

BioAsphalt – nachhaltiger Strassenbelag für eine CO₂-Netto-Null-Strategie

BioAsphalt –
un revêtement routier durable
pour une stratégie «CO₂ zéro net»



Ridesharing: Gemeinsam
statt allein fahren

Le covoiturage:
contre l'autosolisme

Asphalt aus BioBitumen für Netto-Null im Strassenbau

Asphalt aus BioBitumen könnte den Strassenbau revolutionieren. Ein Zweikomponenten-Bindemittel auf Basis pflanzlicher Abfallstoffe reduziert die CO₂-Emissionen drastisch und bietet sich damit als Lösungsansatz für die Netto-Null-Strategie der Bauherren an. Das Produkt ist nicht nur mit bestehender Infrastruktur und dem gängigen Recyclingprozess kompatibel, sondern verspricht sogar eine Verbesserung der Eigenschaften und der Lebensdauer des Strassenbelags. Erste Pilotprojekte in der Schweiz bestätigen: Der damit hergestellte BioAsphalt ist für die Praxis bereit.



VON
TOBIAS BALMER
Dr., Dipl. Ing. Werkstoffe ETHZ,
Leiter Forschung & Entwicklung,
Weibel AG



VON
SAMUEL PROBST
Leiter Baustoffe und Belagswerke,
Mitglied GL, Weibel AG

Des enrobés à base de BioBitume pour la construction routière zéro net

L'enrobé à base de BioBitume pourrait révolutionner la construction routière. Un liant à deux composants à base de déchets végétaux réduit drastiquement les émissions de CO₂ et se présente ainsi comme une solution pour la stratégie «zéro net» des maîtres d'ouvrage. Le produit est non seulement utilisable avec les installations existantes et le processus de recyclage habituel, mais elle promet même d'améliorer les propriétés et la durée de vie du revêtement routier. Les premiers projets pilotes en Suisse le confirment: Le BioAsphalt ainsi produit est prêt à être mis en œuvre.



VON
FRANZISKA DOMINGUEZ
Dipl. Ing. Landeskultur und Umweltschutz,
Leiterin Qualitäts- und Umweltmanagement,
Weibel AG

Einleitung

Die Klimastrategie der Schweiz sieht vor, bis 2050 Netto-Null-CO₂-Emissionen zu erreichen.^[1] Diverse Städte verfolgen nach Volksentscheiden auch deutlich strengere Ziele, so z. B. Basel (2037), Bern (2045) und Zürich (2040).^[2] Für energie- und emissionsintensive Sektoren wie die Bauwirtschaft stellt dies eine grosse Herausforderung dar, bietet aber gleichzeitig die Chance, neue Technologien zu entwickeln. Im Strassenbau betrifft dies die Arbeitsweise auf der

Introduction

La stratégie climatique de la Suisse prévoit d'atteindre des émissions de CO₂ zéro net d'ici 2050.^[1] Diverses villes poursuivent également des objectifs nettement plus stricts suite à des votations populaires, comme par exemple Bâle-Ville (2037), Berne (2045) et Zurich (2040).^[2] Pour les secteurs gourmands en énergie et produisant beaucoup d'émissions comme la construction, cela représente un grand défi, mais offre en même temps la possibilité de développer de nouvelles technologies.



1 | Einbau von Asphalt aus BioBitumen auf einer Teststrecke in Köniz bei Bern.

1 | Pose de BioAsphalt sur un tronçon test à Köniz près de Berne.

Baustelle, aber auch die Asphaltproduktion. Daher gibt es seit längerer Zeit Bestrebungen hin zu ökologischeren Belägen, beispielsweise durch Absenken der Mischguttemperatur mit Niedertemperaturasphalt oder Kaltmischgut auf Basis von Bitumenemulsionen. Zudem werden laufend die Recyclinganteile bis zu einem technisch sinnvollen Maximum erhöht. Die geltenden Normen in der Schweiz und die Vorgaben seitens der Bauherren wurden in den letzten Jahren entsprechend angepasst. So ist heutzutage ein Asphalt-Heissmischgut mit einem Recyclinganteil bis 60 % in einer Hochleistungs-Trag- oder Binder-schicht Stand der Technik. Solcher Asphalt generiert aber bei der Herstellung nach wie vor CO₂-Emissionen. Als Richtwert können rund 50 kg CO₂-Äquivalente pro Tonne (kg CO₂ e/t) angenommen werden.

Neben den allgemeinen Produktionsbedingungen im Belagswerk hängt der genaue Wert in erster Linie von der Mischgutrezeptur ab, insbesondere dem Anteil an verwendetem Recyclingmaterial und der entsprechenden Dosierung von frischem Bitumen. Man spricht hier von einem Fussabdruck «cradle-to-gate» oder Product Carbon Footprint (PCF), der sämtliche Emissionen der Roh- und Brennstoffe von der Gewinnung bis zum Verlad im Werk berücksichtigt (Herstellungsphase A1–A3) das heisst, ohne Transport zur Baustelle, Einbau, Nutzungsphase und Entsorgung bzw. Rückbau.^[3]

Dans la construction routière, outre la mise en œuvre, la production des enrobés est également concernée. Le secteur s'intéresse à la question depuis longtemps et est capable de produire des enrobés plus écologiques, par exemple en abaissant la température de production (enrobés basses températures EBT) ou avec des mélanges à froid à base d'émulsions de bitume. De plus, les pourcentages d'ajout de recyclés augmentent constamment pour atteindre le maximum techniquement raisonnable. Au cours des dernières années, les normes en vigueur en Suisse ainsi que les exigences des maîtres d'ouvrage ont été adaptées en conséquence. Ainsi, une couche de base ou de liaison à haute sollicitation avec 50 à 60 % de recyclés représente aujourd'hui l'état de la technique. Un tel enrobé génère toutefois des émissions de CO₂ lors de sa fabrication. A titre indicatif, on admet environ 50 kg de CO₂ équivalent par tonne (kg CO₂ e/t).

Outre les spécificités de chaque centrale d'enrobage, la valeur exacte dépend principalement de la formulation de l'enrobé, notamment de la proportion de matériaux recyclés utilisés et du dosage de bitume frais correspondant. On considère une empreinte «cradle-to-gate» ou Product Carbon Footprint (PCF), qui prend en compte toutes les émissions des matières premières et combustibles, de l'extraction au chargement de l'enrobé en centrale (phase de fabrication A1–A3), sans transport, mise en œuvre, phase d'utilisation et élimination ou déconstruction.^[3]

Bitumen aus Erdöl hat als Rohstoff im Asphalt einen Fussabdruck von 745 kg CO₂e/t.^[4] Analog zum Zement im Beton trägt das verwendete Bitumen auch bei einem geringen Massenanteil von 4 bis 6 % massgeblich zum Fussabdruck des Asphalts bei. Somit wird auch deutlich, dass die Verwendung von Altbelag bei der Produktion grosses Gewicht hat, weil damit das Zugabebindemittel deutlich reduziert werden kann.

Der aktuelle Treibhausgas(THG)-Ausstoss der Schweiz wird mit rund 40 Mio Tonnen CO₂e pro Jahr beziffert.^[5] Experten, gehen davon aus, dass in der Schweiz bis 2050 jährlich mehrere Millionen Tonnen CO₂e an schwierig reduzierbaren Restemissionen durch sogenannte Negativ-Emissionstechnologien (NET) kompensiert werden müssen. Das sind Technologien, die CO₂ aktiv aus der Atmosphäre entfernen und dauerhaft speichern. Sie umfassen sowohl technische als auch biologische Ansätze wie die Speicherung in geologischen Formationen, in Baustoffen oder durch Aufforstung. Bei der Bilanzierung des Fussabdrucks kann die entsprechende Menge an CO₂-Äquivalenten als (biogene) Speicherung abgezogen werden. Die Speicherung von pflanzlichem Kohlenstoff – vorzugsweise aus pflanzlichen Reststoffen – in Baustoffen und somit dessen Entzug aus dem natürlichen Kohlenstoffkreislauf ist eine wirksame NET, sofern das Kriterium der Dauerhaftigkeit gegeben ist.

