

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 62 (2000)

Heft: 2

Artikel: Asphaltböden, eine Alternative für Gärfuttersilos? : Beton, Walz- und Gussasphalt im Vergleich

Autor: Caenegem, Ludo van / Jakob, Ruedi / Schmidlin, Alfons

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1081187>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Asphaltböden, eine Alternative für Gärfuttersilos?

Beton, Walz- und Gussasphalt im Vergleich

Ludo Van Caenegeem, Ruedi Jakob und Alfons Schmidlin, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Mark Weydert, Faculté universitaire des sciences agronomiques, section Génie rural, B-5030 Gembloux

Betonböden in Flach- und Hochsilos werden stark von Gärsaft angegriffen. Versuche an der FAT zeigen, dass die Beständigkeit gegenüber Gärsaft ausgesprochen von der Art des Zuschlagmaterials (Sand und Kies) abhängt. Rein kristallines Zuschlagmaterial (wie Granit) ist bedeutend resistenter als Kalkstein. Die Zementsorte spielt wider Erwarten nur eine geringe Rolle. Alternative Zemente, die im Vergleich zum Portlandzement weniger frei verfügbaren Kalk enthalten, können die Beständigkeit des Betons kaum verbessern. Das gleiche gilt für Zusatzmittel wie Dispersionsmittel.

Eine interessante Alternative zum Beton ist der Asphalt. Nicht nur ist der Angriff durch Gärsaft bei Walz- und Gussasphalt geringer als bei Beton, auch die spätere Sanierung des Belags gestaltet sich einfacher. Die Beständigkeit hängt vor allem vom Bitumengehalt ab. Wird der Belag fachmännisch eingebaut, ist sowohl bei Walzasphalt als auch bei Gussasphalt die erforderliche Wasserundurchlässigkeit gewährleistet. Laut Untersuchungen an der EMPA ist Gärfutter in Kontakt mit Asphalt physiologisch unbedenklich. Walzasphalt in einschichtigem Einbau verursacht über die gesamte Lebensdauer der Bodenplatte betrachtet die geringsten Gesamtkosten.

Angriff durch Gärsaft

Bei der Konservierung von Futtermitteln wie Gras und Mais findet unter Luftabschluss eine Vergärung statt. Ist der Trockensubstanzgehalt beim Einbringen niedrig ($\leq 30\%$), können beträchtliche Mengen an Gärsaft freigesetzt werden (siehe FAT-Berichte Nr. 438).

Die Zusammensetzung von Gärsaft aus Maissilage kann stark variieren (Tab. 1). Der Trockensubstanzgehalt liegt in der Regel bei 5 bis 8%. Der relativ tiefe pH (3,6 bis 4) ist vor allem der Milchs- und Essigsäure zuzuschreiben, die in Konzentrationen von 10 bis 20 g/kg Gärsaft vorhanden sind.

Säuren bilden mit dem frei verfügbaren Kalk im Zement Salze. Je löslicher diese Salze sind, desto stärker ist die Materialabtragung. Milchsäure bildet mit Kalk



Abb. 1: Einbau des Walzasphaltbelags im Flachsilo an der FAT.

Begriffserklärungen

AB = Asphaltbeton • Flugasche = Verbrennungsprodukt von magerer Steinkohle • GA = Gussasphalt • HMT = Heissmischtragschicht • Hüttensand = Fein gemahlene Hochofenschlacke • Kristallines Gestein = Granit und Gneiss • PAH = Polzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe • PmB = Polymerbitumen • Silikafume = Nebenprodukt der Siliziumindustrie • SMA = Splittmatrixasphalt • Wasserzementwert = Verhältnis der Wasser- zur Zementmenge • Zuschlagmaterial = Sand, Splitt und Kies in Beton oder Asphalt

Problemstellung

Bei der Vergärung von Raufutter (Mais, Gras) in Hoch- und Flachsilos entsteht je nach Trockensubstanzgehalt mehr oder weniger Gärtsaft. Dieser enthält vor allem Milch- und Essigsäure, die in kurzer Zeit die Betonoberfläche angreift. Die Auflösung von Beton erfordert nach einigen Jahren Reparaturarbeiten oder sogar eine Belagserneuerung. Ein oberflächlicher Schutz (Anstrich) ist entweder wenig dauerhaft oder mit hohen Kosten (Beschichtung) verbunden. Bitumen ist im Gegensatz zu Zement gegenüber organischen Säuren in schwacher Konzentration beständig. Walz- und Gussasphalt könnten deshalb beständiger als Beton sein, unter der Voraussetzung, dass der Bitumen ausreichend die einzelnen Zuschlagskörner (Sand, Splitt oder Kies) umhüllt und schützt. Ob diese Schwarzbelaäge sich tatsächlich für den Einbau in neuen Silos oder die Reparatur bestehender Böden eignen, entscheidet nicht nur ihre chemische Beständigkeit, sondern auch ihre Wasserundurchlässigkeit und Wirtschaftlichkeit. Außerdem ist die physiologische Unbedenklichkeit von Futter in Kontakt mit Asphalt abzuklären.

Calciumlaktat, das sich bei 15 °C in der Größenordnung von 5,5 g pro 100 ml Wasser auflösen kann. Die Wasserlöslichkeit von Calciumacetat (Salz aus Kalk und Essigsäure) liegt um ein Vielfaches höher (zirka 35 g/100 ml Wasser). Portlandzement, der allgemein für die Herstellung von Beton verwendet wird, setzt bei der Hydratation etwa 0,3 kg Kalk pro kg Zement frei.

Wie Zement im Beton sorgt Bitumen im Asphalt für die Verklebung und Umhüllung der Zuschlagskörner. Bitumen ist gegenüber Essiglösungen bis 25% und gegenüber Milchsäurelösungen bis 10% beständig. Daraus könnte man ableiten, dass Asphalt eine grössere Beständigkeit gegenüber Gärtsaft als Beton aufweisen müsste. Dies ist aber nicht unbedingt der Fall. Neben dem Bindemittel (Zement im Beton oder Bitumen im Asphalt) kann auch das Zuschlagmaterial (Sand, Splitt oder Kies) mit den organischen Säuren im Gärtsaft reagieren. Diese Reaktion hängt

Tab. 1: Zusammensetzung des Gärtsaftes bei Versuchsbeginn in g/pro kg (l) Gärtsaft

| Bezeichnung | Einheit | Versuch 1, 3 | Versuch 2, 3 | Versuch 4, 5 |
|--------------|---------|--------------|-------------------|-------------------|
| Asche | g/kg | 12 | 12 | 11 |
| Eiweiß | g/l | 16 | 11 | 12 |
| Zucker | g/kg | 3 | < 2 | 3 |
| Calcium | g/kg | 1,55 | 1,6 | < 1,0 |
| Essigsäure | g/kg | 8,6 | 11,1 | 10,2 |
| Propionsäure | g/kg | 0,2 | 9,3 ¹⁾ | 9,5 ¹⁾ |
| Buttersäure | g/kg | 0,4 | 0,5 | < 0,1 |
| Milchsäure | g/kg | 17,2 | 11,7 | 20,0 |
| Ammoniak | g/l | 0,35 | 0,2 | 0,14 |
| Ethanol | g/kg | 3,8 | 1 | 5,7 |
| pH | | 3,9 | 4,0 | 3,8 |

Analyseergebnisse der Forschungsanstalt RAP, Posieux.

¹⁾ Zur Verhinderung von Pilzbefall wurde zirka 1% Propionsäure zugefügt.

von der Art des Zuschlagmaterials und der Umhüllung der einzelnen Zuschlagskörner ab, wie Versuche an der FAT zeigen.

te eine Umdrehung pro Stunde. Beim zweiten Verfahren (permanent eingetaucht) waren sie ständig etwa 3 cm tief im gleichen Gärtsaft eingetaucht (Abb. 3). Nach einer oder zwei Wochen wurden alle Prüfkörper weggenommen und im Ofen bei 50 °C getrocknet, um sie auf ihren ursprünglichen Wassergehalt zurückzubringen. Anschliessend wurden sie mit einer Kunststoffbürste gereinigt (Entfernung von losen Körnern und Pilzresten) und gewogen. Die Differenz zwischen dem Gewicht vor und nach der Versuchsperiode ergab den Gewichtsverlust durch Gärtsaftangriff. Der Gewichtsverlust wurde für alle Prüfkörper auf eine Kontaktfläche von 600 cm² umgerechnet. Der Gärtsaft wurde nach jeder Entfernung der Prüfkörper erneuert.

