



Optimal recycling of reclaimed asphalt pavement



TECHNISCHER LEITFADEN

Für die Verwendung von
optimalem Recycling-Asphaltbelag
(ORRAP) in der Oberrheinregion

[Interaktive Inhaltsübersicht](#)



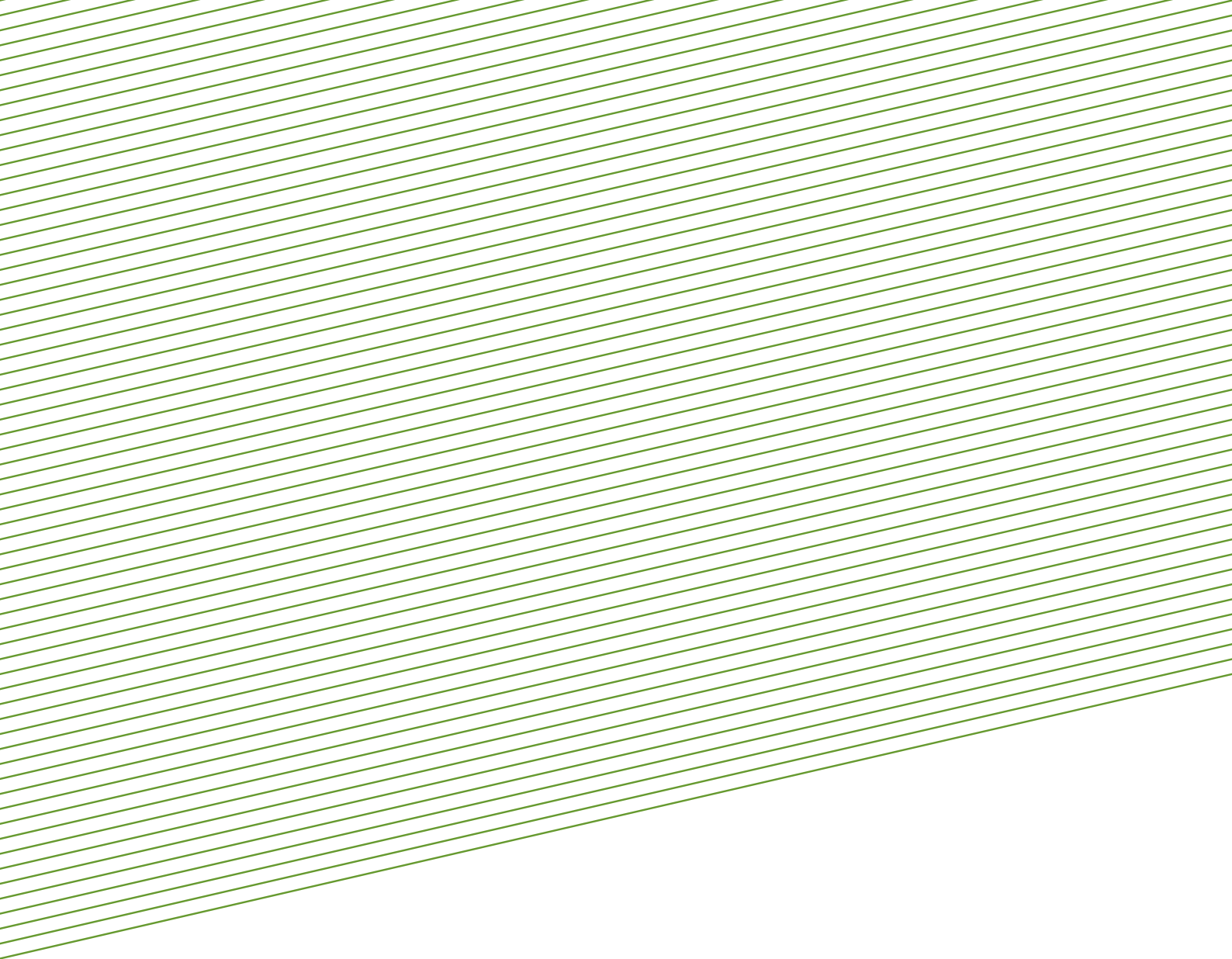
Dépasser les frontières :
projet après projet
Der Oberrhein wächst zusammen,
mit jedem Projekt



Fonds européen de développement
régional (FEDER)
Europäischer Fonds für regionale
Entwicklung (EFRE)

INHALTSÜBERSICHT

1. KONTEXT	5
2. ANWENDUNGSBEREICH UND REGULATORISCHER RAHMEN	6
3. FRAGESTELLUNGEN UND REGULATORISCHER RAHMEN	7
3.1 /// TECHNISCHE DATEN	7
3.2 /// BEWERTUNG VON NACHHALTIGKEITS- UND GESUNDHEITSASPEKTEN	7
3.2.1 // Ziel der Nachhaltigkeitsbewertung	7
3.2.2 // Umweltauswirkungen	8
3.2.3 // Ökonomischer Ansatz	9
3.2.4 // Auswirkungen auf die Verkehrsteilnehmer	10
3.2.5 // Humantoxizität und Ökotoxizität	10
4. HERSTELLUNG, ENTWICKLUNG UND ANWENDUNG	11
4.1 /// HERKUNFT UND VORKOMMEN	11
4.2 /// HERSTELLUNGSPROZESS	11
4.2.1 // Fräsen	11
4.2.2 // Brechen und/oder Sieben	11
4.2.3 // Lagerung	12
4.3 /// VORBEREITUNG DES UNTERGRUNDS	12
4.4 /// EINBAU	13
4.5 /// MATERIALEIGENSCHAFTEN UND PRODUKTDATENBLÄTTER	16
4.5.1 // Ausgangsstoff: Asphaltgranulat	16
4.5.2 // Produkt: ORRAP-Methode	16
5. QUALITÄTSKONTROLLE	17
5.1 /// VORBEREITUNG DES UNTERGRUNDS	17
5.2 /// KONTROLLEN VOR ORT	17
5.3 /// KONTROLLEN IM LABOR	17
5.4 /// KONTROLLEN NACH DER ANWENDUNG	17
6. ZUSAMMENFASSUNG	19
6.1 /// EMPFEHLUNGEN	19
6.2 /// VERGLEICH MIT ANDEREN TECHNIKEN	19
7. DANKSAGUNG	22
8. LITERATUR	23
ANHANG 1. EXPERIMENTELLE TESTSTANDORTE	24
ANHANG 2. BEWERTUNG DER NACHHALTIGKEIT	26
ANHANG 3. BERATUNG	34



1. KONTEXT

Für den Bau, die Sanierung und die Instandhaltung von Straßen und Wegen werden erhebliche Mengen natürlicher, qualitativ hochwertiger Ressourcen in Form von Gesteinskörnung und Bitumen verwendet. Heutzutage wird es immer wichtiger, die Ausbeutung natürlicher Ressourcen zu begrenzen, indem die Wiederverwendung von Ausbauasphalt (AA) gefördert wird.

Darüber hinaus lassen zunehmend begrenzte Haushaltsmittel und steigende Umweltschutzziele den Einsatz ökonomischer und weniger energieintensiver Materialien immer mehr an Bedeutung gewinnen. Obwohl die Verwendung von Ausbauasphalt insbesondere beim Heißrecycling seit mehreren Jahrzehnten üblich ist, gibt es jedoch auch Bedenken in Hinblick auf die langfristige Nutzbarkeit von Ausbauasphalt, insbesondere nachdem mehrere Produktionszyklen durchlaufen wurden und sich die Eigenschaften des Bindemittels und der Gesteinskörnung dauerhaft verschlechtert haben.

Gleichzeitig bestehen gesetzliche Vorgaben, welche die Verwendung von Recyclingmaterialien einschränken, die durch hohe Konzentrationen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) kontaminiert sind und aus Umwelt- und Gesundheitsgründen nicht im Heißrecycling wiederverwendet werden können.

Und schließlich werden von Straßennetzbetreibern hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit immer höhere Ansprüche gestellt.

Um den unterschiedlichen Aspekten und Forderungen Rechnung zu tragen, wurde im Rahmen eines europäischen Forschungsprojekts ORRAP (Optimales Recycling von Ausbauasphalt auf verkehrsschwachen Straßen; Projekt kofinanziert durch EFRE – INTERREG V [3.1 ORRAP]) eine Arbeitsgruppe eingerichtet und ein Projektantrag ausgearbeitet mit dem Ziel, Ausbauasphalt bei Umgebungstemperatur ohne Zusatz von bituminösem Bindemittel oder Verjüngungsmitteln zu 100 % wiederzuverwenden. Der Ausbauasphalt wird dabei mit einem bestimmten Wassergehalt verdichtet und zum Bau von Straßen mit geringem oder mäßigem Verkehrsaufkommen eingesetzt. Als Ergebnis dieses Projekts entwickelte und modifizierte das ORRAP-Team eine Methode, die auf schwedischen Erfahrungen basiert^{1, 2, 3}.

Diese Methode wird im Folgenden als „ORRAP-Methode“ bezeichnet. Sie berücksichtigt verschiedene wirtschaftliche, ökologische, technische und gesundheitliche Aspekte, da sie natürliche Ressourcen schont und die Verwendung von Materialien geringerer Qualität ermöglicht. Darüber hinaus reduziert diese 100%ige Recyclingtechnologie nicht nur die Menge der AA-Lagerbestände, sondern stellt auch eine umweltfreundliche Bauweise dar, die zur CO₂-Einsparung und Reduzierung anderer Emissionen führt.

1 Alle Anmerkungen werden am Ende des Leitfadens zusammengefasst.

2. ANWENDUNGSBEREICH UND REGULATORISCHER RAHMEN

Die ORRAP-Methode ist ein 100%iges Asphaltrecyclingverfahren für Straßen mit geringem bis mittlerem Verkehrsaufkommen (Verkehrsklasse T3–T5 in Frankreich, Verkehrsklasse T1–T3 in der Schweiz, Belastungsklasse Bk 0.3 und Bk 1.0 in Deutschland, siehe Tabelle 1). Es eignet sich besonders für regionale Straßen mit geringem Verkehrsaufkommen.

Das Verfahren erlaubt darüber hinaus die Wiederverwendung von Asphalt, der nicht für die Verwendung in Heißmischgut geeignet ist, im Falle von:

- einem PAK-Gehalt über den gesetzlichen Grenzwerten, aber unterhalb eines Grenzwertes, der die Wiederverwendung in kaltem Mischgut erlaubt (**siehe Tabelle 2**);
- einem Vorrat an Recyclingmaterial, das die Anforderungen für eine optimale Verwendung in einem Heißverfahren (Bindemittelgehalt, Granulometrie...) nicht erfüllt;
- einem Material, das bereits mehrere Recyclingzyklen durchlaufen hat und daher veränderte Eigenschaften aufweist.