Bisherige Ansätze halten an erdölbasiertem Bitumen im Asphalt fest

Damit eröffnen sich beim Asphalt als zentralem Baustoff im Strassenbau neue Möglichkeiten. Es kann beispielsweise Pflanzenkohle, aus der Pyrolyse von pflanzlichen Reststoffen, dem Mischgut beigemischt werden. Es gibt diverse wissenschaftliche Studien dazu, die unterschiedliche biogene Quellen, Dosierung und Einflüsse auf die Materialeigenschaften im Detail analysieren. Die meisten Studien begrenzen die maximale Zugabemenge, bis zu welcher noch positive Effekte zu erwarten sind, auf <1 % bezogen auf das Asphaltgewicht.^[6] In der Schweiz sorgten vor zwei Jahren Pilotprojekte mit «Grünem Asphalt» aus Pflanzenkohle im Kanton Basel-Stadt und Basel-Land für Aufsehen. Dabei wurde eine Zugabe von 2–4 % angestrebt, um so einen CO₂-negativen Asphalt zu erhalten.^[7] Andere Ansätze bestehen darin, das Bitumen mit geeigneten biobasierten Rohstoffen zu ergänzen und damit den Fussabdruck des Bindemittels zu verbessern.^[8]

Die oben genannten Konzepte basieren auf Zusätzen im Mischgut und halten an einer Verwendung von erdölbasiertem Bitumen im Asphalt fest.

Le bitume issu du pétrole, utilisé dans la fabrication d'enrobé, a une empreinte de 745 kgCO₂e/t.^[4] Comme le ciment dans le béton, le bitume a une contribution déterminante à l'empreinte carbone des enrobés, et ce malgré la faible quantité dosée (4 à 6 % massique). Il est donc évident que l'incorporation d'enrobés recyclés a une grande influence, car elle permet de réduire considérablement la quantité de liant d'apport.

Les émissions actuelles de gaz à effet de serre (GES) de la Suisse sont estimées à environ 40 millions de tonnes de CO₂e par an.^[5] Les experts estiment qu'en Suisse, d'ici 2050, plusieurs millions de tonnes de CO₂e d'émissions résiduelles difficilement réductibles devront être compensées par des technologies à émissions négatives (NET). Il s'agit de technologies qui éliminent activement le CO₂ de l'atmosphère et le stockent durablement. Elles comprennent des approches techniques et biologiques telles que le stockage dans des formations géologiques, dans des matériaux de construction ou par le reboisement. Lors de l'établissement du bilan de l'empreinte carbone, la quantité correspondante d'équivalents CO₂ peut être déduite en tant que stockage (biogénique). Le stockage de carbone végétal – de préférence à partir de résidus végétaux – dans les matériaux de construction, et donc son élimination du cycle naturel du carbone, est une NET efficace à condition que le critère de durabilité soit respecté.

Les approches actuelles sont basées sur le bitume à base de pétrole dans les enrobés

De nouvelles possibilités s'ouvrent ainsi à l'enrobé en tant que matière principale de la construction routière. Il est par exemple possible d'ajouter du charbon végétal, issu de la pyrolyse de résidus végétaux, à l'enrobé. Il existe diverses études scientifiques à ce sujet, qui analysent en détail les différentes sources biogènes, le dosage et les influences sur les propriétés des matériaux. La plupart des études limitent la quantité maximale d'ajout jusqu'à laquelle on peut encore s'attendre à des effets positifs à <1 % par rapport au poids de l'enrobé.^[6] Il y a deux ans, dans les cantons de Bâle-Ville et de Bâle-Campagne, des projets pilotes d'enrobés «verts» contenant du charbon végétal, ont particulièrement attiré l'attention. Le but était d'ajouter 2 à 4 % de charbon végétal afin d'ainsi obtenir un enrobé négatif en CO₂.^[7] D'autres approches consistent à additiver le bitume par des matières premières biosourcées appropriées et ainsi à améliorer l'empreinte carbone du liant.^[8]

Les concepts susmentionnés sont basés sur une additivation de l'enrobé et maintiennent l'utilisation de bitume à base de pétrole dans le mélange.

Der Weg zur Dekarbonisierung

Ein weiterreichender Ansatz liegt darin, das Zugabe-bitumen vollständig durch ein biobasiertes und vom Erdöl unabhängiges Bindemittel zu ersetzen und damit den Weg zur Dekarbonisierung einzuschlagen. Rohstoffe, die hier ins Spiel kommen, sind zum Beispiel Lignin aus Reststoffen der Holzindustrie, Harze von Nadelhölzern oder Tallöl.^[9] Dieser Ansatz lässt sich unter dem Begriff «BioBitumen» zusammenfassen.

Im weiteren Verlauf dieses Artikels geht es um ein BioBitumen-Produkt, das im Handel verfügbar ist, und den damit hergestellten «BioAsphalt». Dabei stützen wir uns auf zwei Jahre eigene Erfahrung aus Laborversuchen und bisher drei ersten Pilotprojekten in der Schweiz. Wir wollen damit die Frage angehen, ob die Technologie bereit zur Anwendung im Strassenbau ist und wieweit sich die Vorteile der Ökobilanz mit den Anforderungen an Qualität und Dauerhaftigkeit des Strassenbelags vereinbaren lassen.

La voie vers la décarbonisation

Dans un esprit de décarbonisation à long terme, une approche fondamentalement différente consiste à remplacer complètement le bitume ajouté par un liant biosourcé et à ainsi devenir indépendant du pétrole. Les matières qui entrent en jeu sont par exemple la lignine issue des résidus de l'industrie du bois, les résines de conifères ou le tall oil.^[9] Cette approche peut être regroupée sous le terme de «BioBitumes».

Dans la suite de cet article, on parlera de BioAsphalte, fabriqué avec du BioBitume, disponible sur le marché. Nous nous basons sur les expériences acquises dans le cadre d'essais en laboratoire durant les deux dernières années ainsi que de trois projets pilotes menés en Suisse. Nous souhaitons répondre à deux questions: Cette technologie est-elle prête à être utilisée dans la construction routière? Et dans quelle mesure les avantages du bilan écologique sont-ils compatibles avec les exigences de qualité et de durabilité des revêtements routiers?

ANZEIGE

RUCK, ZUCK, FERTIG

PCI POLYFIX PLUS FLUID FÜR SCHACHTRINGE UND -ABDECKUNGEN

Extrem fließfähiger Schnell-Zement-Mörtel für die Schnellmontage im Hoch- und Tiefbau

- Schachtringe und -abdeckungen einfach, schnell und rissfrei setzen
- Exzellente Fließfähigkeit für eine zeitsparende Verarbeitung ohne Einrütteln
- Schnelle, temperaturunabhängige Erhärtung für kürzeste Sperrzeiten und beste Planbarkeit

PCI®
Für Bau-Profis
A SIKA BRAND



Komponenten des BioBitumens

Das deutsche Greentech Start-up B2SQUARE hat ein Zweikomponenten-BioBitumen bis zur Marktreife entwickelt und ist dabei, die Lieferketten aufzubauen. Die erste Komponente, der Maltene-Donator, wird aus den Schalen der Cashew-Nuss hergestellt. Diese Schalen sind reich an einer Flüssigkeit, die im Handel chemischer Rohstoffe als Cashew-Nutshell-Liquid (CNSL) bekannt ist. Statt diese zusammen mit den Schalen auf den Plantagen zu verbrennen oder verrotten zu lassen, wird die Flüssigkeit durch Pressen extrahiert und mit einem patentierten Verfahren weiter aufbereitet. Es entsteht dabei eine dunkelbraune, leicht-viskose Flüssigkeit, die in ihren Eigenschaften chemisch und physikalisch äquivalent zur Maltene-Phase im herkömmlichen Bitumen ist (Abb. 3). Die zweite Komponente, der Asphaltene-Donator, besteht aus einem natürlich vorkommenden Kohlenwasserstoff-Harz. Aktuell sind zwei Varianten davon erhältlich, die mit HCR-150 und HCR-180 bezeichnet werden (Abb. 2). Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch ihre Herkunft und die physikalische Eigenschaft des Erweichungspunkts. Zur Herstellung des BioBitumens wird jeweils nur eines dieser Pulver zusammen mit den Maltenen verwendet. Aus dem Mischungsverhältnis ergeben sich nach dem Erhitzen und Homogenisieren die gewünschten Bindemittleigenschaften.



