

1 | 2011



## Bauen für die Landwirtschaft

- Erneuerbare-Energien-Gesetz
- Tierseuchenforschung
- Bauernhofumbau
- Gärfutter-Flachsilos

# Bauen für die Landwirtschaft

Heft Nr. 1, 49 (2011)  
ISSN 0171-7952

## Autoren:

**Dipl.-Ing. Otmar Hersel**  
Am Weinberg 7a  
65719 Hofheim

**Dipl.-Ing. Arch. Klaus Ilg**  
**Dipl.-Ing. Arch. Michael Ulmer**  
Ilg Architekten GmbH  
Plinganserstr. 20  
81369 München

**Arch. Peter Lobsiger**  
**Dipl.-Ing. Arch. Wolf Dirk Rau**  
Generalplaner Insel Riems  
Itten+Brebuehl  
Rauh Damm Stiller Partner  
Wiesenstr. 48  
17489 Greifswald

**Prof. Dr. Dr. h.c. Thomas C. Mettenleitner**  
**Dipl.-Biol. Elke Reinking**  
Friedrich-Löffler-Institut  
Bundesforschungsanstalt für Tiergesundheit  
Südufer 10  
17494 Greifswald – Insel Riems

**Dipl.-Ing. agr. Bastian Olzem**  
Fachverband Biogas e.V.  
Schumannstr. 17  
10117 Berlin

**Herausgeber:**  
BetonMarketing Deutschland GmbH  
Steinhof 39, 40601 Erkrath  
Geschäftsführer: Thomas Kaczmarek  
www.beton.org

Redaktion: Dr.-Ing. Thomas Richter (verantwortl.)  
c/o BetonMarketing Ost  
Teltower Damm 155, 14167 Berlin  
richter@bmo-leipzig.de  
Tel.: 03 41 / 6 01 02 01, Fax: 03 41 / 6 01 02 90

Kirsten Dittmar  
Verlag Bau+Technik GmbH  
Tel.: 02 11 / 9 24 99-53

Gesamtproduktion:  
Verlag Bau+Technik GmbH  
Postfach 12 01 10, 40601 Düsseldorf  
Telefon 02 11 / 9 24 99-0, Fax 02 11 / 9 24 99-55  
Verlagsleitung: Dipl.-Ing. Rainer Büchel

Anzeigen lt. Preisliste Nr. 6 vom 1. Januar 2002  
Bezugspreis: Einzelheft € 8,- inkl. MwSt. zzgl. Porto

Mit Namen des Verfassers gekennzeichnete Beiträge stellen nicht unbedingt die Meinung der Redaktion dar. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Unverlangte Einsendungen ohne Gewähr für die Rücksendung.

Druck: Druckerei Heinz Lautemann GmbH

## Themenheft: Erneuerbare-Energien-Gesetz Tierseuchenforschung Bauernhofumbau Gärfutter-Flachsilos

S. 3

### Die dritte Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes: Evolution sieht anders aus

Bastian Olzem

Der Bundesrat hat im Juli 2011 das Energiewendepaket einschließlich des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) verabschiedet. Für die Biogasfirmen in Deutschland sowie für all diejenigen, die nach dem 31.12.2011 in Biogasanlagen investieren möchten, herrscht damit Klarheit über die Bedingungen ab 2012. Der Beitrag fasst die Änderungen in den politischen Rahmenbedingungen für Biogasanlagen zusammen und bewertet ihre Auswirkungen.

S. 6

### Friedrich-Loeffler-Institut Riems: Forschung für die Tiergesundheit

Thomas C. Mettenleitner, Elke Reinking

S. 8

### Neubau eines Hochsicherheitsgebäudes für die Tierseuchenforschung

Peter Lobsiger, Wolf Dirk Rau

Das Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsanstalt für Tiergesundheit, beschäftigt sich mit der Tiergesundheit und dem Schutz der Menschen vor Infektionen, die von Tieren übertragen werden. Auf der Ostseeinsel Riems entstand ein Hochsicherheitsgebäude mit 89 Laboren und 163 Stalleinheiten, die das Institut zu einem der weltweit modernsten infektionsmedizinischen Tierforschungseinrichtungen machen. Zwei Beiträge beleuchten den Neubau aus Sicht des Nutzers und des Generalplaners.

S. 14

### Von der Scheune zum Wohnhaus: Umbau eines Bauernhofes in Niederbayern

Klaus Ilg, Michael Ulmer

Ein historisches Bauernhof-Ensemble in Niederbayern wurde saniert und die alte Scheune zu einem komfortablen Wohnhaus umgebaut. In das stark geschädigte Holzgebäude wurde eine tragende Betonstruktur integriert. Architektonisches Konzept, bautechnische und konstruktive Umsetzung sowie die heutige Nutzung werden vorgestellt.

S. 17

### Schutz und Instandsetzen von Gärfutter-Flachsilos aus Stahlbeton

Otmar Hersel

Gärfuttersilos gehören zu den am stärksten beanspruchten Bauwerken in der Landwirtschaft. Der Beitrag erläutert Schadensursachen, bautechnische Lösungen zur Schadensvermeidung und stellt Möglichkeiten zur Instandsetzung vor.