Tabelle 1 / Geeignete Verkehrsbelastung für die Verwendung der ORRAP-Methode, abhängig von der vorhandenen Verkehrsklasse in Frankreich, Deutschland und der Schweiz⁴

	ORRAP möglich			Nicht empfohlen für ORRAP			
	T5 (≤ 25)	T4 (25 - 50)	T3 (50 - 150)	T2 (150 - 300)	T1 (300 - 750)	T0 (750 - 2000)	
Frankreich: Verkehrsklasse (durchschnittlicher jährlicher Schwerverkehr pro Tag)							
Deutschland: Belastungsklasse Bk (Mio. äquivalente 10 t Achslast in 30 a)	Bk 0.3		Bk 1.0	Bk 1.8	Bk 3.2	Bk 10	Bk 32 Bk 100
Schweiz: Verkehrsklasse (tägliche äquivalente Achslast, bezogen auf die 8,16 t Achse) [ESAL/d]	T1 (≤ 30)	T2 (30 - 100)	T3 (100 - 300)	T4 (300 - 1000)	T5 (1000 - 3000)	T6 (3000 - 10000)	

Da es noch keine harmonisierten Vorschriften gibt, werden die Umwelt- und Regulierungsbedingungen für die Anwendung der ORRAP-Methode in jedem Land unterschiedlich sein. Während es einheitlich vorgeschrieben ist, dass die Lagerbestände an Asphaltmaterial keinen Asbest enthalten dürfen, gibt es in jedem Land unterschiedliche gesetzliche Grenzwerte für PAK (**siehe Tabelle 2**).

Tabelle 2 / Zulässige Grenzwerte im Straßenbau⁵

	Deutschland	Schweiz	Frankreich
Asbest	NEIN		
PAK	0 - 25 mg/kg*	0 - 500 mg/kg	
Kohlenwasserstoffe C10–C21	-		0 - 300 mg/kg
Asphaltzuschlagstoffe geringerer Qualität	JA		

*Seit dem 01.01.2018 dürfen Materialien mit einem PAK-Gehalt > 25 mg/kg nicht mehr auf deutschen Bundesfernstraßen eingebaut werden. Diese für Bundesfernstraßen geltende Regelung wird im Allgemeinen auch durch andere Straßenbaulastträger angewendet.

3. FRAGESTELLUNGEN UND REGULATORISCHER RAHMEN

3.1 /// TECHNISCHE DATEN

Eine gute mechanische Leistung wurde im Labor in charakteristischen Elastizitätsmodulversuchen^{6,6,7} (wiederholte dreiachsige Belastungsversuche) nachgewiesen, wobei sich ein Material zeigte, das mit der Zeit leicht höhere Werte erreicht als ein ungebundenes Material (UGM).

Die ORRAP-Methode wird vorzugsweise als Tragschicht auf einer neuen oder einer vorhandenen alten Fahrbahnkonstruktion verwendet und entweder mit einer Heißmisch-Asphaltdecke oder einer Oberflächenbehandlung (Versiegelung) bedeckt.

3.2 /// BEWERTUNG VON NACHHALTIGKEITS- UND GESUNDHEITSASPEKTEN

3.2.1 // ZIEL DER NACHHALTIGKEITSBEWERTUNG

Um Empfehlungen für die Anwendung der ORRAP-Methode geben zu können, muss die Nachhaltigkeit dieser Methode berücksichtigt werden. Tabelle 3 listet Faktoren auf, die die Bewertungsergebnisse sowohl positiv als auch negativ beeinflussen können. Diese Faktoren bilden auch die Grundlage für allgemeine Empfehlungen für den Einsatz der ORRAP-Methode. Die Empfehlungen in diesem Kapitel gelten nur dann, wenn die in Kapitel 2 erwähnten länderspezifischen Schwellenwerte sowie lokale und materialspezifische Einschränkungen beachtet werden. Dieses Kapitel basiert auf einer trinationalen Umwelt- und Kostenbewertung, die französische, deutsche und schweizerische Standards umfasst, sowie einer zusätzlichen Umwelt- und Kostenbewertung für schweizerische Verhältnisse. Die Ergebnisse beider Studien stimmen insgesamt überein (**s. Anhang 2**), doch die Unterschiede zwischen den Studien heben den Einfluss von Szenarien und Berechnungen hervor.

Tabelle 3 / Mögliche Randbedingungen und ihre Auswirkungen auf die Nachhaltigkeitsbewertung

	Material, Transport, Baustellenkosten (ökonomisch)	Energiebedarf für Materialproduktion, Baustelle, Transporte (ökonomisch und ökologisch)	Materialverbrauch (ökologisch)	Zeitbedarf für zusätzlichen Verkehr (Verkehrsteilnehmer)	Energiebedarf für zusätzlichen Verkehr (ökologisch)	Humantoxizität und Ökotoxizität (PAK)
Schichtdicke	X	X	X			X
Lebensdauerabschätzung	X	X	X	X	X	X
Notwendigkeit einer zusätzlichen Asphaltdeckschicht	X	X	X	X	X	X
Entfernung zwischen Materialgewinnung und Mischanlage/Baustelle	X	X				
Zusätzliche Länge der Umleitungsstrecke				X	X	
Stärke des Umleitungsverkehrs				X	X	
PAK-Grenzwerte für Material und Einsatzgebiet						X

Zur Beurteilung der Nachhaltigkeit werden verschiedene Bauweisen unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten miteinander verglichen (**siehe Anhang 2**). Darüber hinaus müssen bei der Bewertung der Bauweise die Auswirkungen auf den Verkehr und die Gesundheit der Beschäftigten sowie der Bevölkerung berücksichtigt werden.

Die in Anhang 2 betrachteten Bauweisen spiegeln die Grenzen der zu erwartenden Nutzung wider. Da eine standardisierte ORRAP-Methode noch nicht existiert, werden die folgenden Aspekte variiert:

- Lebensdauer;
- mit oder ohne Asphaltdeckschicht auf der ORRAP-Schicht;
- Ersatz einer Asphaltschicht mit Heißmischgut oder einer Schicht aus ungebundenem Material (UGM).

Die wichtigsten Empfehlungen zur Anwendung der ORRAP-Methode sind nachstehend zusammengefasst. Die entsprechenden Ergebnisse der ökologischen und ökonomischen Bewertung sind im Anhang 2 dokumentiert.

3.2.2 // UMWELTAUSWIRKUNGEN

Der Primärenergiebedarf und der Verbrauch natürlicher Ressourcen wurden verglichen. Die Treibhausgasemissionen sind weitgehend proportional zum Primärenergiebedarf. Zwar gibt es noch weitere Indikatoren bezüglich der Umweltauswirkungen, doch diese wurden im Rahmen dieser Studie über die ORRAP-Methode nicht angewendet.

/ Primärenergiebedarf und Treibhauspotenzial (GWP)

Die ORRAP-Methode kann zu erheblichen Einsparungen des Primärenergiebedarfs und zur Senkung des GWP führen:

- diese können durch die ORRAP-Methode im Vergleich zum Einsatz von Heißmischgut (Belag mit Asphaltbeton) deutlich reduziert werden, insbesondere dann, wenn keine Asphaltdeckschicht vorgesehen ist;
- sie können durch die ORRAP-Methode im Vergleich zur UGM-Schicht in gewissem Umfang reduziert werden;
- sie können erheblich reduziert werden, wenn bei der Instandsetzung die vorhandene ORRAP-Schicht entfernt, vor Ort wiederaufbereitet und wieder eingebaut wird, im Vergleich zu Transport und Aufbereitung in einem Mischwerk.

Der Primärenergiebedarf und der GWP für den Umleitungsverkehr sind beträchtlich, aber im Allgemeinen wesentlich niedriger als für die Baumaßnahme. Der Primärenergiebedarf und der GWP sind höher, wenn lange Umleitungsstrecken und/oder starker Umleitungsverkehr angesetzt werden.

/ Nutzung natürlicher Ressourcen

Die ORRAP-Methode kann den Bedarf an primären Baustoffen senken:

- Er ist bei der ORRAP-Methode im Vergleich zum Einsatz von Heißmischgut etwas geringer, wenn keine Asphaltdeckschicht vorgesehen ist. Wenn eine Asphaltdeckschicht erforderlich ist, ist der primäre Baustoffbedarf fast derselbe wie bei Verwendung von Heißmischgut;
- Er ist bei der ORRAP-Methode im Vergleich zur Bauweise mit einer UGM-Schicht mit primären natürlichen Zuschlagstoffen deutlich niedriger.

Die ORRAP-Methode erhöht den Einsatz von Ausbausphalt im Vergleich zu einer UGM-Schicht, wodurch Lagerbestände reduziert werden können. Die Verwendung von Ausbausphalt ist bei der ORRAP-Methode ebenfalls höher als bei einer Asphaltbauweise mit Heißmischgut. Dies gilt allerdings nur, wenn die ORRAP-Schicht zum ersten Mal hergestellt wird.

/ Ökologische Knappheitspunkte

Die Umweltindikatoren wurden auch mit der Methode der ökologischen Knappheit aggregiert, die auf der Schweizer Umweltpolitik basiert. Die Ergebnisse zeigen eine etwas bessere Leistung (12 %) für die ORRAP-Methode (**siehe Anhang 2**).

3.2.3 // ÖKONOMISCHER ANSATZ

Die ORRAP-Methode kann unter den folgenden Bedingungen zu erheblichen Einsparungen bei den Baukosten führen (Deponiekosten werden nicht berücksichtigt):

- die Baukosten können durch die ORRAP-Methode im Vergleich zu einer Asphaltdecke mit Heißmischgut reduziert werden, wenn keine Asphaltdeckschicht vorgesehen ist;
- verglichen mit der Baumethode mit einer UGM-Schicht sind die Kosten ungefähr gleich;
- die Kosten können gesenkt werden, wenn die Materialtransporte reduziert werden können. Dies ist möglich, wenn die bestehende ORRAP-Schicht entfernt, vor Ort wiederaufbereitet und neu eingebaut wird.

3.2.4 // AUSWIRKUNGEN AUF DIE VERKEHRSTEILNEHMER

Die ORRAP-Methode und der Einbau von Heißmischgut erfordern die gleiche Bauzeit und haben somit die gleichen Auswirkungen auf den Verkehr. Hat die ORRAP-Strecke jedoch eine kürzere Lebensdauer, führen die zusätzlichen Erneuerungsmaßnahmen zu mehr Zeitverlusten für die Verkehrsteilnehmer. Je länger die Umleitungsstrecke und/oder je größer das umzuleitende Verkehrsaufkommen ist, desto größer sind der Zeitverlust und andere Auswirkungen für die Verkehrsteilnehmer.

3.2.5 // HUMANTOXIZITÄT UND ÖKOTOXIZITÄT

Die Humantoxizität und Ökotoxizität (Umwelt) von PAK wurden mit dem USEtox-Modell berechnet. Nach dieser Methode ergibt die Exposition gegenüber Dämpfen den höchsten und die Exposition gegenüber Staub den zweithöchsten Toxizitätswert. Dieser Effekt könnte jedoch dadurch erklärt werden, dass die Daten möglicherweise nicht repräsentativ genug sind. Es wurde angenommen, dass die PAK-Exposition durch Dämpfe proportional zur Menge der heiß verarbeiteten Recyclingmaterialien ist, die Teil der Referenzbauweise mit heiß eingebauter Asphalttragschicht, aber nicht der ORRAP-Schicht ist. Die PAK-Exposition durch Staub wurde ferner proportional zur Gesamtmenge der heiß und kalt verarbeiteten Recyclingmaterialien angenommen. Diese Menge ist bei der ORRAP-Methode höher. Folglich ist die PAK-Exposition durch Dämpfe bei der ORRAP-Methode geringer, die PAK-Exposition durch Staub jedoch höher.