2 | Proben des Asphaltene-Donators, der in zwei Varianten erhältlich ist.
2 | Échantillons du donneur d'asphalte disponible en deux variantes.

Composants du BioBitume

La start-up «Greentech» allemande B2SQUARE a développé un bio-bitume à deux composants prêt à la commercialisation et est en train de mettre en place les chaînes d'approvisionnement nécessaires. Le premier composant, le maltène, est fabriqué à partir des coques de noix de cajou. Ces coques sont riches en un liquide connu dans le domaine des matières premières chimiques sous le nom de Cashew Nutshell Liquid (CNSL). Au lieu de brûler ou de laisser pourrir les coques dans les plantations, on en extrait une substance par pressage et on la traite à l'aide d'un procédé breveté. Il en résulte un liquide brun foncé, légèrement visqueux, dont les propriétés chimiques et physiques sont équivalentes à celles de la phase maltène du bitume traditionnel (fig. 3). Le deuxième composant, l'asphalte, est constitué d'une résine hydrocarbonée naturelle. Actuellement, il en existe deux variantes, désignées par HCR-150 et HCR-180 (fig. 2). Elles se distinguent principalement par leur origine et par la propriété physique de leur point de ramollissement. Pour la fabrication du BioBitume, une seule de ces poudres est utilisée à la fois avec les maltènes. Les proportions du mélange permettent d'obtenir les propriétés de liant souhaitées après chauffage et homogénéisation.



3 | Gewinnung der flüssigen Komponente für das BioBitumen aus Cashew-Schalen. Die rohe Nuss wächst als Teil der Frucht der Bäume (links). Daraus werden die Kerne als Nahrungsmittel gewonnen und übrig bleiben die Schalen (Mitte). Aus dem Schalenextrakt entsteht der Maltene-Donator (rechts).

3 | Obtention du composant liquide pour le BioBitume à partir de coques de noix de cajou. La noix brute pousse sur le fruit (à gauche). On en extrait les graines pour l'alimentation et il reste les coquilles (au centre). L'extrait de la coque est la base du donneur de maltènes (à droite).

BioBitumen für Netto-Null im Strassenbau

Erste Firmen bieten inzwischen BioBitumen für den Einsatz im Strassenbau an. Eine davon ist das deutsche Start-up B2SQUARE, das ein innovatives Zweikomponenten-Bindemittel entwickelt hat. Das Produkt ist unabhängig von der Erdölindustrie und verspricht interessante technische Vorteile, wie eine kalte Lieferkette und stufenlos einstellbare Binde-miteigenschaften. Die beiden Komponenten, eine Flüssigkeit und ein Pulver (siehe Box Seite 18), lassen sich auf dem Belagswerk bei Umgebungstemperatur lagern und mit bestehender Anlagentechnik direkt in den Mischer dosieren. Durch das Mischungsverhältnis (Instant Technologie) bestimmt man wie gewohnt die Eigenschaften des Zugabebindemittels bzw. des resultierenden Bindemittels im Asphaltmischgut anhand der Eigenschaften Penetration und Erweichungspunkt Ring und Kugel. Die Charakterisierung des Mischguts sowie der daraus resultierenden Binde-miteigenschaften erfolgt mit den bekannten Labor-methoden, und die Resultate lassen sich so direkt mit herkömmlichem Asphalt bzw. Bitumen vergleichen.

Gemäss dem Lieferanten entstehen bei der Herstellung und dem Transport der beiden Komponenten total 285 kg CO₂ e/t BioBitumen.^[10] Das ist nur etwa ein Drittel der Emissionen, die bei Bitumen aus Erdöl anfallen. Hinzu kommt die biogene Speicherung von -1561 kg CO₂ e/t aus dem Kohlenstoff in den Maltenen, welcher der Cashew-Baum in Form von CO₂ aus der Atmosphäre gebunden hat. Zusammen mit den 745 kg CO₂/t des Bitumens ergibt sich pro Tonne Erdölbitumen, die durch das BioBitumen ersetzt wird, eine Reduktion der Emissionen von rund 2 t CO₂ e. Für den Asphalt bedeutet das ein Reduktionspotenzial von 40 bis 120 kg CO₂ e pro Tonne Mischgut ab Werk. Je nach Rezeptur wird der Asphalt damit klimaneutral bzw. nach Wunsch auch CO₂-negativ in der Herstellung. Das ist grundsätzlich eine sehr effektive Lösung für die Netto-Null-Strategie im Strassenbau.

Damit stellt sich jedoch auch automatisch die Frage der Verfügbarkeit von Cashew-Nussschalen als Reststoff aus der Nahrungsmittelproduktion. Der weltweite Bedarf an Bitumen liegt heute bei 100 bis 120 Mio. t pro Jahr – mit steigender Tendenz.^[11] Es werden keine neuen Raffinerien mehr gebaut, um die steigende Nachfrage von jährlich 3 bis 4 % abzudecken, und die bestehenden neigen dazu, in naher Zukunft vermehrt Rohölsorten zu verarbeiten, die gar kein Bitumen hergeben. Die statistisch erfasste Produktion von Cashewnüssen liegt weltweit bei rund 4 Mio. t pro Jahr.^[12] Die Menge bezieht sich auf die

Du BioBitume pour le zéro net dans la construction routière

Sur le marché apparaissent déjà les premières entreprises qui proposent du biobitume pour la construction routière. L'une d'entre elles est la start-up allemande B2SQUARE, qui a développé un liant innovant à deux composants. Le produit ne dépend pas de l'industrie pétrolière et offre des avantages techniques intéressants, comme une chaîne d'approvisionnement à froid et des propriétés de liant ajustables à tout moment. Les deux composants, un liquide et une poudre (voir encadré page 18), sont stockés à froid sur le site de production et peuvent être dosés directement dans le malaxeur à l'aide des installations existantes. En faisant varier les proportions du mélange de ces deux composants (technologie instantanée), on atteint les propriétés habituelles du liant d'apport ou du liant final dans l'enrobé bitumineux à savoir la pénétration et le point de ramollissement anneau et bille. La caractérisation de l'enrobé ainsi que celle des propriétés du liant qui en résultent s'effectue à l'aide des méthodes de laboratoire connues et les résultats peuvent donc être directement comparés à ceux de l'enrobé ou du bitume traditionnel.

Selon le fournisseur, la production et le transport des deux composants génèrent un total de 285 kg CO₂ e/t de BioBitume.^[10] Cela ne représente qu'environ un tiers des émissions produites par le bitume issu du pétrole. A cela s'ajoute -1561 kg CO₂ e/t de stockage biogénique de carbone dans les maltènes, CO₂ que l'anacardier a capturé dans l'atmosphère. En ajoutant les -745 kg CO₂/t provenant du bitume, on obtient une réduction d'environ 2 t CO₂ e par tonne de bitume de pétrole remplacée par le BioBitume. Pour l'enrobé, cela signifie un potentiel de réduction de 40 à 120 kg de CO₂ e par tonne d'enrobé départ centrale. Selon la formulation, l'enrobé devient ainsi neutre pour le climat ou même négatif en CO₂ lors de sa fabrication et offre donc une solution efficace pour une stratégie zéro net.

Mais cela pose automatiquement la question de la disponibilité des coques de noix de cajou en tant que résidus de la production agro-alimentaire. La demande mondiale de bitume est aujourd'hui de 100 à 120 millions de tonnes par an, avec une tendance à la hausse.^[11] On ne construit plus de nouvelles raffineries pour couvrir la demande croissante de 3 à 4 % et, dans un avenir proche, les raffineries existantes auront tendance, à traiter de plus en plus de types de pétrole brut qui ne produisent pas du tout de bitume. La production de noix de cajou recensée officiellement dans le monde entier est d'environ 4 millions de tonnes par an.^[12] Cette quantité concerne les noix brutes, dont environ trois quarts du poids sont des déchets de coque. La quantité



4 | Bilder aus der Testphase. a: Labormischung des BioBitumens während des Aufheizens. b: Mischgutprobe eines AC 11 N Bio mit 50 % Recyclinganteil. c: Erster Testeinbau auf dem Werksgelände.