Bei den Versuchen 1 und 2 (zyklische Eintauchung) auf der Maschine standen jeweils zwei, beim Versuch 4 jeweils vier Prüfkörper pro Beton-, Walzasphalt- und Gussasphaltsorte zur Verfügung. Da die Maschine nur für 24 Prüfkörper Platz bietet, wurde beim Versuch 2 Beton 6 durch Beton 7 ersetzt. Der Versuch 3 (permanente Eintauchung) bezieht sich auf einen Prüfkörper pro Beton- und Asphaltsoorte, der Versuch 5 (permanente Eintauchung) auf zwei Prüfkörper pro Walzasphaltsorte. Dank einer gezielten Auswahl der Beton- und Asphaltarten

Untersuchung

Die Untersuchungen beziehen sich auf die chemische Beständigkeit von Beton, Walz- und Gussasphalt gegenüber Gärtsaft sowie auf die Durchlässigkeit von Walzasphalt für Gärtsaft und die physiologische Unbedenklichkeit von Futter in Kontakt mit Walzasphalt.

Methode

Chemische Beständigkeit

Die Untersuchungen erfolgten in fünf Versuchen in der Zeitspanne von Februar bis Juli 1998 und von April bis Juli 1999 mittels zwei verschiedenen Verfahren (Tab. 2).

Beim ersten Verfahren (zyklisch eingetaucht) wurden die Prüfkörper abwechselnd zirka 2,5 cm tief in reinen Maisgärtsaft eingetaucht und anschliessend unter zwei Heizstrahlern oberflächlich abgetrocknet (Abb. 2). Die Förderkette mach-

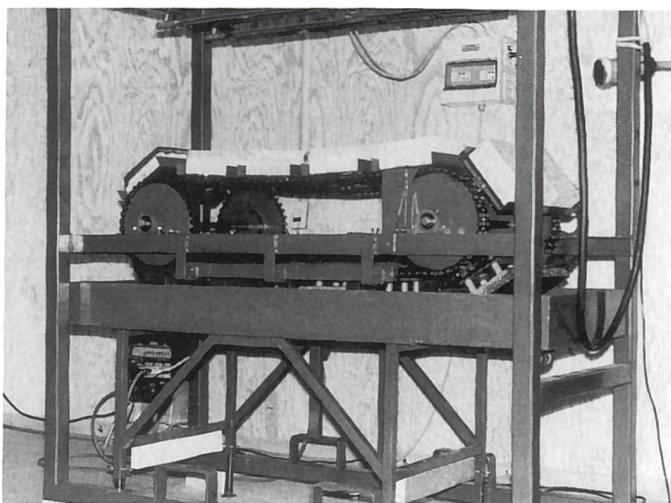


Abb. 2: Die Fördereinrichtung erlaubt das abwechslungsweise Eintauchen in Gärsaft und Trocknen der Beton- und Asphaltprüfkörper.



Abb. 3: Gleichzeitig zum Versuch auf der Maschine wurden Beton- und Asphaltkörper permanent in Gärsaft eingetaucht.

war es möglich, folgende Einflussfaktoren auf die chemische Beständigkeit zu untersuchen:

Versuche 1, 2, 3:

- Zement- oder Bitumensorte,
- Zuschlagmaterial: rein kristallines Gestein, reiner Kalkstein und ein Gemisch von beiden,
- Wasserzementwert (Verhältnis der Wasser- zur Zementmenge),
- Zusatzmittel bei Beton und Asphalt.

Versuche 4, 5:

- Nachbehandlung bei Beton,
- Zusatzmittel Trinidad (Naturasphalt) bei Walzasphalt.

Durchlässigkeit

Nach den Bestimmungen des Gewässerschutzes müssen Lagereinrichtungen für Gärfutter dicht sein. Die Wasserundurchlässigkeit des Walzasphalts hängt in erster Linie von der Verdichtung ab. Der Hohlraumgehalt soll möglichst unter 3,5% liegen. Zur Überprüfung der Wasserundurchlässigkeit wurde von jeder Walzasphaltsorte ein Prüfkörper in einem Metallzylinder eingefasst. Zwischen Zylinder und Prüfkörper befand sich ein säurefestes Abdichtungsmittel. Über die Prüfkörper wurde eine 2 cm hohe Gärsaftsäule angebracht. Die Unterseite wurde während sechs Wochen auf das Durchsickern von Gärsaft kontrolliert.

Physiologische Unbedenklichkeit

Strassenbeläge aus Asphalt bestehen hauptsächlich aus Gestein (92 bis 94%)

und einem Bindemittel (5 bis 7%), das diese Mineralstoffe verklebt. Seit einigen Jahren wird als Bindemittel ausschliesslich Bitumen verwendet. In alten Strassenbelägen kann man außer Bitumen auch noch Teer antreffen. Teer und Bitumen unterscheiden sich in der Herstellung und im Schadstoffgehalt. Während Teer bei der Verkokung von Steinkohle anfällt, beispielsweise bei der Herstellung von Stadtgas, entsteht Bitumen durch Abtrennung der leichtflüchtigeren Anteile wie Benzin, Kerosin usw. Dies ist ein rein physikalischer Trennvorgang, weshalb praktisch keine Schadstoffe entstehen. Bei der Teergewinnung hingegen wird die Steinkohle aufgeschlossen, wodurch eine Vielzahl neuer Verbindungen gebildet wird, darunter auch grosse Men-

gen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH). Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe sind anerkanntermassen schädlich für Mensch und Umwelt, dementsprechend auch bereits in zahlreichen Rechtserlassen geregelt (Weber 1998).

PAH entstehen auch bei der Verbrennung von organischem Material und sind daher in der Umwelt allgegenwärtig. Aus diesem Grunde wurden in sechs Flachsilos mit Walzasphaltsorten jeweils zwei Proben entnommen, einerseits eine Nullprobe (ohne Bodenkontakt) und andererseits eine Probe mit direktem Bodenkontakt (Abb. 4). Die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) führte die Analysen auf 16 verschiedene PAH-Gehalte durch.

Tab. 2: Übersicht der verschiedenen Versuche

| | Verfahren | Versuchsdauer Wochen | Material |
|-----------|----------------------------------|----------------------|---|
| Versuch 1 | Prüfkörper zyklisch eingetaucht | 4 | Beton 1, 2, 3, 4, 5, 6 Walzasphalt 1, 2, 3 Gussasphalt 1, 2, 3 |
| Versuch 2 | Prüfkörper zyklisch eingetaucht | 9 | Beton 1, 2, 3, 4, 5, 7 Walzasphalt 1, 2, 3 Gussasphalt 1, 2, 3 |
| Versuch 3 | Prüfkörper permanent eingetaucht | 10 | Beton 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Walzasphalt 1, 2, 3 Gussasphalt 1, 2, 3 |
| Versuch 4 | Prüfkörper zyklisch eingetaucht | 9 | Beton 8, 9 Walzasphalt 4, 5 |
| Versuch 5 | Prüfkörper permanent eingetaucht | 9 | Walzasphalt 4, 5 |

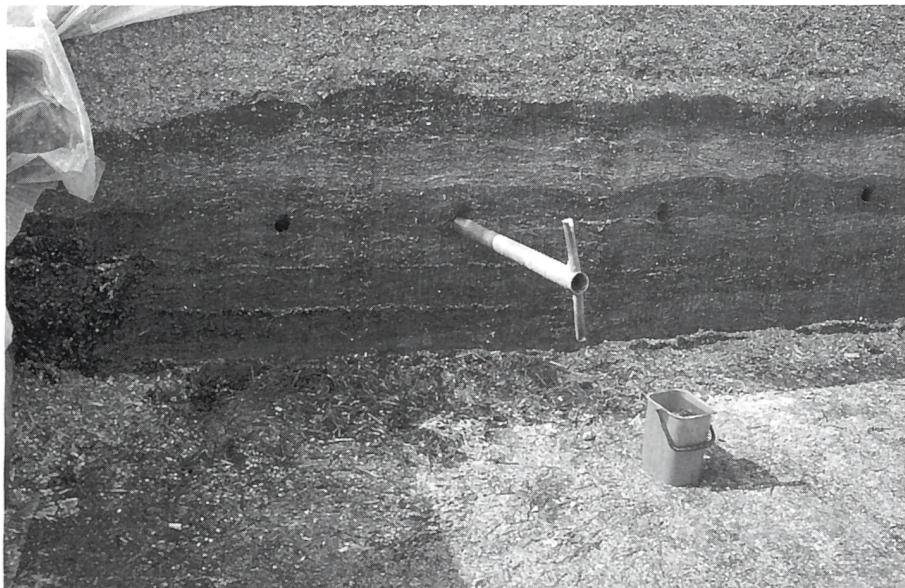


Abb. 4: In jedem Flachsilo mit Walzaspaltboden wurden zwei Proben entnommen, einerseits eine Nullprobe (ohne Bodenkontakt) und anderseits eine Probe mit direktem Bodenkontakt.