4. HERSTELLUNG, ENTWICKLUNG UND ANWENDUNG

4.1 /// HERKUNFT UND VORKOMMEN

Die meisten im Oberrhein verwendeten Asphalte bestehen aus Silikat- und Kalkstein-Sedimenten aus dem Rhein. Infolgedessen werden die intrinsischen Eigenschaften der Gesteinskörnungen als mehr oder weniger homogen und als gut kontrolliert eingestuft. Die im Rahmen des ORRAP-Projekts durchgeführten Untersuchungen ergaben für die Parameter Dichte, Fragmentierungsbeständigkeit und Verschleiß ähnliche Ergebnisse zwischen den Materialien aus Halden von Asphaltgranulat in Deutschland, der Schweiz und Frankreich.

4.2 /// HERSTELLUNGSPROZESS

Asphaltgranulat wird durch Fräsen und durch Brechen und/oder Sieben von Asphalt hergestellt. Während dieser Prozesse ist es von besonderer Bedeutung, keine großen Brocken/Klumpen zu erzeugen.

4.2.1 // FRÄSEN

Eine gute Frästechnik (konstante Schichtdicke, Rotordrehzahl usw.) vereinfacht die nachfolgenden Brech- und Siebvorgänge.

4.2.2 // BRECHEN UND/ODER SIEBEN

Recycelte oder ausgebaute Asphaltbeläge (AA), die zu Brech- und Siebanlagen transportiert werden, stammen häufig aus verschiedenen Quellen. Diese Herkunftsbedingungen beeinflussen die weiteren Produktionsprozesse.

Asphalтанlagen erhalten täglich Ausbauasphalt in vier Hauptformen:

- gefrästen Asphalt aus Straßenbelägen;
- ausgebauten Asphalt aus Straßenbelägen in Form von Platten und Schollen;
- frischen Asphalt als Rücktransporte von überschüssigem Asphalt von der Baustelle;
- frischen Asphalt aus überschüssiger Asphaltproduktion in der Anlage.

Das Haldenmanagement des AA bestimmt die notwendige Weiterverarbeitung. Insbesondere muss frischer (überschüssiger) Asphalt entsprechend gelagert werden, um eine Klumpenbildung zu vermeiden. Falls dies nicht erfolgen kann, ist eine Vorbehandlung mit einem Grobbrecher erforderlich, um die Blockgröße auf 500 mm zu reduzieren, bevor die Brechanlage durchlaufen wird.

Abhängig von der Art der ausgebauten Materialien (EN 13108-8) erfordert die Herstellung von Ausbauasphalt gegebenenfalls:

- Zerkleinern (Brechen) und Sieben von Asphalttschollen und -brocken;
- ODER
- sieben von grobem Fräsgut.

Am Ende dieser Prozesse wird das gesiebte Asphaltgranulat wieder in Haldenform gelagert. Dabei ist durch entsprechendes Haldenmanagement eine weitere Homogenisierung des Materials anzustreben, z. B. durch Aufschüttung in horizontalen Schichten, die von unten nach oben wieder abgetragen werden.

4.2.3 // LAGERUNG

Für die Lagerung von Asphaltgranulat gelten die gleichen Regeln wie für die Lagerung natürlicher Zuschlagstoffe. Um die Entstehung von Brocken/Klumpen zu begrenzen, ist es jedoch ratsam, den Verkehr von Fahrzeugen auf den Halden zu vermeiden.

Wenn ein Lagerplatz mehrere Halden mit unterschiedlichem Asphaltgranulat umfasst, müssen diese gekennzeichnet werden (Schild mit Angabe der Korngröße).

Es wird empfohlen, AA-Bestände nach dem Siebvorgang abzudecken oder auf andere Weise vor Regen zu schützen, um den Wassergehalt unter Kontrolle zu halten.

Wenn die Homogenität des Materials als nicht ausreichend betrachtet wird, sollte sie durch teilweisen Abbau der Halde und Vermischen verbessert werden. Bei „großen“ Beständen ermöglicht dies eine bessere Kontrolle von Schwankungen des Bindemittelgehalts und der Korngröße. Anschließend ist es notwendig, jeden Teilbestand durch seine Korngröße und seinen Bindemittelgehalt zu charakterisieren, da die anderen Eigenschaften bereits im Anfangsbestand identifiziert wurden.

4.3 /// VORBEREITUNG DES UNTERGRUNDS

Vor der Anwendung der ORRAP-Methode werden eine Ortsbesichtigung und eine Prüfung des Zustands der Tragschicht empfohlen (**siehe Abschnitt Qualitätskontrolle**). Es ist wichtig, alle erforderlichen Vorarbeiten durchzuführen. Je nach Zustand und Art der Materialien des vorhandenen Belags kann es erforderlich sein, Risse zu behandeln und/oder eine Versiegelungsschicht (Haftkleber) aufzutragen.

In einigen Fällen kann das Fräsen oder Aufrauen des vorhandenen Belags erforderlich sein, um dessen Dicke zu verringern und die nötige Oberflächenrauheit zur Sicherstellung eines guten Haftverbunds zu erreichen. Zusätzlich wird das Aufbringen eines Haftklebers empfohlen.

Die ORRAP-Methode auf den Teststrecken in der Schweiz und in Frankreich wurde auf einer bestehenden (Asphalttrag-)Schicht angewendet. Auch wenn dies im Rahmen dieses Projekts nicht evaluiert wurde, könnte eine Anwendung auf einer ungebundenen Schicht erfolgen.

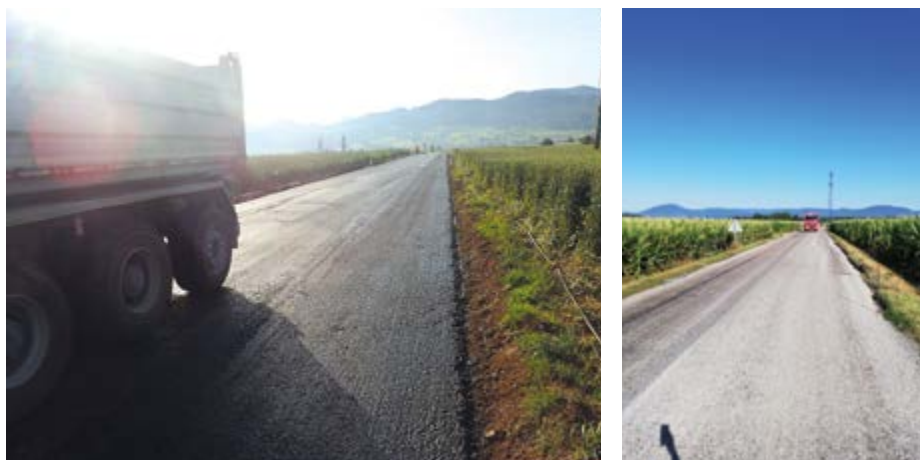


Abbildung 2/ ORRAP-Teststrecken Schweiz & Frankreich - Untergrund Haftgrund/einlagige Beschichtung. Quelle: Cerema

4.4 /// EINBAU

Vor dem Einbau ist das ordnungsgemäße Funktionieren aller benötigten Baumaschinen sicherzustellen.

Das Aufbringen der ORRAP-Materialien kann mit einem Grader oder Straßenfertiger erfolgen.

Obwohl die ORRAP-Schicht bei Umgebungstemperatur eingebaut werden kann, sollte die Mindesttemperatur nicht unter 15 °C liegen. Insgesamt ist der Einbau in der warmen Jahreszeit vorzuziehen. Es wird empfohlen, ORRAP-Materialien nicht bei starkem Regen einzubauen.



Abbildung 3/ ORRAP Schweiz & Frankreich - Einbau mit Straßenfertiger/Grader
Quellen: Empa & Cerema

Die empfohlene Minstdicke der ORRAP-Methode beträgt:

- 3x U, wobei U dem Durchmesser des nominellen Größtkorns des Asphaltgranulats entspricht;

ODER

- 5x D, wobei D dem Durchmesser des nominellen Größtkorns des extrahierten Mineralstoffgemischs entspricht.

Die in einem Arbeitsgang eingebrachte Schichtdicke beträgt maximal 15 cm. Derzeit wird eine maximale Gesamtschichtdicke von höchstens 25 cm empfohlen (höhere Schichtdicken wurden im Rahmen des Projekts nicht untersucht und es besteht der Verdacht eines erhöhten Spurrinnenrisikos).

Während der Anwendung muss das ORRAP-Material ausreichend feuchtgehalten werden (Ermittlung des optimalen Wassergehalts durch den Modifizierten Proctor Test – MPO), um die Verdichtung des Materials zu erleichtern. Typischerweise kann ein Wassergehalt W (MPO) + 2/- 1 % angenommen werden. In jedem Fall ist es wichtig, dass das Material ausreichend verdichtungsfähig ist (durchschnittlicher Verdichtungsgrad vor Ort ≥ 97 % des Verdichtungsgrads MPO).

Die Charakterisierung der ORRAP-Materialien zeigte im Forschungsprojekt eine geringe Abhängigkeit der maximalen Verdichtung des Wassergehalts. Damit ist eine Befeuchtung in der Asphaltanlage nicht erforderlich und es kann vor Ort bewässert werden. Daher muss vor und während des Einbaus sowie vor dem Verdichten eine spezielle Vorrichtung zum Bewässern des Materials verwendet werden. Dies kann mit auf dem Straßenfertiger (Bohle, Schnecke) montierten Bewässerungsvorrichtungen erfolgen. Gute Ergebnisse werden aber auch mit Exaktverteilern erzielt, die an Wassertanks montiert sind.



Abbildung 4/ ORRAP Schweiz & Frankreich - (Sprüh-)Bewässerung. Quelle: Cerema

Die Verdichtung kann mit Gummiradwalzen und Stahlglattradwalzen erfolgen, wobei letztere für eine glatte und gleichmäßige Oberfläche sorgen.

Bei Verwendung der Vibrationsvorrichtung an Stahlglattradwalzen ist darauf zu achten, dass eine Rissbildung vermieden wird. Abhängig vom Feuchtigkeitszustand des Materials können durch die Vibration der Stahlwalzen Risse entstehen, die mit Gummiradwalzen geschlossen werden müssen. Sollten die Risse nach erneuter Befeuchtung des Materials bestehen bleiben, wird empfohlen, die Vibrationen einzustellen und den Vorgang unter erhöhtem Einsatz der Gummiradwalzen fortzusetzen. Generell ist hier der Einsatz von schweren Stahlradwalzen zu vermeiden. Im Zweifelsfall sollte auf den ersten 100 Metern der Baustelle ein Testabschnitt angelegt werden, um den Einsatz der Verdichtungsgeräte anzupassen.



Abbildung 5/ ORRAP Schweiz - Rissbildung durch Vibration. Quelle: Cerema

Die Verdichtung der Bankette (insbesondere außerhalb städtischer Gebiete) ist schwieriger als beim Einbau von Heißasphalt oder von ungebundenen Schichten. Daher wird empfohlen, die ORRAP-Schicht mit einer Breite aufzutragen, die größer ist als diejenige der Fahrspur, um so ein Befahren der Randbereiche zu vermeiden (ca. 30 bis 50 cm zusätzliche Breite). Falls erforderlich, kann eine Stabilisierung der Bankette mit konventionellem UGM vor Einbau der ORRAP-Schicht in Betracht gezogen werden.



Abbildung 6 / ORRAP Schweiz & Frankreich - Schwierige Verdichtung der Bankette
Quelle: Cerema

Im Allgemeinen entspricht der Verdichtungsaufwand (Anzahl der Walzengänge) dem für ungebundenes Material (Schotterstraße) und ungefähr dem doppelten Aufwand, der für die Heißasphaltbauweise erforderlich ist. Höhere Temperaturen verbessern die Verdichtbarkeit des ORRAP-Materials und führen zu einer Verringerung der Walzengänge.