4 | Images de la phase de test. a: mélange de laboratoire du BioBitume pendant le réchauffage. b: échantillon d'enrobé AC 11 N Bio contenant 50 % de matériaux recyclés. c: premier test de pose sur le site de la centrale.

rohen Nüsse, von denen ca. drei Viertel des Gewichts auf Schalenabfälle entfallen. Wie viel Maltene daraus verfügbar gemacht werden können, hängt vom Extraktionsprozess, den Konkurrenzanwendungen und der Dunkelziffer der Cashew-Produktion ab. Im Vergleich dazu stellen gemäss dem Lieferanten die weltweiten Vorkommen der Asphaltene keine einschränkende Grösse dar. Die Betrachtung zeigt, dass BioBitumen aus Cashew den jährlichen Bedarf an Bindemitteln für Asphalt nicht decken kann. Das Ziel besteht schlussendlich darin, den steigenden Bedarf und die sich in naher Zukunft öffnende Lücke mit einem qualitativ hochwertigen Produkt abzudecken.

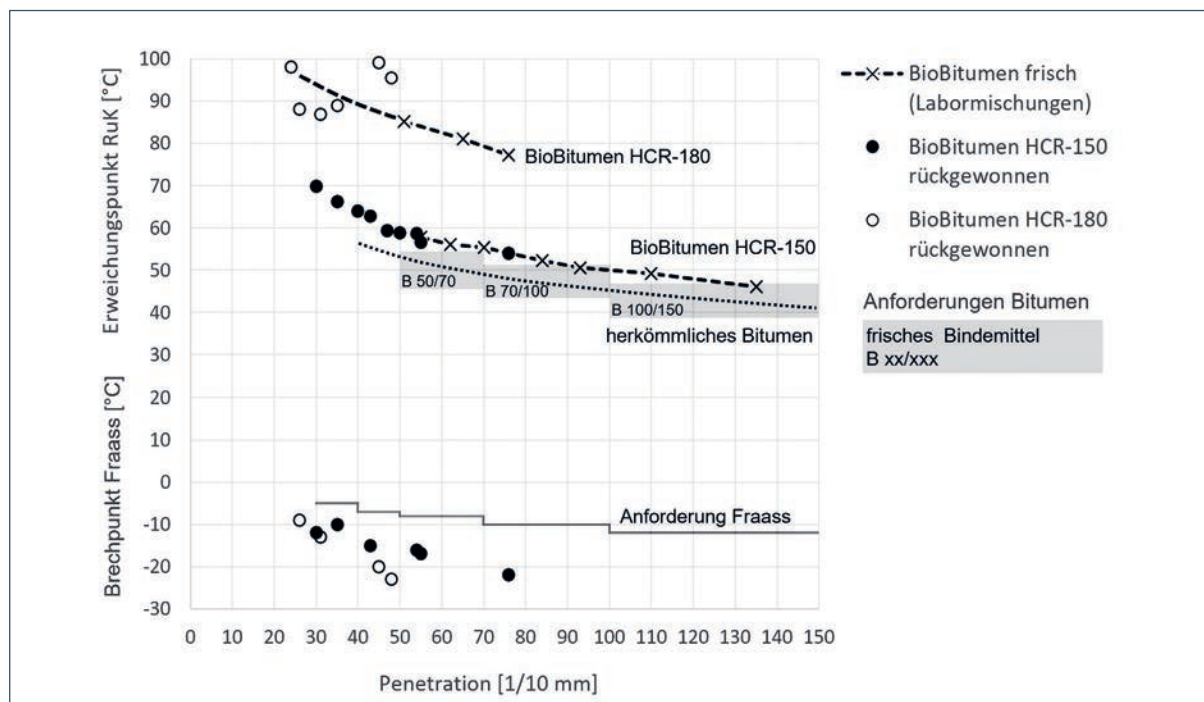
Entwicklung und Herstellung von BioAsphalt

Wir stützen uns in diesem Artikel auf bisher rund zwei Jahre eigene Erfahrung mit dem oben beschriebenen BioBitumen. Das damit hergestellte Mischgut bezeichnen wir analog dazu als BioAsphalt. In ersten Laborversuchen wurden die Eigenschaften des Bindemittels in Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses der beiden Komponenten verifiziert. Der Lieferant bietet dafür ein handliches Testkit mit jeweils 4 kg Asphaltene (A) und Maltene (M) sowie Richtwerte zur Dosierung an. Eine Mischung aus 52:48 Anteilen A:M ergibt z. B. ein Binde-

de maltènes qui peut être rendue disponible dépend du processus d'extraction, d'autres utilisations et également de la production de noix de cajou non recensée. En comparaison, selon le fournisseur, les gisements mondiaux d'asphaltènes ne constituent pas un facteur limitant. On voit donc bien que le BioBitume issu des coques de noix de cajou ne peut pas couvrir les besoins annuels en liants pour les enrobés. L'objectif consiste en fait à couvrir dans un avenir proche les besoins croissants en liant non comblés par l'industrie pétrolière et ce, avec un produit de haute qualité.

Développement et production de BioAsphalt

Dans cet article, nous nous basons sur deux ans d'expériences acquises avec le BioBitume décrit ci-dessus. Par analogie, nous appelons l'enrobé ainsi fabriqué: «BioAsphalt». Lors des premiers essais en laboratoire, les propriétés du liant ont été vérifiées en fonction du ratio de mélange des deux composants. Le fournisseur propose à cet effet un kit d'essai pratique contenant 4 kg d'asphaltènes (A) et 4 kg de maltènes (M) ainsi que des valeurs indicatives pour le dosage. Avec un mélange de 52:48 (A:M) on obtient par exemple un liant de classe B 70/100 avec une pénétration (Pen) d'environ 80 [1/10 mm] et un point de ramollissement anneau et



5 | Das Diagramm zeigt auf der Temperaturskala (y-Achse) den Erweichungspunkt Ring und Kugel (warmer Bereich oben) sowie den Brechpunkt nach Fraass (kalter Bereich unten) in Abhängigkeit der Penetration (x-Achse) aus der Bindemittelanalyse einer Vielzahl von BioBitumen-Proben. Die Differenz zwischen Erweichungspunkt und Brechpunkt gilt bei Bitumen als plastischer Bereich. Je grösser dieser ist, desto grösser der Einsatzbereich für den damit hergestellten Asphalt. Es ist zu sehen, dass das BioBitumen die Mindestanforderungen an herkömmliches Strassenbaubitumen weit übertrifft.

5 | Diagramme d'un grand nombre d'analyses d'échantillons de BioBitume: axe y (température): point de ramollissement A&B (zone supérieure) ainsi que point de rupture Fraass (zone inférieure)/axe x: pénétration. La différence entre le point de ramollissement et le point de rupture est considérée comme l'intervalle de plasticité d'un liant. Plus celui-ci est grand, plus les possibilités d'application de l'enrobé fabriqué avec ce liant est vaste. On constate que le BioBitume dépasse largement les exigences du bitume routier traditionnel.

mittel der Klasse B 70/100 mit einer Penetration (Pen) von ca. 80 [1/10 mm] und einem Erweichungspunkt Ring und Kugel (EP RuK) von 51 bis 55°C. Je höher der Maltene-Anteil, desto weicher wird das Bindemittel und umgekehrt. Im Laborversuch wurden das Pulver und die Flüssigkeit bei Raumtemperatur vermengt und in einem Rührgerät auf einer Heizplatte bis über den Erweichungspunkt der Asphaltene erhitzt (Abb. 4). Eine Serie von Mischversuchen hat gezeigt, dass neben dem Mischungsverhältnis auch die Scherwirkung der Rührmethode einen leichten Einfluss auf die resultierenden Eigenschaftswerte hat. Im Endeffekt ergab sich aber ein eindeutiger Zusammenhang in Form einer scharfen Kennlinie zwischen Pen und EP RuK (Abb. 5).