Untersuchte Betonsorten

Versuche 1, 2 und 3

In den Versuchen 1 bis 3 wurden insgesamt sieben Betonsorten geprüft. Sie unterscheiden sich entweder durch Zementsorte, Zuschlagmaterial, Wasserzementwert oder Zusatzmittel (Tab. 3). Beton 1, 2, 6 und 7 enthalten reinen Portlandzement, Beton 3, 4 und 5 Komposit-Zemente (Hüttensand, Flugasche, Silikafume). Bei herkömmlichem Beton wird reiner Portlandzement verwendet, der im Zementofen bei sehr hohen Temperaturen aus kalk-, silizium- und aluminiumhaltigen Gesteinen hergestellt wird. Portlandzement setzt bei der Erhärtung im Beton bis zu 0,3 kg Kalk pro kg Zement frei. Neben dem reinen Portlandzement gibt es Komposit-Zemente, bei denen ein Teil des Portlandzementes durch mineralische Zusätze (beispielsweise Hüttensand, Flugasche, Silikafume) ersetzt ist. **Hüttensand** ist fein gemahlene schnell abgekühlte Hochofenschlacke, die weniger reich an Kalk als Portlandzement ist. Hüttensand kann bis zu 95% Portlandzement ersetzen. **Flugasche** entsteht bei der Verbrennung von magerer Steinkohle in thermischen Elektrizitätswerken. Sie enthält ebenfalls weniger freien Kalk als Portlandzement und erlaubt zusätzlich die Herabsetzung des Wasserzementwerts. Silikafume ist ein Nebenprodukt der Siliziumindustrie. **Silikafume** verleiht dem Beton eine höhere Druckfestigkeit und wegen seiner extre-

men Partikelfeinheit eine geringere Durchlässigkeit.

Beton 1, 2, 3, 4, 5 und 7 enthalten reines kristallines Zuschlagmaterial, Beton 6 reinen Kalkstein. Das grobe Zuschlagmaterial nimmt ungefähr 50% des Betonvolumens ein. Man spricht von kristallinem Gestein, wenn es in der Tiefe unter hoher Temperatur (Granit) oder Druck (Gneiss) auskristallisiert ist.

Bei Beton 2 ist der Wasserzementwert im Vergleich zu Beton 1, 3, 4, 5, 6, 7 um 20% höher (0,6 statt 0,5). Das Anmachwasser des Betons setzt sich aus der Oberflächenfeuchtigkeit des Zuschlags-

materials und dem Zugabewasser zusammen. Für die Hydratation des Betons ist 0,3 bis 0,4 l Anmachwasser pro kg Zement erforderlich (Wasserzementwert, w/z = 0,3 bis 0,4). Wegen der Verarbeitbarkeit muss dem Beton mehr Wasser zugegeben werden, als für die Hydratation erforderlich ist. Der w/z-Wert sollte jedoch möglichst 0,5 nicht übersteigen. Beton 7 enthält ein Dispersionsmittel (Mowolith LDM 6680) in einer Dosierung von 15% zur Zementmasse (15% von 325 kg = 49 kg). Zusatzmittel wirken chemisch oder physikalisch. Beispiele sind Betonverflüssiger, die den Wasseranspruch verringern, Luftporenbildner, Dichtungsmittel, Verzögerer und Beschleuniger. Hydrophobe Dispersionsmittel sollten den Kontakt zwischen den Zuschlagkörnern und dem Gärsaft erschweren und so den Angriff verzögern.

Versuch 4

Im Versuch 4 wurde der Einfluss der Nachbehandlung auf die chemische Beständigkeit von Beton untersucht (Tab. 4). Die Festigkeitsentwicklung nach dem Einbau des Betons verläuft je nach Temperatur und Festigkeitsklasse des Zements mehr oder weniger schnell. Üblicher Beton (C25/30) erreicht bei einer Temperatur von 20 °C nach drei Tagen etwa 30 bis 40% seiner 28-Tage-Festigkeit. Bei tieferen Temperaturen nimmt die Erhärtungsgeschwindigkeit ab. Während des Erhärtungsprozesses muss durch Feuchthaltung dafür gesorgt werden,

Tab. 3: Eigenschaften der untersuchten Betonprüfkörper in den Versuchen 1, 2 und 3

| | Zement | Zuschlagstoffe | Zusatzmittel | Wasserzementwert |
|-----|---|----------------|----------------------------------|------------------|
| B 1 | 325 kg/m ³ Portlandzement | Kristallin | Verflüssiger 3 kg/m ³ | 0,52 |
| B 2 | 325 kg/m ³ Portlandzement | Kristallin | | 0,61 |
| B 3 | 250 kg/m ³ Portlandzement 75 kg/m ³ Flugasche | Kristallin | Verflüssiger 5 kg/m ³ | 0,52 |
| B 4 | 300 kg/m ³ Portlandzement 25 kg/m ³ Silikafume | Kristallin | Verflüssiger 5 kg/m ³ | 0,50 |
| B 5 | 98 kg/m ³ Portlandzement 227 kg/m ³ Hüttensand | Kristallin | Verflüssiger 5 kg/m ³ | 0,52 |
| B 6 | 325 kg/m ³ Portlandzement | Kalkstein | Verflüssiger 3 kg/m ³ | 0,51 |
| B 7 | 325 kg/m ³ Portlandzement | Kristallin | Mowolith 49 kg | 0,50 |

Herstellung und Analyseergebnisse VSH, Versuchsstollen, Hagerbach AG, Sargans.

dass der Beton genügend Wasser behält, damit die Hydratation ausreichend stattfindet und die Oberfläche dicht und fest wird. Unter warmen und trockenen Witterungsbedingungen kann der Beton nach dem Einbau mehr als 1 l Wasser pro m² und Stunde verlieren. Ohne Massnahmen führt diese Verdunstung in kürzester Zeit zur Austrocknung der Oberfläche. Die Austrocknung lässt sich durch das regelmässige Berieseln mit Wasser, das Abdecken mit einer Plastikfolie oder das Versprühen eines Curing Compounds (Verdunstungsschutz auf Paraffinbasis) verhindern. Die Nachbehandlung soll bei feuchter Witterung mindestens drei Tage, bei trockenen Wetterverhältnissen fünf Tage dauern. Im Versuch wurden vier Betonprüfkörper (Beton 9) gleich nach der Herstellung (auf einer Baustelle) mit einer Plastikfolie abgedeckt, während die anderen vier (Beton 8) der Witterung ausgesetzt wurden.

Untersuchte Walz- und Gussasphaltarten

Walzasphalt und Gussasphalt bestehen wie Beton aus mineralischen Zuschlagsmaterialien und einem Bindemittel. Wie Zement bei Beton, bildet Bitumen bei Asphalt das Bindemittel. Im Gegensatz zum Walzasphalt wird der Gussasphalt nicht gewalzt. Er wird bei einer höheren Temperatur (zirka 230 °C) als Walzasphalt eingebracht. Bei Gussasphalt ist der Bitumengehalt so zu bemessen, dass die Hohlräume zumindest voll ausgefüllt sind oder ein kleiner Bindemittelüberschuss besteht. Bei Walzasphalt ist der Anteil an Hohlräumen je nach Anwendungsgebiet unterschiedlich hoch. Gussasphalt wird nur als Deckschicht (2,5 bis 4 cm) auf einer Tragschicht (Beton oder Walzasphalt) verwendet. Walzasphalt wird durch die meisten Tiefbauunternehmen eingebracht, Gussasphalt dagegen bleibt spezialisierten Firmen vorbehalten.