Abbildung 7 / ORRAP Schweiz & Frankreich - Verdichtung. Quelle: Cerema

Nach dem Einbau des ORRAP-Materials darf der Streckenabschnitt nur mit geeigneten Vorkehrungen für den Verkehr (Geschwindigkeitsbegrenzung, Warnbeschilderung...) einige Tage ohne Deckschicht belassen werden.

Die ORRAP-Methode kann nicht für eine Deckschicht verwendet werden, da das Asphaltgranulat nicht den Anforderungen für Deckschichten (Qualität der Gesteinskörnung, Mikrotextrur, Makrotextrur) entspricht und das Risiko von Straßenschäden und Kornausbrüchen besteht. Daher wird empfohlen, am Tag nach dem Einbau des ORRAP-Materials eine Asphaltbetondeckschicht oder eine Versiegelung aufzutragen. In jedem Fall wird empfohlen, die ORRAP-Streckenabschnitte während der ersten 3 Monate im Hinblick auf etwaige Spurrinnenbildung (einhergehend mit der Nachverdichtung des Materials) zu überwachen. Sollten Spurrinnen auftreten, muss die zuvor aufgebraachte Versiegelung mit einer Asphaltbetonschicht überbaut werden.



Abbildung 8 / ORRAP Frankreich - Oberflächenversiegelung als Endbehandlung. Quelle: Cerema

4.5 /// MATERIALEIGENSCHAFTEN UND PRODUKTDATENBLÄTTER

4.5.1 // AUSGANGSSTOFF: ASPHALTGRANULAT

In technischer Hinsicht setzt die Verwendung von Asphaltgranulat bei der ORRAP-Methode die Bestimmung entsprechender Kenndaten und die Bereitstellung eines Produktdatenblatts voraus. Letzteres umfasst mindestens folgende Elemente:

- Kategorie des Asphaltgranulats U RA 0/D mm (EN 13108-8);
- Korngrößenverteilung der Zuschlagstoffe ohne Bindemittel (EN 12697-2), Mindest- und Höchstwerte auf Basis eines Tests / 2000 Tonnen – mindestens 3 Analysen pro Halde;
- Bindemittelgehalt (EN 12697-1), Mindest- und Höchstwerte auf der Grundlage eines Tests / 2000 Tonnen – mindestens 3 Analysen pro Halde;
- Bestimmung der Nadelpenetration (EN 1426) und des Erweichungspunktes Ping und Kugel (EN 1427) sowie der Mindest- und Höchstwerte auf der Grundlage eines Tests / 2000 Tonnen – mindestens 2 Analysen pro Halde;
- Bestimmung der Rohdichte von Asphaltgranulat (EN 12697-5) anhand von 1 Test pro Halde.

4.5.2 // PRODUKT: ORRAP-METHODE

In technischer Hinsicht setzt die Verwendung von Asphaltgranulat bei der ORRAP-Methode die Bestimmung entsprechender Kenndaten und die Bereitstellung eines Produktdatenblatts voraus. Letzteres umfasst mindestens folgende Elemente:

- Proctorversuch (EN 13286-2) zur Bestimmung der Referenz-Trockendichte und des optimalen Wassergehalts anhand von einem Test pro Halde;
- Bestimmung des CBR-Werts (direkter Tragindex) (EN 13286-47) anhand von einem Test pro Halde.

Ein Triaxialtest mit wiederholter Belastung^{6, 7, 8} muss durchgeführt werden, wenn eine Optimierung der Struktur dahingehend gewünscht wird, dass die Schichtdicke verringert werden soll.

Bei Zweifel an der Widerstandsfähigkeit gegen bleibende Verformungen (Spurrinnenbildung) des Produkts im Anfangsstadium kann ein Spurbildungsversuch durchgeführt werden^{8, 9}. Dies kann mit dem Standardtest (EN 12697-22) oder an einem größeren Prüfkörper mit dem Verkehrslastsimulator MMLS3 erfolgen¹¹.

5. QUALITÄTSKONTROLLE

Das ausführende Unternehmen muss in seinem Qualitätssicherungsplan die für die Durchführung des Projekts eingesetzten Mittel und Kontrollverfahren angeben.

5.1 /// VORBEREITUNG DES UNTERGRUNDS

Im Zweifelsfall muss die Qualität der Tragschicht (Belastbarkeit) mechanisch überprüft werden.

5.2 /// KONTROLLEN VOR ORT

Während des Einbaus sollten Verdichtungsprüfungen durchgeführt werden, um eine ordnungsgemäße Verdichtung des verwendeten Materials sicherzustellen. In diesem Fall wird ein Dual-Source-Gamma-Densimeter (Cäsium 137 – Americium 241/Beryllium 9) bevorzugt, das auch Informationen über den Wassergehalt des Produkts liefert. Strommessgeräte mit elektro-magnetischer Übertragung eignen sich bei Materialien mit hohem Wassergehalt, wie dem ORRAP-Material, dagegen nicht.

Es ist wichtig, die Umgebungstemperatur während des Einbaus und gegebenenfalls die Temperatur des Mischguts während der Verdichtung zu überwachen.

Die Dicke der Schicht kann während des Einbaus ebenfalls mit einem Tiefenmesser überprüft werden.

5.3 /// KONTROLLEN IM LABOR

Können während des Einbaus keine Verdichtungskontrollen stattfinden, wird empfohlen, eine Probenentnahme zur Bestimmung des Wassergehalts im Labor vorzunehmen.

Außerdem sollten Labortests durchgeführt werden, um die Übereinstimmung der Eigenschaften zwischen dem eingebauten Produkt und dem zuvor erstellten technischen Datenblatt sicherzustellen, wie z. B. Bindemittelgehalt und Korngrößenverteilung. Die Ergebnisse werden mit dem entsprechenden Datenblatt verglichen.

5.4 /// KONTROLLEN NACH DER ANWENDUNG

Bei Spurrinnenbildung (visuelle Überprüfung) müssen zur Quantifizierung der Spurrinnen weitere Tests durchgeführt werden. Wenn die Spurrinntiefe nach 3 bis 6 Monaten im Durchschnitt 10 mm oder maximal 15 mm überschreitet, wird empfohlen, eine Asphaltbetondeckschicht aufzutragen. Bei bestehender

Asphaltbetondeckschicht sind u. U. Profilierungs- und/oder Fräsarbeiten nötig. Weitere Tests sind einzuplanen, um die Stabilität des Materials zu überprüfen. Insbesondere können Deflexionstests im Anfangsstadium (nach dem Aufbringen der Oberflächenschicht) und nach mindestens 3 Monaten durchgeführt werden, um die Ergebnisse zu vergleichen und die Erhöhung der Materialstabilität zu bewerten.

Derzeit ist es nicht möglich, Anforderungen an die Längsebenheit festzulegen. Es wird jedoch empfohlen, diese Eigenschaft mit einer Messung zu bestimmen. Eine gute Längsebenheit ist bei einer ORRAP-Schicht mit einer Versiegelung (Oberflächenbehandlung) nur schwer zu erreichen. Bei Bedarf kann die Längsebenheit einige Monate später durch das Aufbringen einer Asphaltbetondeckschicht verbessert werden.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Detaillierte Ergebnisse sind in¹² zu finden.

6.1 /// EMPFEHLUNGEN

- Die ORRAP-Methode wird nur für Tragschichten und für Straßen mit geringer Verkehrsbelastung empfohlen (**siehe Tabelle 1**). Eine Verwendung auf Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen wird nicht empfohlen, da dies nicht evaluiert wurde.
- Das Auftragen der ORRAP-Schicht in der kalten Jahreszeit wird nicht empfohlen: (niedrigere Temperaturen haben negative Auswirkungen auf die Verdichtbarkeit und Festigkeitsentwicklung des Produkts, auch ist das Aufbringen einer Versiegelung in der kalten Jahreszeit problematisch).
- Bei der Herstellung des Asphaltgranulats muss die Bildung von Brocken/ Klumpen, die den Einbau mit dem Fertiger erschweren oder zu Fehlstellen in der eingebauten Schicht führen können, vermieden werden.
- Die in einem Arbeitsgang einzubringende Schichtdicke beträgt maximal 15 cm. Die maximale Gesamtschichtdicke beträgt 25 cm.
- Um Rissbildung zu vermeiden, wird empfohlen, die Verwendung von zu schweren Stahlwalzen zu vermeiden.
- Die ORRAP-Schicht erfordert einen hohen Verdichtungsaufwand, vergleichbar mit ungebundenem Material (Schotterstraße), jedoch ungefähr doppelt so hoch wie beim Heißasphalteinbau.
- Da die Verdichtung der Bankette schwierig ist, wird empfohlen, die ORRAP-Schicht mit einer größeren Breite einzubauen, die größer ist als diejenige der Fahrspur, um ein Befahren der Randbereiche an den Fahrbahnrändern zu vermeiden (ca. 30 bis 50 cm zusätzliche Breite). Falls erforderlich, kann eine Stabilisierung der Bankette in Betracht gezogen werden.
- Die ORRAP-Schicht muss mit einer Deckschicht (Versiegelung oder Asphaltbeton) überdeckt sein.
- Eine gute Längsebenheit ist bei einer ORRAP-Schicht mit einer Versiegelung (Oberflächenbehandlungsmittel) nur schwer zu erreichen.
- Die ORRAP-Methode erfordert während der ersten Monate eine Überwachung (mögliche Spurrinnenbildung).

6.2 /// VERGLEICH MIT ANDEREN TECHNIKEN

Die nachstehende Übersichtstabelle zeigt die Hauptunterschiede zwischen der ORRAP-Methode und einer ungebundenen Bauweise (Schotterstraße) einerseits und einem Heißasphalteinbau andererseits.

Tabelle 4 / Technischer Vergleich der ORRAP-Methode mit einer Schotterstraße (UGM) und Asphalttheißenbau

	ORRAP im Vergleich zu Schotterstraße	ORRAP im Vergleich zu Asphalttheißenbau
Mechanisches Verhalten	= / + (Anfangsstadium) / (Langzeit)	-
Herstellungsaufwand	= / + (Schotter aus Steinbruch) / (Gesteinskörnung aus Mischanlage)	+ (keine Mischanlage)
Lagerfähigkeit	- (Klumpenbildung)	+ (kaltes Material)
Anwendungsfreundlichkeit	- (Verdichtungsprobleme)	- (Verdichtungsprobleme)
Charakterisierungsaufwand	- (Bindemittelgehalt)	+ (geringere Anforderungen)
Wiederverwendbarkeit	=	- (mögliche PAK-Gehalte)
Kurzzeitverhalten	- / = (Spurrinnenbildung)	- (Spurrinnenbildung)
Langzeitverhalten	+	- (Steifigkeit)

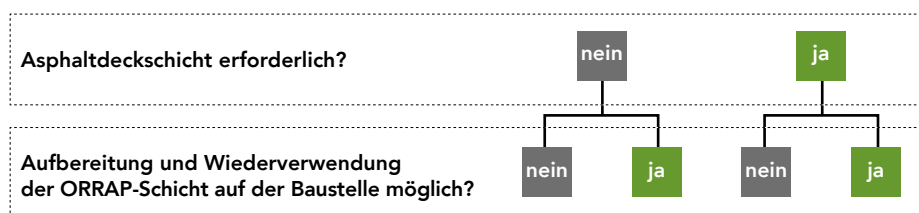
Zeichen

+: besser

=: gleich

-: schlechter

Der Primärenergiebedarf und das Treibhauspotential der ORRAP-Methode sind häufig geringer. Der Einsatz von Primärmaterialien kann reduziert werden. Diese Vorteile hängen von der Art der Konstruktion und der Lebensdauer der ORRAP-Methode ab. Eine Senkung der Baukosten ist möglich, stellt jedoch nicht den Hauptgrund für die Verwendung der ORRAP-Methode dar (siehe **Abbildung 9, Abbildung 10**).