Im nächsten Schritt wurden erste Asphaltmischungen im Labor hergestellt, gefolgt von diversen Probe-mischungen im eigenen Belagswerk à zwei bis drei Tonnen pro Charge. Letztere wurden mit einem Recyclinganteil von bis zu 50 % hergestellt. Die so entstandenen Mischungen liessen sich optisch nicht von herkömmlichem Asphalt aus Erdölbitumen unterscheiden. Einzig der leicht süssliche Geruch weist auf die Andersartigkeit des Materials hin. Im August 2024

bille (A&B) de 51–55°C. Plus la proportion de maltènes est élevée, plus le liant se ramollit et inversement. Au laboratoire, les deux composants ont été mélangés à température ambiante, puis la température du mélange était graduellement augmentée par une plaque chauffante jusqu'à dépasser le point de ramollissement des asphaltènes (fig. 4). Pendant le processus de chauffe, les matériaux étaient constamment malaxés par un agitateur. Une série d'essais variant le malaxage a démontré qu'en plus des proportions du mélange, l'effet de cisaillement de la méthode d'agitation a une légère influence sur les propriétés résultantes. Il en est toutefois ressorti une courbe caractéristique nette démontrant une relation claire entre la Pen et l'A&B (fig. 5).

L'étape suivante a été de produire les premiers mélanges d'enrobé en laboratoire, suivi de divers mélanges d'essai dans nos centrales d'enrobage, à raison de 2 à 3 tonnes par gâchée. Ces derniers ont été fabriqués avec un taux de recyclés allant jusqu'à 50 %. Visuellement, les mélanges avec le BioBitume ne se distinguaient pas d'un enrobé classique. La seule indication de l'utilisation d'un liant différent est une odeur légèrement douceâtre qui se distingue de celle du bitume issu



6 | Einbau der Deckschicht AC 11 N Bio in Riggisberg Anfang November 2024.

6 | Pose de la couche de roulement AC 11 N Bio à Riggisberg début novembre 2024.



wurde auf dem Werksgelände eine erste Testfläche von 100 m² mit 17,5 t Decktragschicht maschinell eingebaut. Der Versuch hat gezeigt, dass die Handhabung der beiden BioBitumen-Komponenten problemlos im industriellen Massstab funktioniert und sich der BioAsphalt einwandfrei verarbeiten und verdichten lässt.

Anhand von Mischgutuntersuchungen und Analysen des rückgewonnenen Bindemittels wurden die Rezepturen geprüft und mit jedem Schritt weiter optimiert. Analog zu herkömmlichem Bitumen wurde eine Verhärtung des rückgewonnenen Bindemittels als Folge der thermischen Belastung beim Produktionsprozess beobachtet (Abb. 5). Pen und EP RuK des rückgewonnenen BioBitumens HCR-150 folgen dabei der gleichen Kennlinie wie die frischen Labormischungen. Im Vergleich zu den Anforderungen des herkömmlichen Bitumens liegt diese Kennlinie jedoch um rund 5°C höher, was auf bessere Wärmeigenschaften dieses Bindemittels bei einer bestimmten Penetration hindeutet. Der Brechpunkt nach Fraass gibt Auskunft über das Kälteverhalten. Er liegt beim rückgewonnenen BioBitumen weit innerhalb/unterhalb der Mindestanforderungen für Frischbitumen. Zusammen mit dem erhöhten EP RuK ergibt sich somit ein weiter plastischer Bereich, der auf bessere Bindemittleigenschaften des BioBitumens gegenüber herkömmlichem Strassenbaubitumen hindeutet.

Die Testfläche auf dem Werksgelände wird an Arbeitstagen stetig von Pneucladern und LKW befahren und dient so als interner Härte- und Verformungstest für BioAsphalt. Bisher konnten dort keinerlei Verformungen, Ausbrüche oder Risse festgestellt werden.

du pétrole. En août 2024, une première planche d'essai de 100 m² a été réalisée dans l'enceinte d'une centrale d'enrobage, 17,5 tonnes d'un BioAsphalt mono-couche ont été mis en œuvre à la machine. L'essai a démontré que la manutention en centrale des deux composants du BioBitume fonctionne sans problème à l'échelle industrielle et que le BioAsphalt se laisse poser et compacter comme un enrobé classique.

Les formulations, contrôlées à l'aide d'analyses de l'enrobé et du liant récupéré, ont été optimisées à chaque étape. Comme pour les bitumes traditionnels, un durcissement du liant récupéré a été observé suite à la sollicitation thermique dû au processus de production (fig. 5). La Pen et l'A&B du BioBitume HCR-150 récupéré suivent la même courbe caractéristique que les mélanges de liant frais en laboratoire. Par rapport aux prescriptions du bitume traditionnel, cette courbe caractéristique se situe toutefois à un niveau supérieur d'environ 5°C, ce qui indique un meilleur comportement à température élevée du BioBitume pour une pénétration donnée. Le point de rupture Fraass donne des informations sur le comportement du liant à basse température. Celui-ci se situe, pour le BioBitume récupéré, largement en dessous des minimas exigés pour un bitume classique frais. En combinaison avec l'A&B plus élevé, le BioBitume obtient ainsi une plus large plage de plasticité ce qui indique des propriétés nettement meilleures comparées à celles du bitume routier conventionnel.

La planche d'essais en centrale d'enrobage est constamment fortement sollicitée par du trafic lourd (camions, chargeuse à pneus) et sert ainsi en interne de véritable tronçon test pour la «résistance» du BioAsphalt. Jusqu'à

Erste Pilotprojekte für die Schweiz

Basierend auf den guten Ergebnissen der Entwicklungsphase konnten wir in Zusammenarbeit mit verschiedenen Bauherren drei erste Pilotprojekte mit BioAsphalt im Rahmen geplanter Strassensanierungen realisieren (Abb. 6 und 7). So wurde im Spätherbst 2024 auf einer Kantonsstrasse in Riggisberg (BE) eine Deckschicht mit 120 t AC 11 N «Bio» (50 % Recyclinganteil) eingebaut. Dieser Einbau fand bei kalter Witterung mit 5°C Bodentemperatur und einer Mischguttemperatur von 145–150°C statt. Die 4 cm dünne Schicht konnte selbst bei diesen erschwerten Bedingungen optimal verdichtet werden. Dies bestätigte die Einbaukontrolle an Bohrkernen mit einem mittleren Hohlraumgehalt von 2,9 % und einem Verdichtungsgrad von 100,6 %.

In der Stadt Bern wurde im Herbst 2024 der Belag von zwei Bushaltestellen durch BioAsphalt ersetzt. Um eine höhere Standfestigkeit zu gewährleisten, wurde hier speziell das BioBitumen HCR-180 verwendet. Der BioAsphalt wurde in drei Schichten und mit verschiedenen Recyclinganteilen je Haltestelle

présent, aucune déformation, aucun arrachement ni fissure n'ont pu être constatés à la surface du BioAsphalt.

Premiers projets pilotes en Suisse

Fort des bons résultats de la phase de développement, nous avons pu réaliser, en collaboration avec différents maîtres d'ouvrage, trois projets pilotes avec du BioAsphalt dans le cadre de réfections de routes planifiées (fig. 6 et 7). Ainsi, à la fin de l'automne 2024, 120 to d'une couche de roulement en AC 11 N Bio (R50) a été posée sur une route cantonale à Riggisberg (BE). Cette pose a eu lieu par temps froid, avec une température du sol de 5°C et une température de l'enrobé de 145–150°C. La couche de 4 cm d'épaisseur a pu être compactée de manière optimale même dans ces conditions difficiles. Ceci a été confirmé par le contrôle de la mise en œuvre, teneur en vides moyenne des carottes: 2,9%; degré de compactage: 100,6%.