Versuche 1, 2 und 3

Walzasphalt 1 ist ein Asphaltbeton (AB, Deckschichtasphalt) mit Polymerbitumen (PmB), Walzasphalt 2 ein Splittmastixasphalt (SMA, verschleissfeste Deckschicht) mit hohem Bitumengehalt und Naturasphalt (Trinidad) und Walzasphalt 3 eine Heissmischtragschicht (HMT) mit normalen Bitumen (Tab. 5).

Gussasphalt 1 enthält normalen Bitumen und Naturasphalt (Trinidad), Gussasphalt 2 normalen Bitumen und Gussasphalt 3 Polymerbitumen mit Naturasphalt (Trinidad).

Bitumen besteht zum grössten Teil aus Kohlenwasserstoffen und aus geringen Mengen an Schwefel und Sauerstoff. Bitumen kommt in Rohzustand in der Natur vor (beispielsweise in Trinidad, Kuba, Venezuela), wird aber hauptsächlich durch Destillation aus Petroleum gewonnen.

Zähflüssigkeit (Viskosität) und Eindringungswiderstand variieren je nach Zusammensetzung. Sie werden durch eine Zahl gekennzeichnet (30 bis 220). Je tiefer die Zahl, desto zähflüssiger und desto höher die Temperatur, bei welcher der Bitumen weich wird. Je zähflüssiger, desto grösser die Gefahr auf Rissbildung, desto kleiner aber die Beschädigung des Belags durch Aufweichen im Sommer.

Dem normalen Bitumen können zur Verbesserung bestimmter Eigenschaften (Lebensdauer, mechanischer Widerstand, Haftung) Polymere (beispielsweise Polyurethan, Polystyrol) beigemischt werden. Um das Risiko auf Entmischung (Ablauen von Bindemittel) zu vermindern, können Spezialfiller wie beispielsweise Zeobit oder Zusatzstoffe wie Zellulosefasern beigemischt werden.

Tab. 4: Eigenschaften der untersuchten Betonprüförper im Versuch 4

| | Zement | Zuschlagstoffe | Wasserzementwert | Nachbehandlung |
|-----|--------------------------------------|------------------------|------------------|----------------|
| B 8 | 325 kg/m ³ Portlandzement | Kristallin + Kalkstein | 0,50 | Nein |
| B 9 | 325 kg/m ³ Portlandzement | Kristallin + Kalkstein | 0,50 | Ja |

Herstellung und Angaben, Betonwerk Aadorf.

Tab. 5: Eigenschaften der untersuchten Walz- (WA) und Gussasphaltkörper (GA) in den Versuchen 1, 2 und 3

| | Bezeichnung | Bitumen | Zusatzmittel |
|------|---------------------------------|----------------|-----------------|
| WA 1 | Ab 11N (Asphaltbeton) | PmB, 5,8 % | |
| WA 2 | SMA 11S (Splittmastixasphalt) | B80/100, 6,6 % | Trinidad, 1% |
| WA 3 | HMT 11L (Heissmischtragschicht) | B80/100, 5,3 % | |
| GA 1 | GAT 8S | B40/50, 6,8 % | Trinidad, 1,1% |
| GA 2 | GA 8S | B40/50, 7,7 % | |
| GA 3 | GAT 11S | PmB, 6,8 % | Trinidad, 1,1 % |

Herstellung und Analyseergebnisse Batigroup, Bern.

Versuche 4, 5

Aufgrund der Ergebnisse in den Versuchen 1, 2 und 3 war es nicht möglich den Einfluss von Naturasphalt (Trinidad) eindeutig festzustellen. Deshalb wurde in weiteren Versuchen (4 und 5) Walzasphalt mit und ohne Zusatzstoff Trinidad verglichen (Tab. 6).

Tab. 6: Eigenschaften der untersuchten Walzasphaltkörper (WA) in den Versuchen 4 und 5

| | Bezeichnung | Bitumen | Zusatzmittel |
|------|-------------|---------------|----------------|
| WA 4 | HMT 16L | B80/100, 5,8% | |
| WA 5 | HMT 16L | B80/100, 5% | Trinidad, 1,5% |

Versuchsergebnisse

Komposit-Zement verbessert die Beständigkeit nur geringfügig

Da die Auflösung des Zementsteins durch Gärzaft frei verfügbaren Kalk voraussetzt, würde man erwarten, dass die Komposit-Zemente, die am wenigsten frei verfügbaren Kalk aufweisen, den widerstandsfähigsten Beton liefern würden.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei der zyklischen Eintauchung einerseits Silikafume (B 4) keinen Einfluss und andererseits Flugasche (B 3) und Hüttensand (B 5) den Gewichtsverlust nur sehr geringfügig verringern (Abb. 5). Bei den Prüfkörpern, welche permanent eingetaucht waren, ist der positive Einfluss der Komposit-Zemente etwas deutlicher. Diese letzten Resultate müssen jedoch mit Vorsicht interpretiert werden, da es sich jeweils nur um einen Prüfkörper handelt. Bei der zyklischen Eintauchung geht es dagegen um den Mittelwert von vier Prüfkörpern (außer bei Beton 6 und 7: nur zwei Prüfkörper).

per). Eine Erklärung für die eher enttäuschenden Ergebnisse der Komposit-Zemente könnte darin liegen, dass ein grosser Teil des Gewichtsverlustes nicht auf den Abbau des Mörtels (Zement-Sand-Gemisch), sondern des Zuschlagmaterials zurückzuführen ist. Eine visuelle Begeutachtung der Prüfkörper nach Ablauf des Versuches zeigt, dass auch kristallines Gestein (zirka 95% Granit nach petrographischem Prüfbericht) vom Gärzaft angegriffen wird. Die meisten Steinchen der Schnittfläche sind sogar tiefer erodiert als der umliegende Mörtel.

Kalkstein ist als Zuschlagmaterial nicht geeignet

Der Versuch sowohl mit zyklischer als auch mit permanenter Eintauchung zeigt sehr deutlich den Einfluss der Gesteinsart (Abb. 5). Die Prüfkörper mit reinem Kalkstein (B 6) als Zuschlagmaterial verlieren um ein Vielfaches mehr Gewicht im Vergleich zu den anderen Prüfkörpern, die mit reinem kristallinem Gestein hergestellt wurden.

Ein hoher Wasserzementwert verringerst die Beständigkeit des Betons

Der negative Einfluss eines hohen Wasserzementwertes auf die Beständigkeit des Betons (B 2) gegenüber Gärzaft ist bei den zyklisch eingetauchten Prüfkörpern weniger deutlich als beim permanent eingetauchten Prüfkörper (Abb. 5).

Zusatzmittel beeinflussen die Beständigkeit des Betons nur wenig

Das Dispersionsmittel Mowolith LDM 6680 (B 7) zeigt im Versuch nur eine geringe Wirkung (Abb. 5). Der leichten Zunahme der Beständigkeit stehen Mehrkosten von zirka Fr. 150.-/m³ gegenüber.

Nachbehandlung des Betons lohnt sich

Die Versuchsergebnisse zeigen einen deutlich höheren Gewichtsverlust für die nicht nachbehandelten Prüfkörper (B 8) (Abb. 7). Dieser Versuch erfolgte nur mit zyklischer Eintauchung.

Polymerbitumen verbessert die Beständigkeit von Asphalt nur wenig

Die Ergebnisse aus den Versuchen 1, 2 und 3 zeigen, dass die Beimischung von Polymeren weder bei Walzasphalt (WA 1) noch bei Gussasphalt (GA 3) eine gesicherte Verbesserung bewirkt (Abb. 6).