Bewertung Primärenergiebedarf*	+	++	+	++
Bewertung Primärbaustoffbedarf	+++	+++	+++	+++
Bewertung Baulastträgerkosten	+	++	+	++
Bewertung Zeitbedarf der Nutzer durch kürzere Sperrzeiten der Strecke	0	0	0	0
*Direkt der Baumaßnahme zuzuordnender Primärenergiebedarf, ohne Berücksichtigung des Kraftstoffmeherverbrauchs durch Umleitungsverkehr infolge der Baumaßnahmen.				

Abbildung 9 / Nachhaltigkeitsvergleich der ORRAP-Methode mit einer UGM mit natürlichen Mineralstoffen

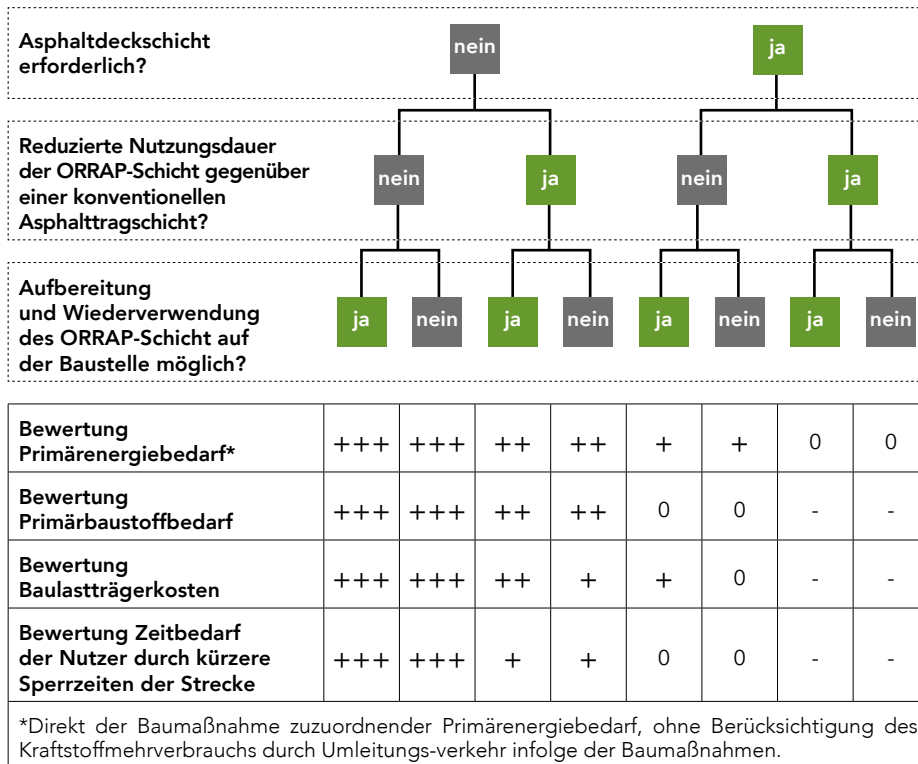


Abbildung 10 / Nachhaltigkeitsvergleich der ORRAP-Methode mit dem Einsatz von Asphaltbeton im Heißeinbau

7. DANKSAGUNG

Das Projekt ORRAP wurde von mehreren Partnern kofinanziert: INSA Strasbourg (Hauptpartner), Cerema, Hochschule Karlsruhe (HsKA), Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) und Tiefbauamt – Kanton Basel-Landschaft. Zwölf assoziierte Partner sind Teil des Konsortiums: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Deutsches Asphaltinstitut (DAI), Colas Est,

LABINFRA (Groupe hydro-géotechnique), Société alsacienne de recyclage des matériaux (SARM), Südwest Asphalt GmbH & Co, Ziegler AG – Bauunternehmung, Département du Haut-Rhin (CD68), Département du Bas-Rhin (CD67), Regionalverband Mittlerer Oberrhein, Stadt Karlsruhe und Landkreis Karlsruhe.

Mit einem Gesamtbudget von 1,48 Mio. € wird ORRAP vom Programm INTER-REG V Oberrhein mit 436.201 € des EFRE (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) kofinanziert. Im Rahmen der Schweizerischen Neuen Regionalpolitik (NPR) wird das Projekt zusätzlich von der Schweizerischen Eidgenossenschaft, dem Kanton Aargau und dem Kanton Basel-Landschaft unterstützt.

ORRAP begann im November 2016 und sollte im Oktober 2019 enden. Aufgrund der Anforderungen der laufenden Experimente und der Auswirkungen der Covid-19-Gesundheitskrise wurde die Laufzeit bis Dezember 2020 verlängert.

8. LITERATUR

1. Jacobson, T., *Återvinning av krossad asphalt som bär- och förstärkningslager. Del 2 – Erfarenheter från fältstudier*, VTI notat 32-2002, 2003.
2. Jacobson, T., *Återvinning av tjärasfalt och krossad asfaltbeläggning vid motorvägsbygget på E4, Markaryd*, VTI notat 9-2007, 2007.
3. Jacobson, T., & Waldemarson, A., *Återvinning av asfaltgranulat vid motorvägsbygget på E4, Markaryd- Uppföljningar åren 2005-2010*, VTI notat 25-2010, 2011.
4. Traffic class:
 - France: norme NF P 98-086.
 - Germany: „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO)“. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe „Infrastrukturmanagement“, FGSV 499, Ausgabe 2012.
 - Switzerland: „SN 640430 Walzasphalt Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten“ « Enrobés bitumineux compactés Conception, exécution et exigences relatives aux couches en place », Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS, 2014.
5. Authorized thresholds in road construction:
 - France: « Guide d’acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs issus du BTP » “Guide for the environmental acceptability of alternative materials from the construction industry”, IDRRIM, France.
 - Germany: „Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 16/2015. Betreff: Regelungen zur Verwertung von Straßenausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen in Bundesfernstraßen“, Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, 2015.„Technische Lieferbedingungen für Asphaltgranulat – TL AG-StB“. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe „Asphaltbauweisen“, FGSV 749, Ausgabe 2009.
 - Switzerland: „Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)“, version 01.01.2019. www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20141858« Ordonnance sur la limitation et l’élimination des déchets. (Ordonnance sur les déchets, OLED) », version 01/01/2019. www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20141858/index.html
6. Gaillard, L., *Comportement thermo-hydro-mécanique des agrégats d’enrobés compactés non saturés*, thèse de l’Université de Strasbourg, INSA Strasbourg, thèse soutenue publiquement le 15/11/2019.
7. Gaillard, L., *Comportement thermo-hydro-mécanique des agrégats d’enrobés compactés non saturés*, thèse de l’Université de Strasbourg, INSA Strasbourg, soutenue publiquement le 15/11/2019..
9. Raab, C., Partl, M. N., & Bensa, C., “100% recycling of low-temp asphalt for minor roads – lab compaction and traffic simulation”. In M. Pasetto, M. N. Partl, & G. Tebaldi (Eds.), *Lecture notes in civil engineering*, Vol. 48. Proceedings of the 5th International symposium on asphalt pavements and environment (APE), Padua (pp. 235-245), 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29779-4_23
10. Raab C., Partl Manfred, “Laboratory Evaluation and Construction of Fully Recycled Low-Temperature Asphalt for Low-Volume Roads”, *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2020, Article ID 4904056, 12 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/4904056>
11. Hugo, F., Epps, A., *Significant findings from accelerated pavement testing*, NCHRP, Synthesis 325, Washington, TRB 2004.
12. « Rapport final du projet ORRAP » www.orrapp.org
www.hs-karlsruhe.de/ivi/forschungsprojekte/orrapp
www.cerema.fr/orrapp

ANHANG 1. EXPERIMENTELLE TESTSTANDORTE

TABELLE – TESTSTRECKE FRANKREICH

Parameter	Schotter 15 cm (Referenz)	ORRAP 12 cm	ORRAP 15 cm
Ort	Sermersheim, Bas-Rhin (67), RD 129, Frankreich		
Verkehrsbelastung	70 LKW/Tag, entspricht Bk 1,0		
Länge des Abschnitts	200 m	200 m	200 m
Fahrbahnbreite	4,50 m		
Bestehender Aufbau	60 bis 100 mm Asphaltbeton (6 Bohrkerne) auf Schroppen/geländegleich		
Neuaufbau	Schotter 15 cm (Referenz)	ORRAP 12 cm	ORRAP 15 cm
Versiegelung	Oberflächenbeschichtung MSG 6,3/10		
Zusätzliche Arbeiten	Verbreiterung auf 5,50 m mit Schotter (Bankette)		
PAK-Gehalt (16EPA-PAK)	Nicht anwendbar	103 mg/kg M.S.	
Proctordichte	2,197 mg/m ³	1,956 mg/m ³	
Opt. Wassergehalt (Proctor)	7,2 %	7,2 %	
Raumdichte (trocken) (Isotopsonde)	2,089 mg/m ³	1,883 mg/m ³	1,837 mg/m ³
Wassergehalt auf der Baustelle	7,0 %	9,2 %	
Korngrößenverteilung Asphaltgranulat*			
Korngrößenverteilung extrahiertes Gestein*			
Bindemittelgehalt	-	5,27 %	
E-Modul	222 MPA**	425 MPA	
Verformung (Benkelmann) nach dem Einbau	70 ^{1/100e} mm	81 ^{1/100e} mm	77 ^{1/100e} mm
Verformung (Benkelmann) nach 1 Jahr	53 ^{1/100e} mm	70 ^{1/100e} mm	68 ^{1/100e} mm

*Laborcharge β : Asphaltgranulat für Laboruntersuchungen im ORRAP-Projekt.

**Erhalten durch zusammengesetzte Schottermischung im Labor.

TABELLE – TESTSTRECKE SCHWEIZ

Parameter	ORRAP 10 cm
Ort	Wahlen, Kanton Basel-Landschaft, Schweiz
Länge des Abschnitts	380 m
Fahrbahnbreite	5,50 m
Bestehender Aufbau	200 mm Asphaltbeton
Neuaufbau	ORRAP 10 cm
Deckschicht	Asphaltbeton 4 cm
Zusätzliche Arbeiten	Verbreiterung auf 6,00 m mit Asphaltbeton
Korngrößenverteilung Asphaltgranulat*	
Korngrößenverteilung extrahiertes Gestein*	
Bindemittelgehalt	4,67 %
E-Modul	372 MPA

*Laborcharge β: Asphaltgranulat für Laboruntersuchungen im ORRAP-Projekt.

ANHANG 2. BEWERTUNG DER NACHHALTIGKEIT

Für die Nachhaltigkeitsbewertung wird die ORRAP-Methode als Ersatz für entweder eine Asphalttragschicht oder eine ungebundene Tragschicht betrachtet.