Également en automne 2024, le revêtement de deux arrêts de bus en ville de Berne a été remplacé par du BioAsphalt. Afin de garantir une meilleure résistance à la déformation, le BioBitume HCR-180 a été utilisé. Le BioAsphalt a été posé en trois couches et avec diffé-

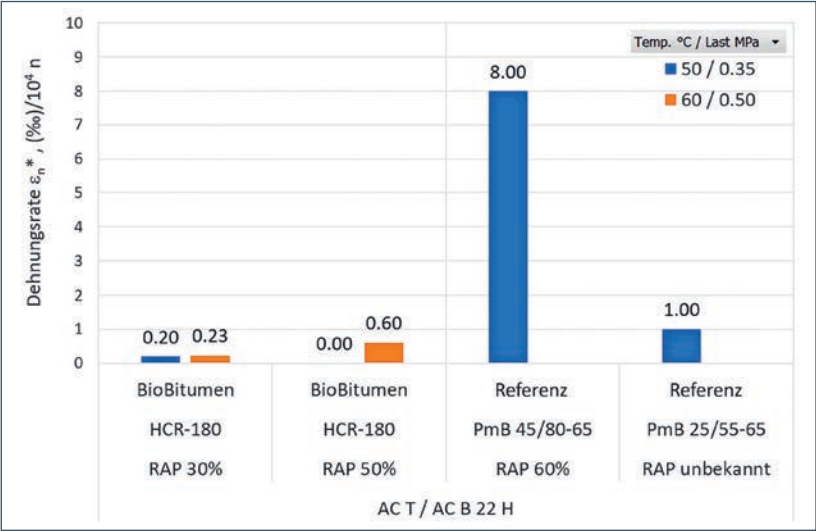


Deckschicht AC MR 11



7 | Bilder von den Baustellen in Bern und Köniz. Fertig eingebaute Deckschicht AC MR 11 Bio auf der Bushaltestelle Bern Breitfeld und Detailaufnahme der Oberfläche (Bilder oben). Handeinbau zu Beginn der Etappe für die Tragschicht und Verdichtung der Binderschicht auf der Strecke in Köniz (Bilder unten).

7 | Impressions des chantiers de Berne et Köniz. Couche de roulement AC MR 11 Bio posée et compactée sur l'arrêt de bus Bern Breitfeld ainsi que vue détaillée de la surface (photos du haut). Waldeggstrasse Köniz, mise en œuvre à la main de la couche de base (début étape de pose) et compactage de la couche de liaison (photos du bas).



8 | Resultate der Druckschwellversuche für das Mischgut AC B/AC T 22 H Bio aus dem Einbau der Bushaltestellen in Bern, hergestellt mit BioBitumen HCR-180. Die sehr tiefen Dehnungsraten im Vergleich zu Mischgut aus polymermodifiziertem Bitumen (PmB) deuten auf eine äusserst hohe Standfestigkeit dieser Beläge hin.

8 | Résultats des essais de fluage dynamique pour les AC B/AC T 22 H Bio mis en œuvre sur les arrêts de bus à Berne et fabriqués avec du BioBitume HCR-180. Les taux d’allongement très faibles, comparés aux enrobés à base de bitumes modifiés aux polymères (BmP), indiquent une stabilité extrêmement élevée de ces revêtements.

eingebaut. Beim Mischgut der Trag- und Binder-schicht wurde unter anderem der Widerstand gegen Verformung mit dem Druckschwellversuch (DSV) analysiert. In der Abbildung 8 ist die Dehnungsrate nach 10 000 Zyklen dargestellt. Bei Standard-Prüfbedingungen von 50°C und 0,35 MPa Oberlast waren die Werte derart klein, dass eine weitere Prüfung bei 60°C/0,50 MPa durchgeführt wurde. Selbst unter diesen härteren Bedingungen war der Widerstand gegen Verformung beim BioAsphalt enorm hoch, wie ein Vergleich zu Referenzdaten des gleichen Mischguttyps, hergestellt mit polymermodifiziertem Bitumen (PmB), zeigt.

Im April 2025 wurde in Köniz bei Bern das dritte Pilotprojekt realisiert. Auf einer Fläche von 570 m² wurde mit insgesamt 200 t AC T/AC B 22 H die bisher grösste Menge BioAsphalt als Trag- und Binder-schicht eingebaut. Wie bei den anderen Projekten verlief auch dieser Einbau problemlos. Eine Übersicht der bisher eingebauten Mischguttypen aus BioBitumen ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Betrachtung der CO₂-Bilanz

Mithilfe eines intern entwickelten Tools haben wir den CO₂-Fussabdruck der einzelnen BioAsphalt-rezepturen sowie der entsprechenden Referenz-mischungen aus Erdölbitumen berechnet. Dabei wurden basierend auf den Mengenanteilen der Rezeptur die Emissionen bei der Gewinnung der einzelnen Rohstoffe, deren Transportwege bis zum Belagswerk und die Betriebsmittel bei der Herstel-lung berücksichtigt. Bei den Rohstoffen und Trans-portwegen flossen die Ökobilanzdaten aus allgemein verfügbaren Quellen ein.^[13] Für den spezifischen Energiebedarf der firmeneigenen Belagswerke lagen detaillierte Verbrauchsdaten der letzten Jahre vor.

rents pourcentages de recyclés. En ce qui concerne les enrobés de la couche de base et de la couche de liaison, nous avons analysé entre autres la résistance à la défor-mation à l’aide de l’essai de fluage dynamique (DSV). La figure 8 présente le taux d’allongement après 10 000 cycles. Dans les conditions d’essai standard 50°C et 0,35 MPa de charge les valeurs étaient si faibles qu’un autre essai a été effectué à 60°C/0,50 MPa. Même dans ces conditions plus dures, la résistance à la déforma-tion du BioAsphalt était très élevée, même par rapport à des données de référence du même type d’enrobé fabriqué avec un bitume modifié aux polymères (BmP).

En avril 2025, le troisième projet pilote a été réalisé à Köniz près de Berne. Sur une surface de 570 m², la quantité la plus importante à ce jour de BioAsphalt a été posée sous forme de couches de base et de liaison avec un total de 200 to d’AC T/AC B 22 H. Tout comme pour les autres projets, la pose s’est déroulée sans encombre. Le tableau 1 résume les sortes d’enrobés fabriqués avec du BioBitume et mises en œuvre jusqu’à présent.

Examen du bilan de CO₂

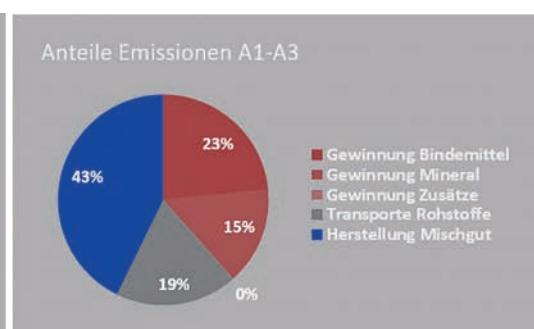
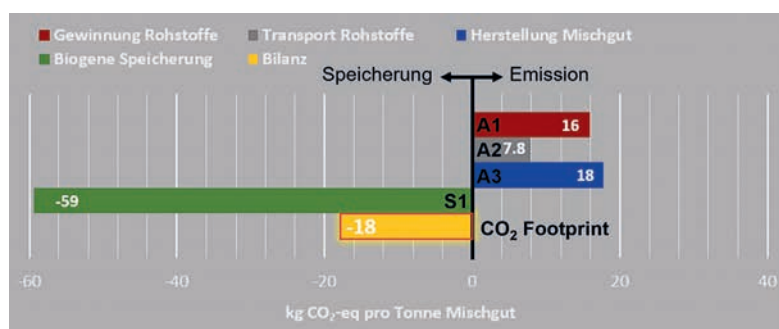
A l’aide d’un outil développé en interne, nous avons calculé l’empreinte carbone des différentes formules de BioAsphalt ainsi que des mélanges de référence correspondants à base de bitume issu du pétrole. Se basant sur les proportions de la formule, sont pris en compte les émissions liées à l’extraction des différentes matières premières, leur transport jusqu’à la centrale d’enrobage et les moyens de production utilisés lors de la fabrication. Pour les matières premières et les dis-tances de transport, les données de divers écobilans accessibles au public ont été prises en compte.^[13] Pour les besoins énergétiques spécifiques des centrales d’enrobage de l’entreprise, des données de consom-mation détaillées des dernières années ont été utilisées.