Keine positive Wirkung von Naturasphalt (Trinidad)

Die Vermutung nach den ersten beiden Versuchen, dass die sehr geringen Gewichtsverluste (Abb. 6) bei Walzasphalt 2 (Splittmastixasphalt SMA) hauptsächlich dem Zusatzstoff Trinidad (Naturasphalt) zu verdanken sind, hat sich im vierten und fünften Versuch nicht bestätigt. In diesen Versuchen konnte weder bei den zyklisch noch bei den ständig eingetauchten Prüfkörpern ein gesicherter Unterschied zwischen den Prüfkörpern mit (WA 5) und ohne (WA 4) Trinidad festgestellt werden (Abb. 7).

Die hohe Beständigkeit des Spezialbelags SMA ist wahrscheinlich auf seine spezifische Zusammensetzung zurückzuführen. Wegen des hohen Bitumengehalts sind die Hohlräume weitgehend mit Asphaltmastix gefüllt, sodass die Deckschicht

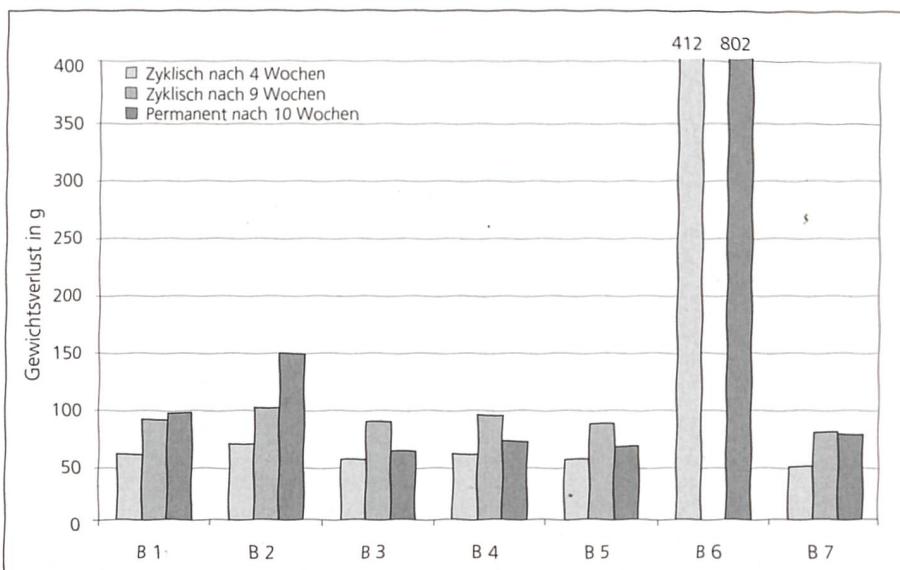


Abb. 5: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Versuchen 1, 2 und 3. Mittelwerte der Gewichtsverluste von sieben Betonsorten bei beiden Verfahren, zyklische und permanente Eintauchung in Gärzaft.

nach erfolgter Verdichtung nur noch einen geringen Hohlraumgehalt aufweist. Ein SMA-Belag eignet sich nur für maschinellen Einbau.

Beton, Walzaspalt und Gussaspalt im Vergleich

Ein Vergleich der Gewichtsverluste in den Versuchen 1 bis 3 zeigt (Abb. 5 und 6), dass Walzaspalt 1 (AB) und 3 (HMT) etwa gleich viel Gewicht verlieren wie Beton 1, 3, 4, 5 und 7. Dabei ist aber zu bedenken, dass die Betonkörper mit reinem kristallinem Material hergestellt wurden, während das Zuschlagmaterial von Walzaspalt auch Kalkstein (zirka 30%) enthielt. In den Versuchen 4 und 5 bestand das Zuschlagmaterial sowohl beim Beton als auch beim Walzaspalt HMT aus einer Mischung aus kristallinem Gestein und Kalkstein. Der Unterschied zwischen üblichem Beton (einer Baustelle entnommen) und Walzaspalt (HMT) ist eindeutig. Der Gewichtsverlust von Walzaspalt beträgt nur etwa 25% im Vergleich zum Beton (Abb. 7).

Die chemische Beständigkeit von Gussaspalt ist etwa zwei Mal besser als die von Walzaspalt 1 und 3 und etwa gleich gut wie Walzaspalt 2 (SMA) (Abb. 6).

Walzaspalt ist wasserdicht

Während der ganzen Beobachtungszeit (sechs Wochen) blieb die Unterseite bei allen drei Prüfkörpern vollständig trocken. Man kann also davon ausgehen, dass in Flachsilos, wo sich wegen des Gefälles gegen die Entwässerungsrinne nur ein geringer statischer Druck aufbauen kann, die Dichtigkeit des Walzaspaltes an sich genügt.

Da Gussaspalt wegen des Überschusses an Bitumen und seiner Zusammensetzung praktisch hohlräumfrei ist, steht seine Wasserdurchlässigkeit nicht zur Diskussion.

Asphalt ist physiologisch unbedenklich

Laut EMPA-Untersuchungen unterscheiden sich die Futterproben mit Bodenkontakt hinsichtlich ihrer Gehalte an polzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen nicht signifikant von den Futterproben ohne Bodenkontakt. Nach heutigen Kenntnissen entstehen keine Probleme, wenn Futtermittel mit so niedrigen PAH-Werten an landwirtschaftliche

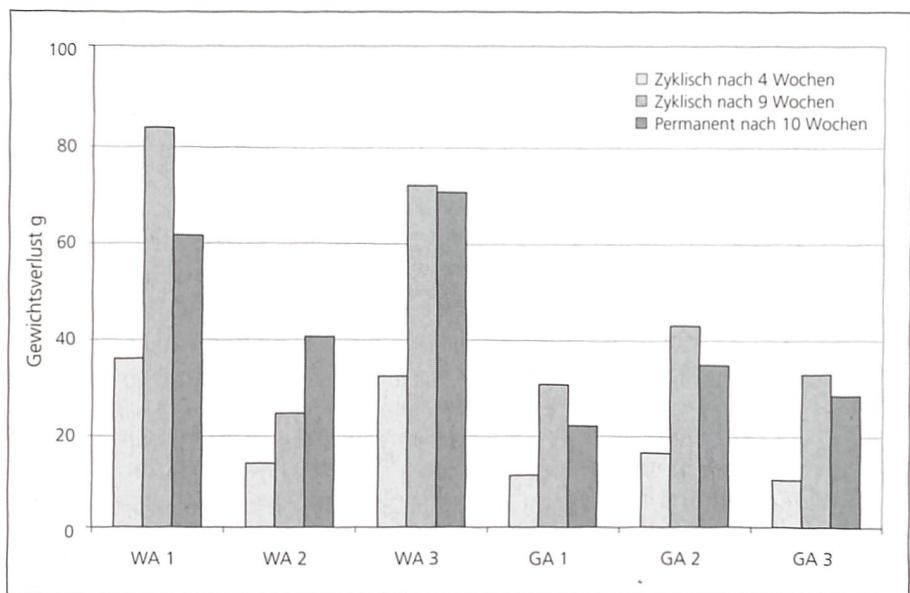


Abb. 6: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Versuchen 1, 2 und 3. Mittelwerte der Gewichtsverluste von drei Walzaspalt- (WA) und drei Gussaspaltsorten (GA) bei beiden Verfahren, zyklische und permanente Eintauchung in Gärsoft.