Die folgenden Bauweisen werden daher variiert (siehe Tabelle 1):













- ORRAP-Verfahren: ORRAP-Schicht auf vorhandenem Belag ohne (OM1, OM2) oder mit Asphaltdeckschicht (OM3, OM4);
- Heißmischgutaufbau (konventionelles Verfahren): Asphalttragschicht auf ungebundener Schicht und mit Asphaltdeckschicht, Dicke der Asphalttragschicht: 8 cm (CM1) bzw. 11 cm (CM2);
- ungebundener Aufbau: ungebundene Schicht auf vorhandenem Belag ohne (UGM1, UGM2) oder mit Asphaltdeckschicht (UGM3, UGM4).

Da aufgrund fehlender Langzeitergebnisse derzeit keine verlässlichen Aussagen über die Lebensdauer der ORRAP-Methode möglich sind, wird auch die Lebensdauer der ORRAP-Schicht und ggf. der Asphaltdeckschicht variiert. Diese Variation der Lebensdauer wird auch für die Vergleichsbauweise mit ungebundenem Aufbau vorgenommen. Es werden die folgenden Lebensdauern angenommen:

- schlechtes Szenario: 10 Jahre für die ORRAP-Schicht, ohne (OM1) und mit Asphaltdeckschicht (OM3) und ungebundener Aufbau ohne (UGM1) und mit Asphaltdeckschicht (UGM3);
- gutes Szenario: 30 Jahre für die ORRAP-Schicht, ohne (OM2) und mit Asphaltdeckschicht (OM4) und ungebundener Aufbau ohne (UGM2) und mit Asphaltdeckschicht (UGM4). Für die Asphaltdeckschicht wird eine Lebensdauer von 15 Jahren angenommen, da davon ausgegangen werden kann, dass Schäden an der ORRAP-Schicht oder der UGM-Schicht aufgrund der längeren Lebensdauer der Schicht erst später auftreten.

Der gesamte Lebenszyklus ist mit 30 Jahren definiert, wobei die Berechnungen die Maßnahmen sowohl im Jahr 0 als auch im Jahr 30 berücksichtigen.

Tabelle 5 / Ausgewählte Bauweisen für die Bewertung

		ORRAP Methode (OM)				Bauweise mit Asphalttragschicht (CM)				Bauweise mit ungebundener Tragschicht (UGM)			
		OM1	OM2	OM3	OM4	CM1	CM2	UGM1	UGM2	UGM3	UGM4		
Schichtstärke		12 cm		4 cm		4 cm		12 cm		4 cm			
		xx cm		12 cm		8 cm		xx cm		12 cm			
Lebensdauer in Jahren				xx cm		xx cm		xx cm		xx cm			
													
Asphaltdeckschicht		-	-	10 a	15 a	15 a		15 a		-	-	10 a	15 a
ORRAP-Schicht		10 a	30 a	10 a	30 a	-		-		-	-	-	-
Asphalttragschicht		-		-	-	30 a		30 a		-	-	-	-
Ungebundene Schicht		-	-	-	-	-		-		10 a	30 a	10 a	30 a
Bestehender Aufbau													
Ungebundene Schichten													
Versiegelung													
Bitumeneemulsion													

Die Systemgrenzen, als Grundlage für die Bewertung der verschiedenen Strukturen, umfassen folgende Prozessschritte:

- Rohstoffgewinnung;
- Transporte;
- Herstellung des Mischguts;
- Arbeiten auf der Baustelle.

Alle Ergebnisse in den folgenden Abbildungen werden pro m² Fahrbahndecke ermittelt, wobei der Berechnung Werte typischer Losgrößen für Erhaltungsmaßnahmen zugrunde gelegt werden.

Die Berechnungsmethode und die Eingangsgrößen sind im Abschlussbericht des ORRAP-Projekts ausführlich dokumentiert.

/// ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG

// PRIMÄRENERGIEBEDARF

Bei der Ermittlung des Primärenergiebedarfs werden 3 Bewertungen vorgenommen:

Abbildung 11: Vergleich des Primärenergiebedarfs nur für die Erhaltungsmaßnahmen mit der Aufbereitung des ORRAP-Materials in einer Mischanlage:

- der wesentliche Prozess für den Primärenergiebedarf ist die Herstellung von heißem Asphaltmischgut (siehe CM1 und CM2). Bei den Varianten OM3 und OM4 sowie UGM3 und UGM4 wird Asphaltmischgut für die Deckschicht benötigt;
- der Primärenergiebedarf für die Gewinnung von mineralischen Zuschlagstoffen und Bindemittel ist für die ORRAP-Schicht sehr gering (siehe OM1 und OM2). OM3 und OM4 erfordern mineralische Zuschlagstoffe und Bindemittel für die Asphaltdeckschicht, für die der Primärenergiebedarf wie bei CM1 und CM2 ist;
- eine Primärenergieeinsparung von mehr als 75 % kann trotz der geringeren Lebensdauer von OM1 (10 a) im Vergleich zu CM1 erreicht werden. Bei einer längeren Lebensdauer (OM2) kann der Primärenergiebedarf ebenfalls deutlich reduziert werden;
- der Grund für den dreifachen Primärenergiebedarf bei OM3 gegenüber OM1 liegt in der alle 10 Jahre zu erneuernden Asphaltdeckschicht. Der erhöhte Primärenergiebedarf von z. B. UGM1 gegenüber OM1 ist auf die Rohstoffgewinnung zurückzuführen.

Abbildung 12: Vergleich des Primärenergiebedarfs für die Erhaltungsmaßnahmen mit der Aufbereitung des ORRAP-Materials in einer Mischanlage und zusätzliche Berücksichtigung des Primärenergiebedarfs des Umleitungsverkehrs (Umleitungslänge: 10 km, 2 Tage Sperrung für jede Tragschicht- bzw. Deckschicht-Erneuerung; 4 Tage Sperrung für Tragschicht- und Deckschicht-Erneuerung; 400 Pkw und 40 Lkw pro Tag):

- der zusätzliche Primärenergiebedarf des Umleitungsverkehrs muss bei allen Bauweisen berücksichtigt werden; er ist jedoch im Allgemeinen niedriger als der Primärenergiebedarf für die Herstellung oder den Transport von Materialien;

- der Primärenergiebedarf des Umleitungsverkehrs kann bei kurzen Instandhaltungszyklen besonders hoch sein (siehe OM3 und UGM3), wenn eine Asphaltdeckschicht vorgesehen ist. Wenn keine Asphaltdeckschicht erforderlich ist und mit dem ORRAP-Verfahren eine Lebensdauer von 30 Jahren erreicht wird, ist sein Einfluss deutlich geringer.

Abbildung 13: Vergleich des Primärenergiebedarfs für die Erhaltungsmaßnahmen und eine zusätzliche Berücksichtigung des Primärenergiebedarfs des Umleitungsverkehrs mit der weiteren Annahme, dass das Material für die ORRAP-Methode nur vor dem ersten Einbau auf die Baustelle geliefert werden muss. Bei jeder Erneuerung wird der bestehende ORRAP-Aufbau ausgebaut, vor Ort wieder aufbereitet und neu eingebaut, wodurch Materialtransporte vermieden werden:

- bei diesem Ansatz ist der Primärenergiebedarf für die ORRAP-Bauweise gegenüber dem Einsatz einer Asphaltdeckschicht nochmals reduziert, da die Transporte die Hauptquelle des Primärenergiebedarfs für den wiederholten Einbau der ORRAP-Schicht sind;
- die Differenz des Primärenergiebedarfs für die ORRAP-Bauweise im Vergleich zur ungebundenen Tragschicht nimmt aufgrund des reduzierten ORRAP-Materialtransports zu.

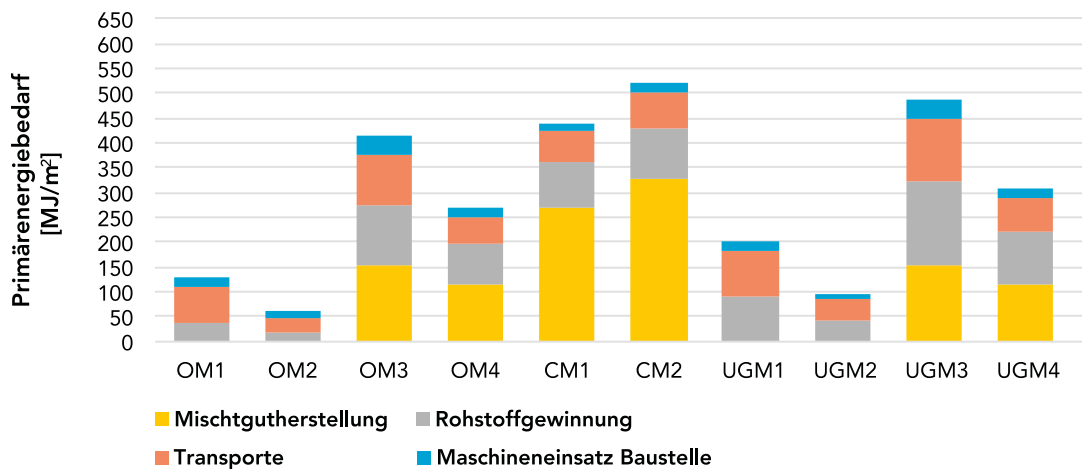


Abbildung 11 / Primärenergiebedarf für den Bau der in Tabelle 5 definierten Bauweisen

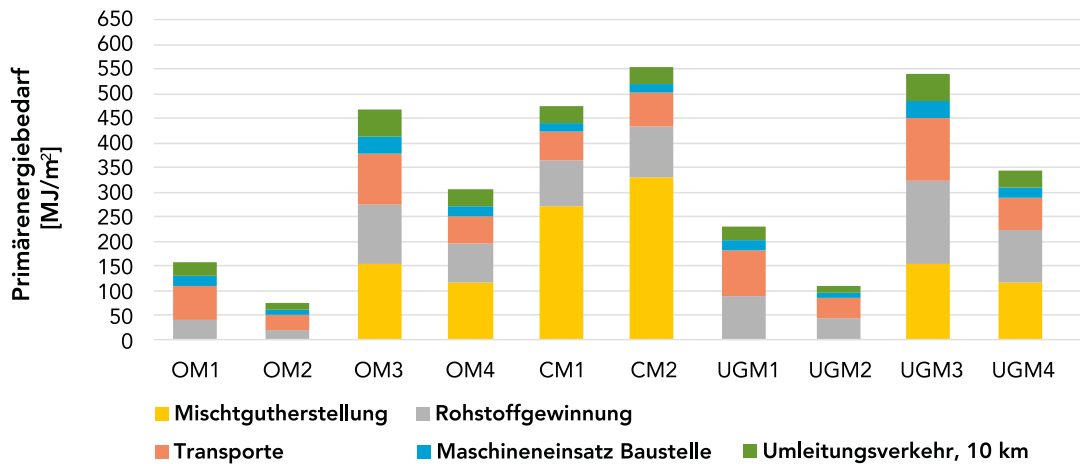


Abbildung 12 / Primärenergiebedarf für den Bau der in Tabelle 5 definierten Bauweisen und Primärenergiebedarf des Umleitungsverkehrs während der Bauzeit