Pilotprojekt	Rezeptur			Dimension		
	Mischguttyp	RAP- Anteil	Bindemittelklasse	Schicht	Menge [t]	Fläche [m²]
Riggisberg	AC 11 N Bio	50 %	B 70/100	Deckschicht	120	1275
Bushaltestelle Bern, Breitfeld	AC T 22 H Bio	30 %	B 35/50	Tragschicht	7	72
	AC B 22 H Bio	30 %	B 35/50	Binderschicht	12	
	AC MR 11 Bio	0 %	B 35/50	Deckschicht	12	
Bushaltestelle Bern, Tierpark	AC T 22 H Bio	50 %	B 35/50	Tragschicht	9	90
	AC B 22 H Bio	50 %	B 35/50	Binderschicht	15	
	AC MR 11 Bio	20 %	B 35/50	Deckschicht	15	
Köniz b. Bern	AC T 22 S Bio	50 %	B 50/70	Tragschicht	100	570
	AC B 22 S Bio	50 %	B 50/70	Binderschicht	100	

Tabelle 1: Übersicht zu den BioAsphalt-Mischguttypen aus den bisherigen Pilotprojekten und Angaben zur Dimension der Ausführung.
Tableau 1: Résumé des sortes d'enrobés BioAsphalt utilisées pour les projets pilotes et informations sur leur mise en œuvre.

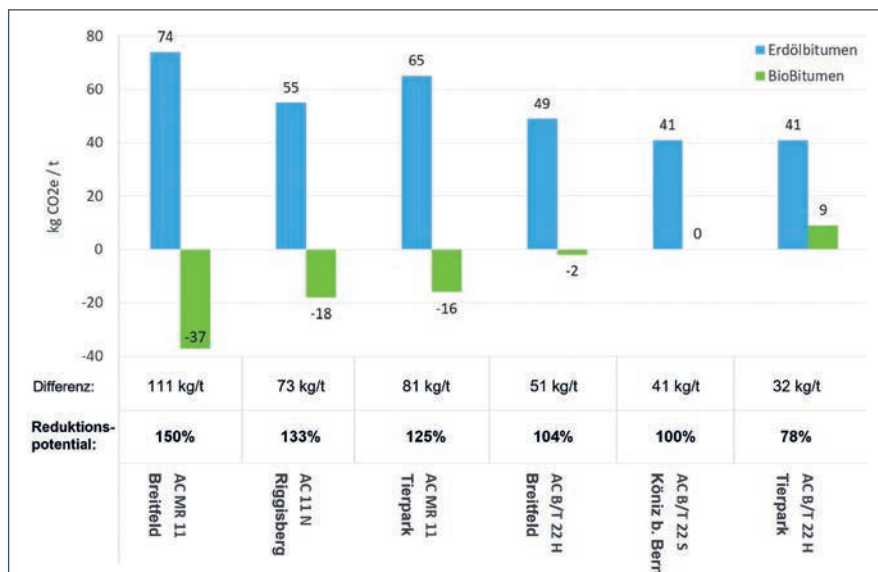
Werksabhängig konnten wir so die Betriebsbedingungen statistisch zusammenfassen und für die Berechnung berücksichtigen. Das Resultat einer solchen Berechnung ist in Abbildung 9 für den AC 11 N Bio (RAP = 50 %) aus dem Projekt Riggisberg dargestellt. Es ist ersichtlich, dass gut ein Drittel der erzeugten Emissionen auf die Rohstoffgewinnung zurückzuführen ist (A1, roter Balken und rote Anteile des Kuchendiagramms). Darin enthalten sind neben den Mineralstoffen auch die beiden Komponenten des BioBitumens inklusive deren Transport bis ins Zwischenlager in Deutschland. Rund ein Fünftel der Emissionen entfallen auf die Transporte ab Lieferstelle bis zum Belagswerk (A2, graue Flächen). Der Rest stammt aus der Mischgutherstellung, insbesondere von den Brennstoffen zum Aufheizen des Materials (A3, blaue Flächen). Nach Abzug der Negativ-Emissionen durch die biogene Speicherung (S1, grüner Balken) ergibt sich für diese Rezeptur ein CO₂-Fussabdruck von -18 kg CO₂e/t (gelber Balken).

Pour chaque centrale, nous avons ainsi pu résumer statistiquement les conditions d'exploitation et les prendre en compte pour le calcul. Le résultat d'un tel calcul est présenté dans la figure 9 pour l'AC 11 N Bio (RAP = 50 %), qui a été produit pour le projet pilote à Riggisberg. On constate qu'un bon tiers des émissions produites est dû à l'extraction des matières premières (A1, barre rouge et part du diagramme circulaire). Outre les minéraux, ce chiffre comprend les deux composants du BioBitume, y compris leur transport jusqu'à l'entrepôt intermédiaire en Allemagne. Environ 1/5 des émissions est dû aux transports jusqu'à la centrale d'enrobage (A2, surfaces grises). Le reste provient de la fabrication de l'enrobé, notamment des combustibles utilisés pour chauffer les matériaux (A3, surfaces bleues). Après déduction des émissions négatives du stockage biogénique (S1, barre verte), l'empreinte carbone de cette formule est de -18 kg CO₂e/tonne.



9 | CO₂-Bilanz für das Mischgut AC 11 N Bio aus dem Projekt Riggisberg. Die werkspezifischen Emissionen flossen in die Berechnung ein. Der Fussabdruck von -18 kg CO₂e/t gilt bei einer Tagesproduktion des Belagswerks von durchschnittlich 1000 t.

9 | Bilan CO₂ pour l'AC 11 N Bio du chantier Riggisberg. Prise en compte des émissions spécifiques à la centrale d'enrobage. L'empreinte de -18 kg CO₂e/t s'applique pour une production journalière moyenne en centrale d'enrobage de 1000 t.



10 | Vergleich des CO₂-Fussabdrucks der unterschiedlichen Mischguttypen. Das Reduktionspotenzial in Prozent berechnet sich aus der Differenz zwischen der Variante aus Erdölbitumen und BioBitumen. Am Beispiel des AC 11 N: $(73/55) \times 100 = 133\%$.

10 | Comparaison de l'empreinte CO₂ des différents types d'enrobés. Le potentiel de réduction en pourcentage se calcule à partir de la différence entre la variante «bitume de pétrole» et celle de BioBitume. Sur l'exemple de l'AC 11 N: $(73/55) \times 100 = 133\%$.

Vergleich Rezepturen und Reduktionspotenzial

Für das herkömmliche Mischgut AC 11 N mit 50% Recyclinganteil und Erdölbitumen entsteht ein CO₂-Fussabdruck von 55 kg CO₂e/t. Durch den Ersatz des Bindemittels ergibt sich beim BioAsphalt eine Reduktion der Emissionen um -73 kg CO₂e/t resp. ein Reduktionspotenzial von 133%. Allein beim Projekt in Riggisberg konnten dadurch 8,76 t CO₂e eingespart werden. Ein Vergleich aller verwendeten Rezepturen aus den drei Pilotprojekten zeigt, dass bis auf eine Ausnahme alle Mischgüter CO₂-negativ oder neutral sind (Abb. 10). Die Rezepturen sind in Abbildung 10 nach ihrem Reduktionspotenzial absteigend von links nach rechts angeordnet. Daraus ist zu erkennen, dass die verwendeten Deckschichten mit 125 bis 150% die grösste Reduktion ermöglichen. Dies hängt mit dem Recyclinganteil, dem Bindemittelgehalt sowie der Bindemittelklasse (weicher) zusammen. Das tiefste Reduktionspotenzial von 78% zeigt der AC T/AC B 22 H der Bushaltestelle Tierpark in Bern. Die Reduktion von -32 kg CO₂e/t gegenüber dem herkömmlichen Mischgut ist aber immer noch weitaus grösser, als was durch heutige Massnahmen – wie die Maximierung der Recyclinganteile und Niedertemperatur – möglich ist.