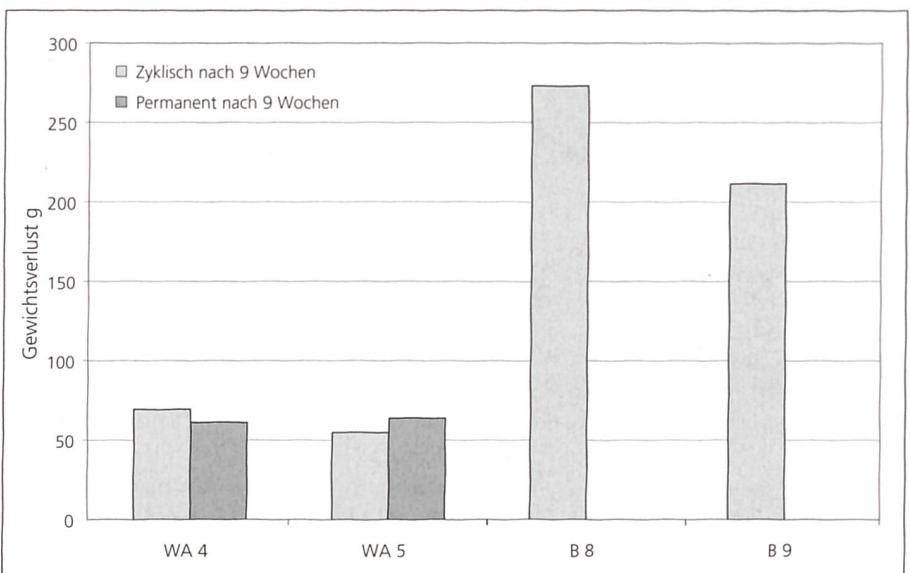


Abb. 7: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den Versuchen 4 und 5. Mittelwerte der Gewichtsverluste von zwei Walzaspalt- (WA) und zwei Betonsorten (B) bei beiden Verfahren, zyklische und permanente Eintauchung in Gärsoft.

Nutztiere verfüttet werden. Für PAH in Futtermitteln existieren zwar keine Höchstgehalte. Die gefundenen Werte liegen jedoch im Bereich der Angaben aus der Literatur für künstlich getrocknete Futtermittel (Guidon 1999). Die EMPA-Untersuchungen beziehen sich auf Beläge mit neuem Asphalt. Obwohl heute kein Teer mehr verwendet wird, kann durch Recycling alter Beläge trotzdem Teer in neuen Belägen eingearbeitet werden (Hugener 1998). Es ist deshalb bei Futtersilos unbedingt auf Recycling-Asphalt zu verzichten.

Bauliche Aspekte

Für die Silobodenplatte gibt es mehrere mögliche Schichtaufbauten (Abb. 8). Jeder Aufbau muss die Belastung durch die Geräte und Maschinen aushalten sowie den Anforderungen des Gewässerschutzes genügen.

Bei Neubau kommen sowohl einschichtige als auch mehrschichtige Beläge in Frage. Nicht nur wirtschaftliche, sondern auch bau- und betriebstechnische Anfor-

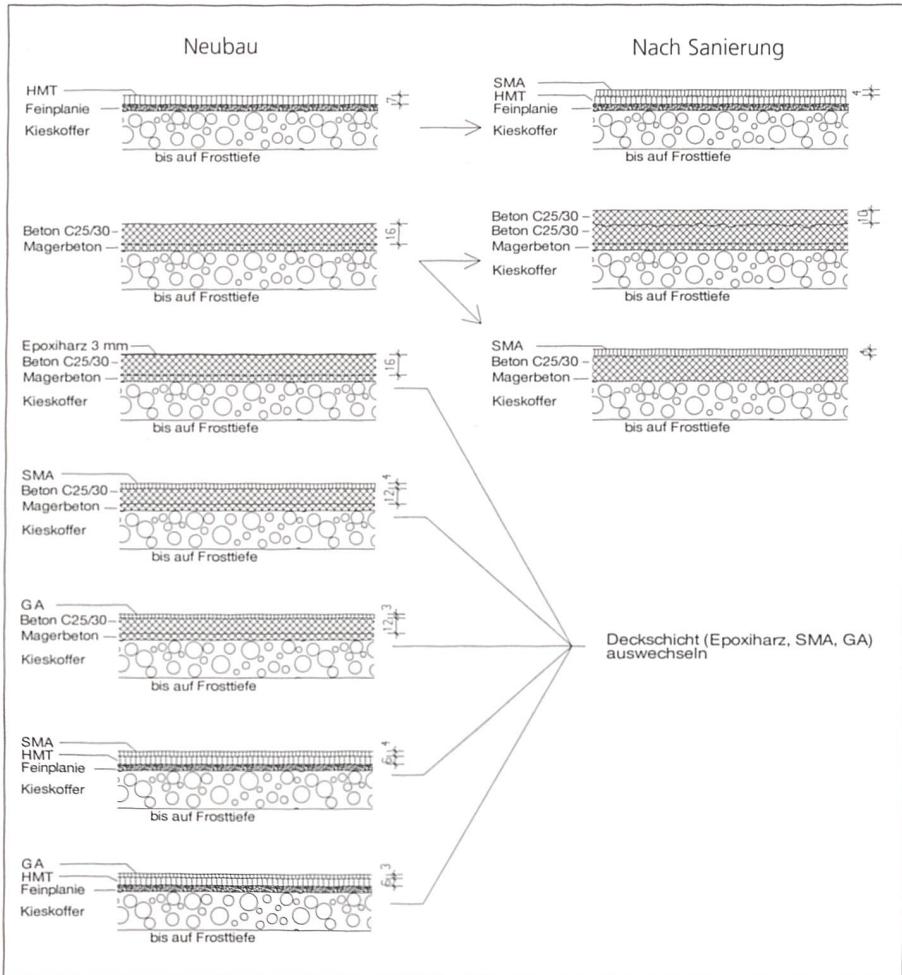


Abb. 8: Mögliche Belagsaufbauten für Siloböden bei Neubau und Sanierung.

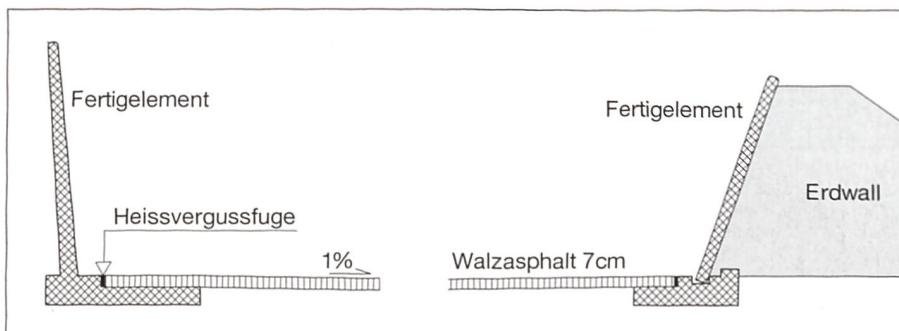


Abb. 9: Im Hinblick auf eine dichte Verbindung zwischen Wand und Bodenplatte empfiehlt es sich, den Belag nicht zwischen, sondern über einem Teil des Wandfusses einzubauen. Links freistehendes, rechts Traunstein-Fertigelement.

derungen werden die Wahl des Belagsaufbaus mitbestimmen. Eine Bodenplatte aus Walzasphalt setzt voraus, dass die Silowände für die Stabilität keine Verankerung in der Bodenplatte benötigen. Solche Silowände sind entweder freistehend (beispielsweise Fertigelemente mit Fuß in L- oder L-Form) oder lehnen sich an einen Erdwall (Traunstein-Silos) an. Letztere benötigen beidseitig einen Betonstreifen mit Nut. Im Hinblick auf eine

dichte Verbindung zwischen Wand und Bodenplatte empfiehlt es sich, den Asphaltbelag nicht zwischen, sondern über einem Teil des Wandfusses einzubauen. Der Wandfuß aus Beton ist in diesem Bereich genau um die Belagsdicke (7 cm) weniger dick (Abb. 9). Zur Entlastung der seitlichen Fugen soll der Boden ein Quergefälle gegen die Mitte aufweisen. Erfahrungen in der Praxis zeigen, dass vor allem die Verbindung zwischen

Bodenplatte und Betonwand das grösste Risiko auf Undichtigkeit aufweist. Das sogenannte TOK-Band (elastisches bituminöses Fugenband, 30 x 10 mm), das üblicherweise beim Belagseinbau zwischen Beton und Asphalt eingelegt wird, gewährleistet keine absolute Dichtigkeit. Es empfiehlt sich, den Walzasphalt nicht bis zur Wand einzubauen, sondern eine genügend breite Fuge (zirka 2 cm) zwischen Wand und Belag zu lassen. Nach vollständiger Abkühlung und Schrumpfung des Belags wird die Fuge mit einer Heissvergussmasse gefüllt.