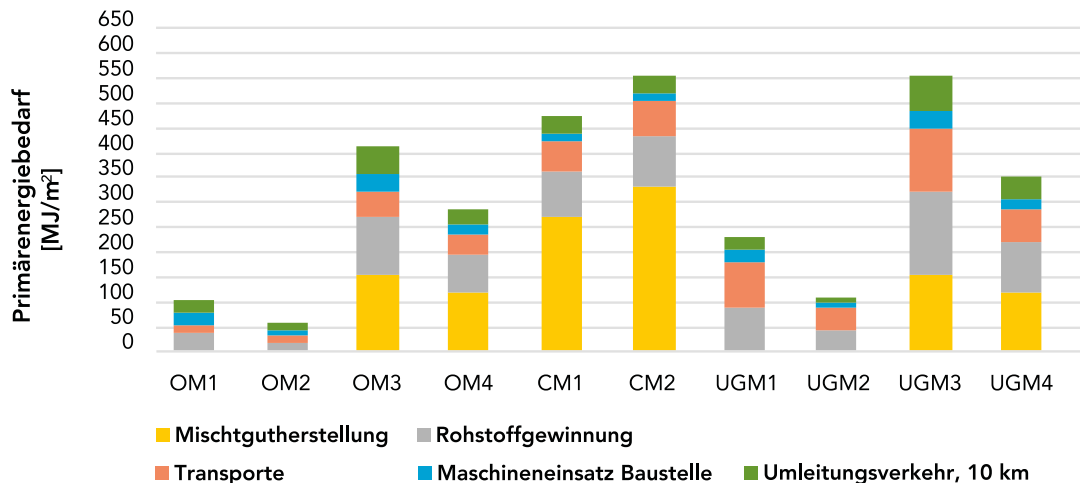


Abbildung 13 / Primärenergiebedarf für den Bau der in Tabelle 5 definierten Bauweisen und Primärenergiebedarf des Umleitungsverkehrs während der Bauzeit; ohne Transport des ORRAP-Materials während der Erneuerungsmaßnahmen

// NUTZUNG NATÜRLICHER RESSOURCEN

Abbildung 14 zeigt für jedes Szenario sowohl die Menge der ein- als auch der ausgebauten Materialien. Dabei wird zwischen primären und sekundären Baustoffen unterschieden. Primäre Baustoffe sind in der Regel natürliche Ressourcen, die abgesehen von ihrer Gewinnung unbehandelt verwendet werden. In der vorliegenden Studie werden als primäre Baustoffe Bitumen und Mineralstoffe verstanden, die erstmalig verwendet werden. Sekundäre Baustoffe hingegen sind wiederverwendete Materialien, in dieser Studie die Zuschlagstoffe von Recycling-Asphaltbelägen (RAP). Die Wiederverwendung von RAP schont die natürlichen Ressourcen und verringert das Anwachsen von Lagerbeständen. Ausgehend von der Annahme, dass für den Bau der UGM-Schichten immer primäre Baustoffe verwendet werden, können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Entscheidend für eine positive Beurteilung ist eine geringe Nachfrage nach primären Baustoffen. In diesem Zusammenhang sind alle ORRAP-Szenarien im Vergleich zu den UGM-Szenarien durchweg positiv. OM1, OM2 und OM4 sind aufgrund des geringeren Bedarfs an primären Baustoffen im Vergleich zu CM1 und CM2 ebenfalls positiv;
- Aufgrund der Asphaltdeckschicht in Kombination mit der reduzierten Lebensdauer werden für OM3 mehr primäre Baustoffe benötigt als für CM1 und CM2, und der Vorteil des hohen Bedarfs an Sekundärbaustoffen von OM3 verliert an Bedeutung;
- der Einsatz von RAP ist bei der ORRAP-Methode höher als bei der Referenzbauweise mit heißem Asphaltmischgut. Dies führt jedoch nur bei der erstmaligen Herstellung der ORRAP-Schicht zu einer Verringerung der vorhandenen RAP-Lagerbestände, da das erforderliche Material bei der Erneuerung der ORRAP-Schicht ausgebaut werden kann. Da für die UGM-Schicht kein Recyclingmaterial verwendet wird, ist die Verwendung von Recyclingmaterial bei der ORRAP-Methode im Vergleich zur Bauweise mit einer UGM-Schicht positiv zu bewerten.

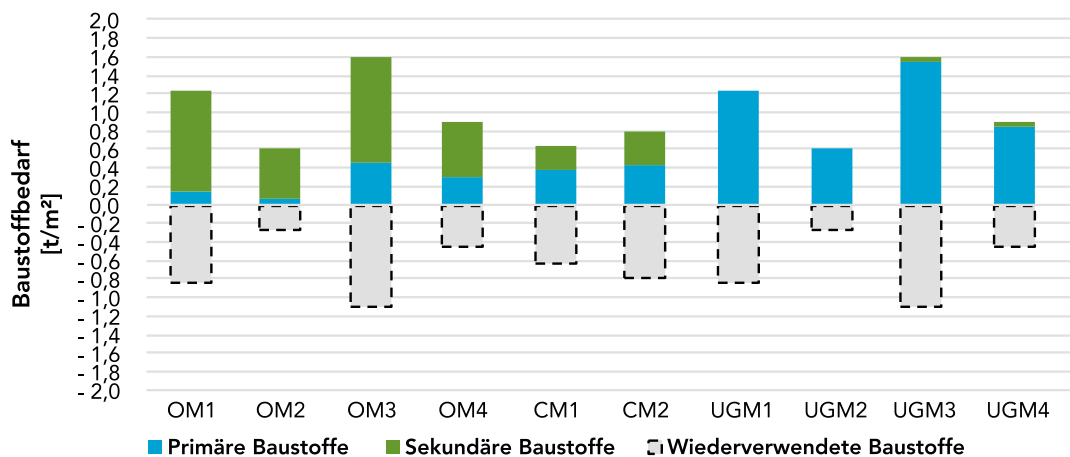


Abbildung 14 / Materialmengen, die für den Bau der in Tabelle 5 definierten Bauweisen ein- und ausgebaut werden müssen

/// ÖKONOMISCHE BEWERTUNG

Die folgenden Zahlen vergleichen die nach der Kapitalwertmethode berechneten Baukosten über einen Zeitraum von 30 Jahren, basierend auf deutschen Einheitspreisen. Alle zukünftigen Kosten für Instandhaltungsmaßnahmen wurden unter der Annahme eines Diskontierungssatzes von 3 % pro Jahr bis 2019 angepasst. Nutzerkosten und den Maßnahmen zurechenbare Kosten Dritter sind nicht enthalten. Bei der Ermittlung der Kosten werden zwei Bewertungen vorgenommen:

Abbildung 15: Vergleich der Kosten bei Aufbereitung des ORRAP-Materials in einer Mischanlage:

- die Hauptkosten sind den Baustoffen zurechenbar. Die zusätzlichen Materialkosten für OM3 gegenüber OM1 sind auf die Asphaltdeckschicht zurückzuführen;
- im Vergleich zu den UGM-Bauweisen haben die ORRAP-Bauweisen nur geringe finanzielle Vorteile;

- die niedrigsten Gesamtkosten können mit OM2 erreicht werden. Dies ist zum einen auf den Verzicht der Asphaltdeckschicht und zum anderen auf die lange Lebensdauer von 30 Jahren zurückzuführen. Im Vergleich zu CM1 und CM2 können mit OM2 erhebliche Kosteneinsparungen erzielt werden;
- die kurze Lebensdauer von 10 Jahren und eine zusätzliche Asphaltdeckschicht führen bei OM3 im Vergleich zu CM1 und CM2 zu einem erheblichen Kostenanstieg.

Abbildung 16: Vergleich der Kosten mit der Annahme, dass das Material für die ORRAP-Bauweise nur vor dem ersten Einbau auf die Baustelle geliefert werden muss und bei der Erneuerung der ORRAP-Schicht auf der Baustelle wiederverwendet werden kann, wodurch die Materialtransporte reduziert werden:

- die Reduzierung der ORRAP-Materialtransporte führt zu einer Kostensenkung, insbesondere für OM1 und OM3. Dies ist auf den häufigen Austausch aufgrund der niedrigen Lebensdauer zurückzuführen;
- die Kostendifferenz für die ORRAP-Bauweise im Vergleich zur ungebundenen Bauweise erhöht sich durch den reduzierten ORRAP-Materialtransport, insbesondere für OM1 und OM3.

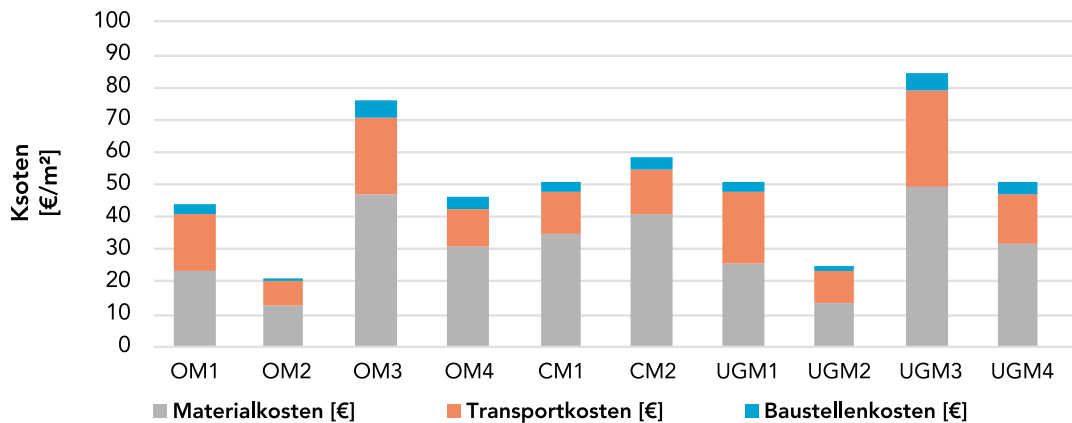


Abbildung 15 / Kosten für den Bau der in Tabelle 5 definierten Bauweisen; basierend auf deutschen Einheitspreisen

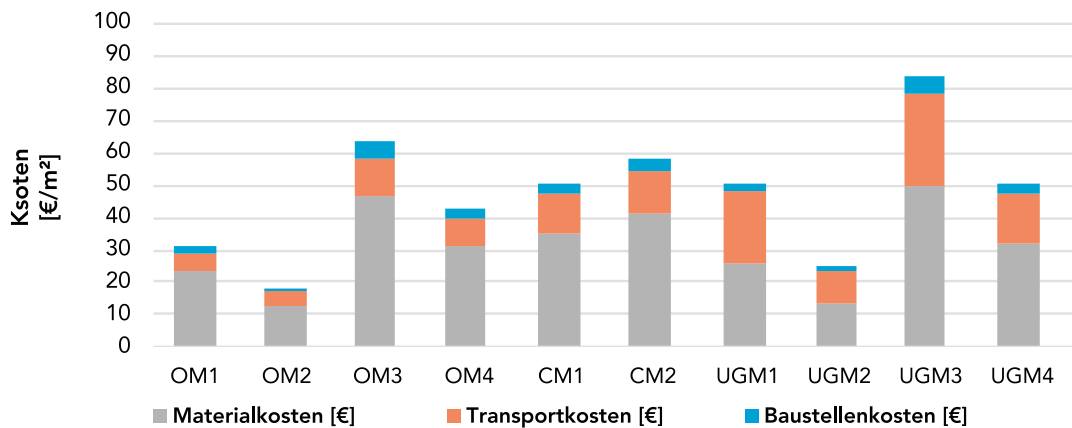


Abbildung 16 / Kosten für den Bau der in Tabelle 5 definierten Bauweisen, ohne Transport des ORRAP-Materials während der Erneuerungsmaßnahmen; basierend auf deutschen Einheitspreisen

// SCHWEIZER UMWELTPRÜFUNG

Die Schweizer Studie basierte auf:

- Schweizer Erfahrung mit der Zusammensetzung von Straßenschichten;
- Inventar der Schweizer Nationalstrassen in Ecoinvent;
- dem aktuellen Plan für Schichten der Schweizer ORRAP-Test- und Referenzstrecke, als die Umweltprüfung im Sommer 2018 durchgeführt wurde;
- Energiedaten aus dem Schweizer Forschungsprojekt PLANET.