## Titelbild:

Zum Wohnhaus umgebaute Scheune in Niederbayern,  
siehe Beitrag auf S. 14  
(Foto: Florian Holzherr, München)

# Die dritte Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes: Evolution sieht anders aus

Von Bastian Olzem, Berlin

*Der Bundesrat hat im Juli 2011 das Energiewendepaket einschließlich des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) verabschiedet. Für die Biogasfirmen in Deutschland sowie für all diejenigen, die nach dem 31.12.2011 in Biogasanlagen investieren möchten, herrscht damit Klarheit über die Bedingungen ab 2012 (Bild 1).*

## Ausgangslage

Im Spätsommer 2010 waren viele Bundestagsabgeordnete davon überzeugt, dass der Bonus für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo-Bonus) für Biogasanlagen abgeschafft werden müsse, weil er insbesondere in den Intensivviehhaltungsregionen Deutschlands zu großen Problemen geführt habe. So wurde allein er für überhöhte Pachtpreiszahlungen der Biogasanlagenbetreiber zu Lasten von Viehhaltern ohne Biogasanlage verantwortlich gemacht. Auch „Maismonokulturen“, erhöhte Nitratwerte, überstrapazierte Wirtschaftswege und gar höhere Brötchenpreise soll der NawaRo-Bonus verursacht haben. Ohne genauere Betrachtung der einzelnen Vergütungsbestandteile des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2009 sowie der regionalen Unterschiede der Biogaserzeugung und der Viehhaltung war mit dem NawaRo-Bonus schnell der Schuldige ausfindig gemacht.

Der Fachverband Biogas hatte sich sehr frühzeitig auf die Analyse der Biogasentwicklung unter der Vergütungssystematik des EEG 2009 und der Probleme in Veredelungsregionen mit hohen Viehdichten konzentriert. Dabei trat sehr schnell zu Tage, dass viele der genannten Probleme durch die langjährige und immer intensivere Viehhaltung in diesen Gebieten entstanden sind. Biogas hat hier einen spür- und nachweisbaren Effekt lediglich bei den Anbauflächen für Mais und in eingeschränktem Umfang bei der Pachtpreisdiskussion. Die Maisanbauflächen sind seit Anfang 2009 in den Veredelungsregionen nochmals gewachsen. Doch ist hierbei zu beachten, dass in den Landkreisen mit dem höchsten Maisanteil an der Ackerfläche, z.B. Cloppenburg mit 57 %, nur gut ein Viertel des Maises in Biogasanlagen verwendet wird. Drei Viertel dienen als Viehfutter.

Auch bei den Pachtpreisen hat Biogas einen Effekt. Dieser beschränkt sich jedoch auf die „Gülleregionen“ mit großen Tierbeständen. In reinen Ackerbauregionen, in denen keine Gülle für die Vergärung in Biogasanlagen zur Verfügung steht, haben Biogasanlagen keinen messbaren Effekt auf die Höhe der Pachtpreise. Zu diesem Ergebnis kam eine groß angelegte Studie des Niedersächsischen Landwirtschaftsministeriums über die Pachtpreisentwicklung in Niedersachsen im Kontext der Biogaserzeugung.

Die Diskussionen im Zusammenhang mit Biogas beschränkten sich auf die Regionen Deutschlands mit großen Tierbeständen, so z.B. die Schweineregionen in Westfalen und Südwest-Niedersachsen oder die Milchviehregionen in Nordfriesland. Mit diesem Wissen im Hinterkopf ergab die Analyse des Neubaus von Biogasanlagen und der EEG-Vergütungsbestandteile, dass die fehlerhafte Ausgestaltung des Güllebonus im EEG 2009 und die Kumulierungsmöglichkeit mit dem NawaRo-Bonus verantwortlich waren für den überhitzten Biogasmarkt in den Veredelungsregionen. Der Güllebonus war zwar von der Politik im EEG 2009 gut gemeint, um mehr Reststoffe und weniger Energiepflanzen in die Biogasanlagen zu bekommen. Genau das Gegenteil wurde jedoch erreicht. Um den Güllebonus in Anspruch nehmen zu können, muss der Anlagenbetreiber mindestens 30 M.-% Gülle am Substratinput einsetzen. Dadurch, dass der Güllebonus in Höhe von 4 ct/kWh nicht nur für den Strom gezahlt wird, der aus der Gülle produziert wird, sondern auch für den Strom, der aus den übrigen 70 M.-% Substratinput entsteht, ist es in den Gülleregionen zu einer Querfinanzierung des Energiepflanzenanbaus gekommen. Der Güllebonus wirkte in Viehhaltungsregionen wie ein NawaRo-Bonus in Höhe von 11 ct/kWh. Der Fachverband Biogas hatte daher im Sommer



*Bild 1: Das EEG schafft ab 2012 Klarheit für Investitionen in Biogasanlagen.*



*Bild 2: NawaRo-Bonus und Güllebonus gehörten zu den heiß diskutierten Themen bei der EEG-Novellierung.*

Fotos: Fachverband Biogas

2010 als erste Organisation die Entkopplung des Güllebonus vom NawaRo-Bonus als wichtigste Änderung im EEG 2012 postuliert. Bereits im Herbst/Winter 2010 war die Notwendigkeit dieser Entkopplung unumstritten, so dass sie von allen wichtigen Verbänden im Biogasbereich und den zuständigen Bundesministerien als Forderung übernommen worden war (Bild 2).