Entscheidet man sich für einen Betonboden, soll dieser möglichst wenig Kalkstein als Zuschlagmaterial enthalten, einen niedrigen Wasserzementwert aufweisen, gut verdichtet und nach dem Einbringen während vier bis sieben Tagen, je nach Witterung, vor Austrocknung geschützt werden (Abdecken mit einer Folie oder berieseln).

Bei der Sanierung eines Betonbodens gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder wird nach Reinigung und Entfernung aller losen Teile auf der alten Platte ein neuer genügend dicker Betonbelag (zirka 10 cm) eingebaut, oder der alte Belag wird oberflächlich abgefräst und von einer Deckschicht (3 bis 4 cm) aus Walzasphalt (SMA) oder Gussasphalt versehen. Da beim oberflächlichen Abfräsen die grösseren Unebenheiten nicht ausgeglichen werden können, eignet sich zur Sanierung eine dünne Epoxiharz-Beschichtung nicht.

Die Sanierung eines Betonbodens, der von Anfang an mit Epoxiharz beschichtet wurde, dürfte sich laut Firmenangaben auf eine neue Versiegelung der Oberfläche beschränken. Vorgängig ist die Oberfläche mit Primer und Haftmittel vorzubereiten, und gegebenenfalls müssen mechanisch beschädigte Stellen ausgebessert werden. Eine Beschichtung mit Epoxidharz erweist sich als sehr dauerhaft, sofern die Beschichtung nicht mechanisch beschädigt wird (Abb. 10).

Bei einer Sanierung von Schwarzbelägen (Walz- oder Gussasphalt) muss der alte Belag teilweise (Tragschicht) oder ganz (Deckschicht) weggefräst werden, bevor eine neue Deckschicht eingebaut wird. Als Deckschicht empfiehlt sich ein SMA-Belag.



Abb. 10: Die Epoxiharz-Beschichtung (Streifen) im Flachsilo an der FAT ist nach sieben Jahren noch intakt.

Wirtschaftliche Aspekte

Je nach Belagsaufbau ist mit unterschiedlichen Investitionen, Lebensdauer und Reparaturkosten zu rechnen (Tab. 7). Die Lebensdauer ist sehr schwierig abzuschätzen. Aufgrund eigener Versuchser-

gebnisse sowie früher durchgeföhrter Untersuchungen muss man damit rechnen, dass der ungeschützte Beton viel schneller und stärker als die anderen Varianten angegriffen wird. Andererseits ist aber die Belagsdicke gross, sodass auch bei einer Abtragung von ein paar Zentimeter die Tragfähigkeit und die Wasserundurchlässigkeit, sofern keine Risse ent-

stehen, nicht gefährdet sind. Der Zeitpunkt der Sanierung hängt weiter nicht nur vom Schadenbild des Belags, sondern auch von den Anforderungen ab, die der Landwirt an den Belag stellt. Ein rauer Belag ist schwieriger zu reinigen und erschwert die Abfuhr von Gärsaft, was zu einer beschleunigten Zerstörung des Belags führt. Haben auch Tiere (Selbstfütterung) Zugang zum Silo, sind die Anforderungen an die Beschaffenheit der Bodenplatte höher, als wenn der Silo nur beim Ein- und Auslagern von Maschinen befahren wird.

Im Vergleich wurden einfachheitshalber für alle Varianten eine Lebensdauer der Gesamtanlage von 25 Jahren angenommen. Nach 15 Jahren findet eine vollständige Sanierung der Bodenplatte statt. Beim ungeschützten Beton ist örtlich, vor allem wo der Gärsaft abläuft, schon nach wenigen Jahren mit einer stark beschädigten Oberfläche zu rechnen. Es ist deshalb anzunehmen, dass schon vor der vollständigen Sanierung Reparaturarbeiten anfallen.

Ein Vergleich der Gesamtkosten (Unternehmerpreise) nach 25 Jahren (Erstellungskosten, Reparatur und Sanierung mit Verzinsung 4%) zeigt erwartungsgemäß die niedrigsten Kosten für den einschichtigen Belagseinbau. Geht man von Unternehmerpreisen aus, ist ein

Tab. 7: Vergleich von sieben Bodenplatten-Varianten

| Belagsaufbau | Beton | Beton+Epoxiharz | Beton+SMA | Beton+GA | HMT | HMT+SMA | HMT+GA |
|--|---|---|---|---|---|--|---|
| | Beton 16 cm | Epoxiharz Beton 16 cm | SMA 4 cm Beton 12 cm | GA 3 cm Beton 12 cm | HMT 7 cm | SMA 4 cm HMT 6 cm | GA 3 cm HMT 6 cm |
| Lebensdauer der gesamten Anlage | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Sanierung nach 15 Jahren | Ausbessern Oberfläche, neuer Betonbelag 10 cm | Ausbessern Oberfläche, neue Beschichtung | Abfräsen und Auswechseln der Deckschicht | Entfernen und Auswechseln der Deckschicht | Abfräsen Oberfläche und Deckschicht 4 cm | Abfräsen und Auswechseln der Deckschicht | Entfernen und Auswechseln der Deckschicht |
| Gesamtkosten¹⁾ % | 100 | 125 | 113 | 131 | 85 | 106 | 127 |
| Erstellungskosten ²⁾ Fr./m ² | 95 | 155 | 118 | 133 | 80 | 108 | 128 |
| Reparaturkosten ³⁾ Fr./m ² | 10 | | | | | | |
| Sanierungskosten ³⁾ Fr./m ² | 56 | 20 | 59 | 74 | 59 | 59 | 74 |
| Beurteilung | | | | | | | |
| Tragfähigkeit | Hoch | Hoch | Hoch | Hoch | Deformationen bei hoher Belastung möglich | Gut | Gut |
| Oberfläche | Oberfläche nach kurzer Zeit stark angegriffen | Glatte Oberfläche erleichtert die Reinigung | Gute chemische Beständigkeit | Gute chemische Beständigkeit | Oberfläche nach kurzer Zeit angegriffen | Gute chemische Beständigkeit | Gute chemische Beständigkeit |
| Volumenverlust bei Sanierung | 5 bis 8 % je nach Silohöhe | Kein Volumenverlust | Kein Volumenverlust | Kein Volumenverlust | Kein Volumenverlust | Kein Volumenverlust | Kein Volumenverlust |
| Eigenleistungen | Vollständig in Eigenbau möglich | Vollständig in Eigenbau möglich | Nur Tragschicht (Beton) in Eigenbau möglich | Nur Tragschicht (Beton) in Eigenbau möglich | Nur Fundation in Eigenbau möglich | Nur Fundation in Eigenbau möglich | Nur Fundation in Eigenbau möglich |

1) Gesamtkosten nach 25 Jahren Erstellung, Sanierung und Reparatur inkl. Verzinsung 4%.

2) Zwischenzeitliche Reparaturkosten nach 10 Jahren.

3) Sanierung der Bodenplatte nach 15 Jahren.

HMT-Walzasphaltbelag von 7 cm kostengünstiger als ein Betonboden. Der Beton aber erlaubt bei Selbstbau die grösseren Kosteneinsparungen. Asphalt muss vor allem wegen der erforderlichen Verdichtung von einem Unternehmer eingebaut werden. Bei einem einschichtigen Walzasphaltsboden werden hohe Anforderungen an die Fundationsschicht gestellt. Sie muss genügend dick und flach sein sowie sehr gut verdichtet werden. Beim mehrschichtigen Aufbau sind die Varianten mit Gussasphalt am teuersten. Die Gesamtkosten der Betonplatte mit Epoxiharz-Beschichtung sind trotz geringen Sanierungskosten fast so teuer wie die Gussasphalt-Varianten (GA). Dies ist auf die hohen Erstellungskosten am Anfang zurückzuführen.

Empfehlungen

Aufgrund der Versuche kann Walzasphalt als Alternative zu Beton für Silobodenplatten empfohlen werden. Welcher Belag - Beton oder Asphalt - sich am besten eignet, hängt neben der chemischen Beständigkeit sowie Wirtschaftlichkeit auch von der Wandkonstruktion ab. Der Einbau von Asphalt setzt Wände voraus, die für ihre Stabilität keine Verankerung in der Bodenplatte benötigen. Walzasphalt weist die geringsten Gesamtkosten auf, hat aber den Nachteil, dass er sich nicht für den Selbstbau eignet.

