommen** ist etwa 12 Mal geringer, die Einsparung entspricht einem 5-Achser auf einer Strecke von **2.5 Mal dem Erdumfang.** Auf die Frage, wie viel Strassensubstanz diese «Spazierfahrten» vernichten, wird in dieser Abhandlung nicht eingegangen. Auch nicht darauf, wie viel zusätzliches CO_2, zusätzliche Transporte und zusätzliche Kosten die Wiederherstellung dieser vernichteten Strassensubstanz verursachen.

Egli-Fundationsstabilisator - Funktionsschema



Mit dem Fundationsstabilisator wird die zu sanierende Asphaltstrasse bis auf eine Tiefe von 40 cm aufgefräst, dank Fräsen von oben nach unten (Brechfräsen oder Downcutting) gebrochen, das Material mit Zement (und evtl. Bitumenemulsion) als Bindemittel plus Wasser im Fräskasten und im Überwurfbereich vermischt und als stabilisierte Fundation resp. Tragschicht an Ort (InSitu) wieder eingebaut.

1. Bestehende Sammelstrasse: Die zu sanierende Strasse muss evtl. in Teilbereichen korrigiert werden. Dies geschieht vorgängig (Schnur, Draht).

2. Vorprofilierung: Neues Strassenniveau nach der Aufkiesung. Die Schnur / Draht dient auch als Referenz für den Fundationsstabilisator.

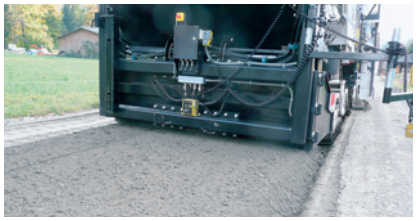
3. Zementverlegung: Der Zement wird gemäss Eignungsprüfung mittels Zementverlegegerät aufgebracht. Rechts: Eichvorgang.

4. Kaltrecycling: Brechfräsen bis 40 cm Tiefe, Vermischen von Zement, evtl. Bitumenemulsion und Wasser samt Grobeinbau. Hinten Vorverdichtung.

5. Wassereinspritzung resp. Bitumen/Wasser-Einspritzung durch elektronisch einzeln ansteuerbare Düsen.

6. Komplexrecycling: Wird Zement und Bitumenemulsion zugegeben, wird der Emulsionstanker vorgeschoben.

7. Fräsen von oben nach unten: Dank dem Downcutting werden Altasphaltschichten bis 20 cm in den Untergrund «geraffelt».



8. Rohplanie: Das Abzugsgerät erstellt mit elektronischen Höhenabnahmen resp. elektronischer Neigungsregelung die Rohplanie.

9. Abgestufte Kornverteilung: Dank Brechfräsen (Fräsen von oben nach unten) ergibt sich ein homogenes, gut verdichtbares Mischgut.

10. Mineralische SAMI: Gegen die Rissbildung wird eine 2–3 cm starke mineralische SAMI (spannungsabsorbierende Zwischenschicht) eingebaut.

11. Einbau einer Trag-/Deckschicht: Die mit Fertiger aufgebrachte SAMI garantiert eine grosse Ebenheit. Traditioneller Asphalteinbau.

12. Fertige Strasse: Die neue Strasse ist etwas verbreitert, teilweise neu profiliert und deren Tragfähigkeit ist verdoppelt.

egli-kaltverfahren.de Zertifiziert nach ISO 9001 + 14001

Egli Kaltverfahren GmbH
Eggisried 37, D-87724 Ottobeuren

Tel. +49 (0) 8332 1404, Fax +49 (0) 8332 1493
E-Mail **info@egli-kaltverfahren.de, Internet www.egli-kaltverfahren.de**

2008-08