Fazit

Das im vorliegenden Artikel beschriebene BioBitumen überzeugt als ein technisch vielversprechendes Produkt. Die Testphase und drei Pilotprojekte haben gezeigt, dass damit die Herstellung und der Einbau von BioAsphalt einfach möglich sind. Ein zentrales Kriterium ist die Kompatibilität mit bestehender Anlagentechnik und dem etablierten Recyclingprozess

Comparaison des recettes et potentiel de réduction

Pour un enrobé classique AC 11 N avec 50% de matériaux recyclés et du bitume issu du pétrole, l'empreinte carbone est de 55 kg de CO₂ e/tonne. La substitution du liant permet donc de réduire les émissions du BioAsphalt de -73 kg CO₂ e/t, soit un potentiel de réduction de 133%. Rien que pour le projet pilote de Riggisberg, cela a permis d'économiser 8,76 t de CO₂e. Une comparaison de toutes les recettes utilisées dans les trois projets pilotes montre qu'à une exception près, tous les enrobés sont CO₂ neutres ou négatifs (fig. 10). Dans la figure 10, les formules sont classées par ordre décroissant de gauche à droite en fonction de leur potentiel de réduction. On constate que les couches de roulement permettent le plus grand potentiel de réduction avec plus de 120%. Ceci est lié aux teneurs en recyclés et en liant ainsi qu'à la classe de liant (généralement plus tendre). Les AC T/AC B 22 H de l'arrêt de bus Tierpark à Berne ont le potentiel de réduction le plus bas avec 78%. La réduction de 32 kg de CO₂e/t par rapport à l'enrobé traditionnel reste toutefois de même bien plus que ce qu'il est possible d'obtenir avec les techniques connues comme la maximisation des recyclés et l'abaissement de la température de fabrication.

Conclusion

Le BioBitume décrit dans le présent article est prometteur notamment sur le plan technique. La phase de test ainsi que les trois projets pilotes ont montré que la fabrication et la pose du BioAsphalt sont possibles sans problème. Un atout majeur est la compatibilité avec les procédés de fabrication existants dans les centrales d'enrobage ainsi qu'avec le processus de recyclage, y compris la réutilisation ultérieure du

für Altbelag – inklusive die spätere Wiederverwendung des BioBitumens. Die Resultate zeigen, dass BioBitumen ein vollwertiger Ersatz für das heute verwendete Bitumen aus Erdöl sein kann. Die Bindemiteigenschaften und die Laborergebnisse des Mischguts übertreffen in mehrfacher Hinsicht die heutigen Standards und lassen auf eine längere Lebensdauer der Beläge schliessen. Die hochstandfeste Variante, wie an zwei Bushaltestellen in Bern getestet, zeigt sogar Potenzial als Ersatz für polymermodifiziertes Bitumen in Anwendungen mit höheren Anforderungen. Die CO₂-Bilanz des Asphalts lässt sich ohne fremde Zusätze signifikant verbessern. Mit einem Reduktionspotenzial von 80 bis 150 % bietet BioBitumen eine effektive Lösung für die Netto-Null-Strategie im Strassenbau und ist aus heutiger Sicht für die Anwendung auf der Strasse bereit.

Ausblick

Wir wollen die BioAsphalt-Rezepturen gezielt weiterentwickeln. Der Fokus liegt auf einer tieferen Herstellungstemperatur und auf einem besseren Verständnis der Materialeigenschaften wie das Ermüdungsverhalten und die Alterung des Bindemittels. Dies soll idealerweise in Zusammenarbeit mit Bauherren und in weiteren Projekten erfolgen. So kann BioBitumen aus Cashew-Schalen zum Massstab für künftige biobasierte Bindemittel werden und den nachhaltigen Wandel im Strassenbau weiter voranbringen.

Dank

Wir danken dem OIK II des Kantons Bern, dem Tiefbau Stadt Bern sowie der Gemeinde Köniz für die Unterstützung und Zusammenarbeit bei der Realisierung der drei Pilotprojekte für BioAsphalt in der Schweiz. Das Labor für Strassenbaustoffe der Berner Fachhochschule hat die erweiterten Analysen im Zusammenhang mit den Bushaltestellen in Bern unterstützt.

Quellen

- [1] Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (Klima- und Innovationsgesetz, KIG) vom 30.09.2022 (Stand 01.01.2025), Art. 3.
- [2] Basel: Verfassung des Kantons Basel-Stadt vom 23.03.2005 (Stand 19.01.2023), Art. 16a; Bern: Reglement über Klimaschutz (Klimareglement; KR) vom 17.03.2022 (Stand 01.09.2022), Art. 2; Zürich: Abstimmung vom 15.05.2022; Klimaschutzplan Stadt Zürich, Dezember 2024.
- [3] S. Kytzia, T. Pohl, Ökobilanz der Herstellung von Asphaltbelägen, Themenheft Asphaltrecycling, Strasse und Autobahn, Ausgabe 8.2021.
- [4] www.asphaltrechner.ch [auf Anfrage wurde uns der für die Schweiz gültige Wert mitgeteilt].
- [5] Bundesamt für Umwelt, Treibhausgasinventar der Schweiz, Stand April 2025.
- [6] Rondon-Quintana et. al, Use of Biochar in Asphalts: Review, Sustainability 2022, 14, 4745.
- [7] Technischer Kurzbericht «Grüner Asphalt»: ein Meilenstein zum klimaverträglichen Strassenbau, Ausgabe 18.12.2023, ViaTec Basel AG, Tiefbauamt des Kantons Basel-Stadt.
- [8] Z.B. www.shell.com/business-customers/bitumen/road-asphalt-solutions/shell-bitumen-carbonsink.html
- [9] Strassenbau mit Bioasphalt, Magazin TU Braunschweig, Presseinformation Forschung, 3. April 2024.
- [10] www.bitumenbeyondoil.com (PCF-Datenblatt auf Anfrage).
- [11] Abgeleitet aus dem Marktvolumen (www.fortunebusinessinsights.com/de/bitumenmarkt-104300).
- [12] Food and Agriculture Organization of the UN, Abfrage unter Crops and livestock products (www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize).
- [13] KBOB: Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB/ecobau/IPB 2009/1:2022, Version 6.2.

BioBitume. Les résultats montrent que le bitume issu du pétrole peut être remplacé complètement par le BioBitume. Les propriétés du liant dépassent à plusieurs égards les exigences normatives actuelles des bitumes routiers et laissent présager une durée de vie plus longue des revêtements. La variante à haute résistance HCR-180, testée sur deux arrêts de bus à Berne, pourrait même potentiellement remplacer le bitume modifié aux polymères.

Le bilan CO₂ des enrobés est amélioré de manière significative et ce sans ajouts supplémentaires. Avec un potentiel de réduction de 80 à 150 %, le BioBitume offre une véritable solution dans le cadre de la stratégie «zéro net» de la construction routière. Du point de vue actuel, il est prêt à être utilisé!

Perspectives

Nous allons continuer à développer de manière ciblée les formules de BioAsphalt. Nous allons mettre l'accent sur l'abaissement des températures de fabrication ainsi que sur une meilleure compréhension des propriétés du BioAsphalt, notamment la résistance à la fatigue et le vieillissement du liant. Idéalement, ceci devrait se faire en collaboration avec les maîtres d'ouvrage et dans le cadre d'autres projets pilotes. Ainsi, le BioBitume peut devenir une référence pour de futurs liants biosourcés et contribuer à faire avancer la transition écologique dans le domaine de la construction de route.

Remerciements

Nous remercions l'AIC II du canton de Berne, le service de voirie de la ville de Berne ainsi que la commune de Köniz pour leur soutien et leur collaboration dans la réalisation des trois projets pilotes de BioAsphalt, le laboratoire des matériaux de construction routière de la Haute école spécialisée bernoise qui a apporté son soutien aux analyses élargies en rapport avec les arrêts de bus à Berne.