Die Dauerhaftigkeit von Beton und Asphalt kann man wesentlich beeinflussen (Tab. 8). Das Zuschlagmaterial hat sowohl bei Beton als auch bei Asphalt den grössten Einfluss auf die Beständigkeit. Wenn möglich soll nur kristallines Gestein verwendet werden.

Tab. 8: Empfehlungen zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit von Siloböden aus Beton oder Asphalt

| Bodenkonstruktion | Empfehlungen |
|---------------------------|---|
| Bodenplatte aus Beton | Betonklasse C25/30 (300 bis 325 kg Portlandzement) |
| | Zuschlagmaterial soviel als möglich kristallin |
| | Wasserzementfaktor < 0,5 |
| | Nach Einbau Bodenplatte während drei bis fünf Tagen mit Plastikfolie abdecken |
| Walzasphalt einschichtig | Typ: HMT mindestens 7 cm |
| | Hoher Bitumengehalt |
| | Zuschlagmaterial soviel als möglich kristallin |
| | Kein Recycling-Asphalt verwenden |
| Walzasphalt mehrschichtig | Fundationsschicht sehr gut verdichten und nivellieren |
| | Tragschicht HMT, Deckschicht SMA |
| | Zuschlagmaterial soviel als möglich kristallin |
| | Kein Recycling-Asphalt in der Deckschicht verwenden |

Schlussfolgerungen

Aus den Versuchen zeigt sich eindeutig, dass Kalkstein als Zuschlagmaterial für Beton in Kontakt mit Gärsäft absolut ungeeignet ist. Kristallines Gestein ist zweifelsohne um ein Vielfaches widerstandsfähiger als Kalkstein, wird jedoch auch vom Gärsäft angegriffen. Ein grosser Teil des Gewichtsverlustes des Betons ist auf den Abbau des (kristallinen) Zuschlagmaterials zurückzuführen. Folglich kann das (teilweise) Ersetzen von Portlandzement durch weniger säureempfindliche Produkte wie Flugasche, Silikafume oder Hochofenschlacke nur beschränkt den Abbau reduzieren. Hydrophobe Dispersionsmittel wie Mowolith sollten durch Ummantelung der Körner einen direkten Kontakt mit Gärsäft verhindern. Aus dem Versuch zeigt sich jedoch, dass dieser Schutz ungenügend und von kurzer Dauer ist.

Die chemische Beständigkeit von Beton lässt sich bedeutend verbessern, wenn dafür gesorgt wird, dass der frische Beton während des Erhärtungsvorgangs nicht austrocknet.

Der Gewichtsverlust von Walzasphalt und Gussasphalt verläuft bedeutend langsamer als bei Beton, unter der Voraussetzung, dass beide mit dem gleichen Zuschlagmaterial hergestellt sind. Bei

länger dauerndem Angriff durch Gärsäft lässt die schützende Wirkung des Bitumens um die Zuschlagkörner nach. Die Zugabe von Naturasphalt Trinidad oder Polymerbitumen erhöht die Widerstandsfähigkeit nicht. Die sehr gute Beständigkeit des Splittmastixaspaltes im Vergleich zu den anderen Walzasphaltsorten ist auf den hohen Bitumengehalt zurückzuführen.

Gut verdichteter Walzasphalt kann als wasserundurchlässig betrachtet werden unter der Voraussetzung, dass die Verbindung zwischen Bodenplatte und Wand fachmännisch ausgebildet wird.

Asphalt ist physiologisch unbedenklich unter der Voraussetzung, dass kein Recycling-Material verwendet wird.

Walzasphalt in einschichtigem Einbau verursacht über der ganzen Lebensdauer der Bodenplatte betrachtet die geringsten Gesamtkosten (nach Unternehmerpreisen berechnet). Andererseits eignet sich Beton besser zum Selbstbau. Für die Sanierung von Beton und Walzasphalt empfiehlt sich insbesondere eine Deckschicht aus Splittmastixasphalt.



Sonst setzen Sie doch auch auf kompetente Partner in der Nähe, oder?

Aarberg
Affeltrangen
Alpnach
Alterswil
Bad Ragaz
Bellinzona
Berschis
Bischofszell
Bleienbach
Bönigen
Büren
Bürön
Dettighofen
Dittingen
Domat Ems
Dorf b. Andelfingen
Dübendorf
Eichberg
Eiken
Feldbach
Frasnacht
Fräschels
Frauenfeld
Gams
Gundetwil
Hämikon
Hasle-Rüegsau
Hellbühl
Höchstetten
Hölstein

Gfeller & Co.
Lüthi Niklaus
Rohrer Hans, Trakt./Landmasch.
Rimatech AG
E. Hermann AG
Ponzi Alberto
Stöckli Söhne Landmaschinen AG
Thoma & Füchter GmbH
Schär Hansruedi
Seto Werkstatt AG
Berger Agrartech GmbH
Müller Anton
Roth Hansjörg
Kettl Alfred
Geiser Kurt
Schneider A.+ M. AG
Manser Emil
Brülsauer GmbH
Schweizer Hermann
Elmer Fritz
Forrer Hanspeter
Känel Hans
Kaiser August
Stöckli M. AG
Basler Armin
Bucher Agro-Technik AG
Liechti Erich
Amrhyne Gustav AG
Kurth AG
Gysin Werner

032/392 16 74
071/917 13 93
041/671 05 25
026/494 25 38
081/302 66 72
091/825 31 52
081/733 25 28
071/420 09 20
062/922 35 65
033/822 57 58
061/911 96 93
041/933 26 40
052/765 17 08
061/761 21 21
081/633 12 44
052/317 12 52
01/821 57 77
071/755 36 26
062/871 13 57
055/244 24 15
071/446 36 71
031/755 60 88
052/721 29 40
081/771 14 18
052/375 12 06
041/917 11 06
034/461 14 13
041/467 17 82
034/413 12 73
061/951 15 58

Horgenberg
Hünenberg
Kallnach
Laupen
Lengnau
Limpach
Löhningen
Lungern
Lyssach
Mamishaus
Merenschwand
Möhlin
Münchenbuchsee
Münchenwiler
Oberglatt
Oetwil am See
Oppigen
Rain
Reiden
Schwarzhäusern
Schänis
Schindellegi
Schnottwil
Süderen
St. Antoni
Trüllikon
Uettligen
Utzigen
Vordemwald
Wileroltigen

Ulrich Anton
Schuler Cornel Landtechnik GmbH
Gerber Landtechnik GmbH
Joller Charles
Spahr Fritz AG
Röthlisberger Andreas
Walter Bernhard
Imfeld Niklaus
Mathys Fred
Müller Landmaschinen AG
Weber Kandid
Vasellari AG
Roth Landtechnik GmbH
Zwahlen H.-R.
Egli Landmaschinen AG
Rüeggger AG
Huber Mechanik AG
Burkart Landmaschinen GmbH
Leiser Alfred AG
Gerber & Reinmann AG
Rüdisüli J. + N.
Schatt Xaver
Kunz Agro-Garage
Bieri Walter
GABAG Landmaschinen AG
Freitag Kurt
Brunner AG Uettligen
Gerber Kurt
Gebr. Moor AG
Sigrist Paul

01/725 63 40
041/780 45 40
032/392 54 80
031/747 71 91
032/652 41 72
031/767 83 08
052/685 14 03
041/678 10 80
034/445 25 42
031/731 20 85
056/664 36 79
061/851 11 96
031/869 01 51
026/672 93 20
01/850 28 67
01/929 12 83
031/781 21 61
041/458 12 36
062/749 50 40
062/919 44 60
055/615 14 50
01/784 88 83
032/351 50 20
033/453 27 56
026/495 19 33
052/319 18 84
031/829 01 69
031/839 68 88
062/745 51 40
031/755 58 40

Matra

Bernstrasse 160, 3052 Zollikofen
Tel. 031/919 12 22, Fax 031/919 12 32
Le Bey, 1400 Yverdon,
Tel. 024/445 21 30, Fax 024/445 54 46
www.matra.ch

- **Ladewagen**
- **Scheibenmäher**
- **Kreiselzettwender**
- **Kreiselschwader**