Das Schweizer ORRAP-Szenario ähnelt somit dem deutschen OM4-CM1-Szenario (Tabelle 6). Das Schweizer Szenario reduziert im Gegensatz zum deutschen Szenario die Dicke der Tragschicht, um der zusätzlichen Tragfähigkeit der ORRAP-Schicht Rechnung zu tragen.

Tabelle 6 / Prüfung der Strukturen für die Schweizer Evaluation

	Schweiz		Deutschland	
	ORRAP	Referenz	OM4	CM1
Berücksichtigte Schichten (cm)	Deckschicht 4, ORRAP Schicht 10, Fundations-schicht 35	Deckschicht 4, Tragschicht 6, Fundations-schicht 45	Deckschicht 4, ORRAP Schicht 12, Keine Fundationsschicht berücksichtigt	Deckschicht 4, Tragschicht 8, Keine Fundationsschicht berücksichtigt
Lebensdauer (Jahre)	DS 15, TS 40, FS 100	DS 15, TS 40, FS 100	DS 15, TS 30	DS 15, TS 30

Die Umwelteinflüsse wurden mit der Aggregationsmethode Umweltknappheit abgewogen, die auf der Schweizer Umweltpolitik basiert. Darüber hinaus wurden die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu Deutschland berechnet.

Umweltbelastungspunkte pro Meter und Jahr

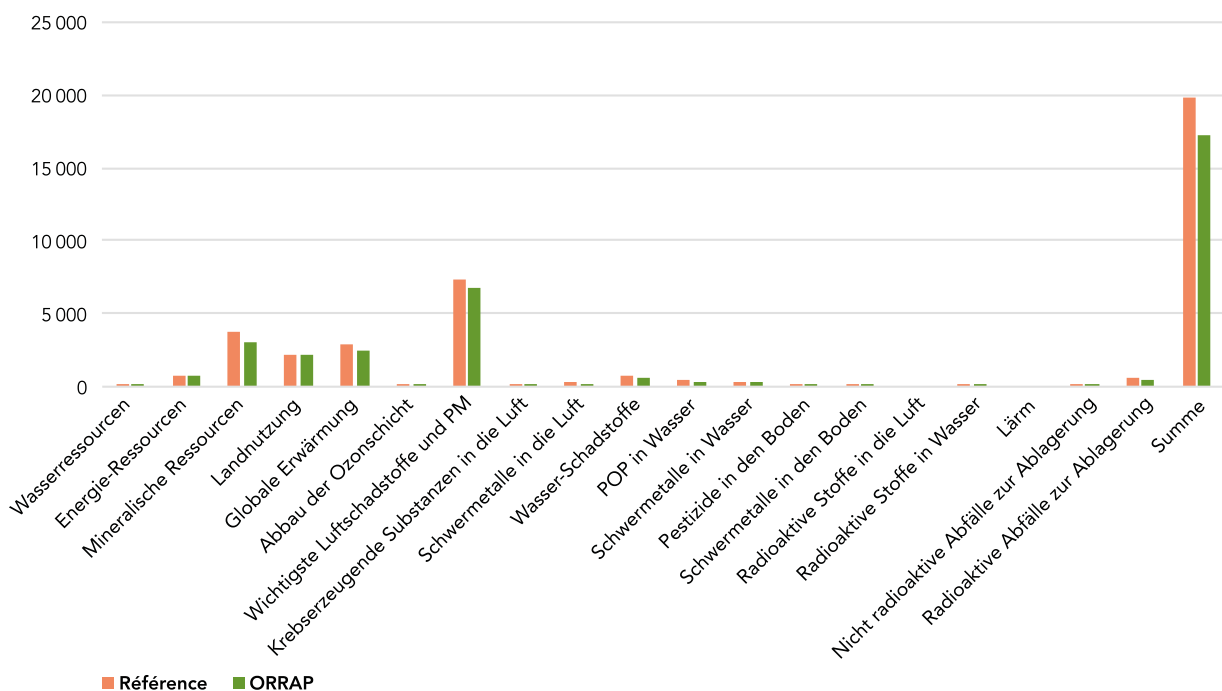


Abbildung 17 / Vergleich der ökologischen Knappheit von ORRAP und einer Referenzmethode

Die ökologische Knappheit von ORRAP liegt 2500 Punkte unter dem Referenzwert, d. h. etwa 12 %. Das Treibhauspotenzial von ORRAP liegt 17 % unter dem Referenzwert. Dies kann mit dem Unterschied in der Primärenergie zwischen der deutschen OM4 und CM2 verglichen werden, der etwa 45 % beträgt (**Abbildung 12**).

Die Sachbilanz und die Berechnung können nicht nur die relativen Ergebnisse zwischen ORRAP und Referenzszenarien, sondern auch die absoluten Ergebnisse beeinflussen. Die absoluten Ergebnisse des Treibhauspotenzials für 3 cm Deckschicht, 5 cm Tragschicht und 45 cm ungebundene Tragschicht zeigen eine große Differenz zwischen den Ergebnissen der FHNW und HsKA (Faktor 2,4). Der Unterschied zwischen den Ergebnissen auf der Deckschicht aus dem HsKA- und dem Schweizer PLANET-Projekt ist wesentlich geringer (Faktor 1,2).

// SCHWEIZER KOSTENSCHÄTZUNG

Die durchschnittlichen Kosten für die Schichten in der ORRAP-Bauweise und die Referenzzusammensetzung wurden vom Kanton Aargau angegeben. Unter der Annahme des obengenannten Lebenszyklus werden die Kosten für den ORRAP-Aufbau aufgrund der höheren Dicke und damit höheren Kosten für die ORRAP-Tragschicht im Vergleich zu einer regulären Tragschicht etwas höher (bis zu 20 %) prognostiziert. Dies kann nicht durch eine Reduktion der Dicke der darunter liegenden Fundationsschicht kompensiert werden, da diese Tragschicht eine hohe Lebensdauer hat und kostengünstiger ist.

ANHANG 3. BERATUNG

/// ELEMENTE FÜR UNTERNEHMENSBERATUNG

Als Präambel gilt, dass die Verwendung des ORRAP-Produkts von der Akzeptanz für Umwelt und Gesundheit abhängig ist. Die Verwendung eines solchen Produkts kann nicht in Betracht gezogen werden, wenn Asbest, eine zu hohe Konzentration an PAK oder sogar Kohlenwasserstoffen vorliegt (siehe Tabelle 2).

/// KONSULTATIONSDATEI FÜR WIRTSCHAFTSBETEILIGTE (EOCF)

Die EOCF kann die Verwendung der ORRAP-Technik gegenüber einer konventionellen UGM bevorzugen. In diesem Fall müssen die gleichen technischen und Nutzungsanforderungen wie bei einer UGM verwendet werden.

Die Unterschiede zwischen den beiden Produkten, die vor allem die Bestandteile und deren Charakterisierung betreffen, können entweder spezifisch in der Speziellen Technischen Spezifikation (STS) als Basislösung oder in den Konsultationsregeln mit einer zugelassenen Variantenöffnung zu den Bestandteilen der UGM behandelt werden.

Die Wahl der Gerätschaften wird dem mit der Durchführung der Arbeiten beauftragten Unternehmen entsprechend seinem Maschinenpark und seinem Know-how überlassen. Im Rahmen dieser Studie wurden die beiden Varianten (Grader und Straßenfertiger) bewertet, ohne dass sich bei ihrer Anwendung Schwierigkeiten ergeben hätten.

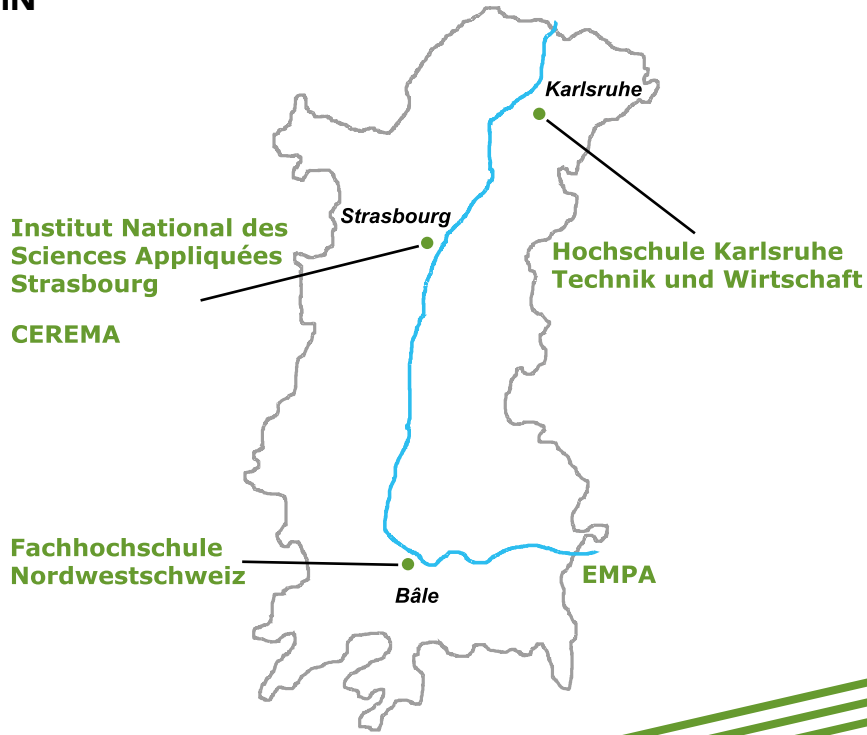
Falls erforderlich, können die Qualitätskontrollen je nach Art und Einsatzgebiet der Baustelle angepasst werden.

Eine Anpassung der Besonderen Verwaltungsklauseln (SAC) kann ebenfalls ins Auge gefasst werden, um eventuelle Streitigkeiten bei festgestellten Mängeln beizulegen.

Es empfiehlt sich, in den detaillierten Schätzungen und im Einheitspreisverzeichnis einen spezifischen Preis für den Bau einer Deckschicht aus Asphaltmischgut anzugeben. Diese Linie, die fakultativ ist, wenn sich das Material auf der Baustelle nicht ändert, ermöglicht es, im Falle einer Änderung auf neue Preise zu verzichten.



DER OBERRHEIN



KONTAKT

Projektkoordinator

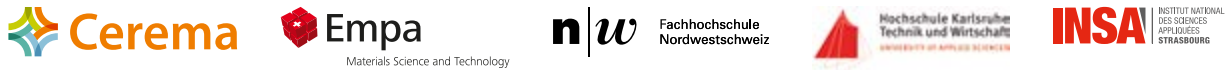
Cyrille CHAZALLON

cyrille.chazallon@insa-strasbourg.fr

www.orrapp.org



Kofinanzierende Partner



Assoziierte Partner