Mit der medialen Diskussion um die Höhe der EEG-Umlage und den damit verbundenen Kosten für die Stromverbraucher in Deutschland sowie dem Ruf nach der Vereinfachung des EEG im Biomassesektor kamen zahlreiche Vorschläge auf den Tisch, die ernsthaft verfolgt wurden und sich teilweise auch im ersten EEG-Referentenentwurf des federführenden Bundesumweltministeriums (BMU) wiederfanden. Dies waren zum Beispiel:

- die ersatzlose Streichung des NawaRo-Bonus
- eine Einheitsvergütung ohne Differenzierung nach Anlagengröße und Einsatzstoffen
- die Kürzung des Güllebonus für Bestandsanlagen um die Hälfte
- ein Maisdeckel von 50 % energetisch
- eine verpflichtende Marktprämie für Biogasanlagen

### Die Arbeit des Fachverbandes Biogas

Seit dem Sommer 2010 hat der Fachverband Biogas in unzähligen Gesprächen die Wichtigkeit des erneuerbaren Energieträgers Biogas für die regenerative Energieversorgung dargelegt und die fehlerhafte Ausgestaltung des Güllebonus im EEG 2009 sowie deren Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt. Gesprächspartner waren dabei Bundestags- und Landtagsabgeordnete, Vertreter von Bundes- und Landesministern, von Bauernverbänden und Naturschutzorganisationen. Zahlreiche Positionspapiere und Stellungnahmen hat der Fachverband Biogas in den neun Monaten der intensiven Phase der EEG-Novellierung erstellt, an die wichtigsten Entscheidungsträger übermittelt und so oft wie möglich in persönlichen Terminen vorgestellt. Das erste umfassende EEG-Positionspapier zur Novelle 2011 wurde zur EuroTier 2010 veröffentlicht. In der heißen Phase seit Mitte Mai 2011 mussten fast wöchentlich aktualisierte Stellungnahmen in Bezug auf neue Gesetzesentwürfe und kurze Papiere mit dem wichtigsten Änderungsbedarf erstellt werden.

### Der neue Zeitplan nach Fukushima

Diese enorme Intensität und Schnelligkeit der dritten EEG-Novelle entstand kurz nach dem verheerenden Atomunfall in Fukushima als Folge des Tsunamis und des unzureichenden Schutzes der Atomanlagen vor Naturkatastrophen. Die Bundesregierung unter Angela Merkel hatte die sieben ältesten Atomkraftwerke und den Reaktor Krümmel stilllegen lassen und einen beschleunigten Ausstieg aus der Atomkraft sowie einen schnellen Umstieg auf Erneuerbare Energien beschlossen. Es wurde ein Gesetzespaket geschnürt, das neben der Änderung des Atomgesetzes auch zahlreiche andere Gesetzesnovellen – insgesamt sieben – beinhaltete, darunter auch die Novelle des EEG als das wichtigste Instrument beim Ausbau der Erneuerbaren Energien. Dieses so genannte Energiewendepaket sollte auf Wunsch der Bundeskanzlerin noch vor der Parla-

mentarischen Sommerpause unter Dach und Fach sein. Daher stellte sich der beschleunigte Zeitplan wie folgt dar:

- März 2011: Erdbeben und Tsunami in Japan
- 04.05.2011: Vorlage des EEG-Erfahrungsberichtes
- 17.05.2011: Inoffizielle Veröffentlichung des BMU-Referentenentwurfs
- 20.05.2011: Offizieller Aufruf des BMU zur Stellungnahme
- 23.05.2011: Ende der Stellungnahmefrist für EEG-Referentenentwurf
- 06.06.2011: Veröffentlichung des EEG-Regierungsentwurfs
- 08.06.2011: 1. Lesung und Ausschusssitzung Bundestag/ öffentliche Anhörung
- 10.06.2011: Empfehlungen der Bundesratsausschüsse
- 17.06.2011: EEG-Stellungnahme des Bundesrates
- 21.06.2011: Gegenäußerung der Bundesregierung zur Bundesratsst Stellungnahme
- 27.06.2011: entscheidende drei Verhandlungsrunden der Koalition
- 30.06.2011: 2. und 3. Lesung im Bundestag
- 08.07.2011: Verabschiedung des EEG 2012 im Bundesrat

### Der erste Entwurf des Bundesumweltministeriums

Der EEG-Referentenentwurf des BMU enthielt einige Ausführungen, die nicht nur die weitere Entwicklung im Neuanlagenbau massiv gefährdet hätten, sondern auch das Überleben von vielen Bestandsanlagen. So sah der Entwurf die Halbierung des Güllebonus für Altanlagen vor, die vor dem 01.01.2009 in Betrieb genommen worden waren. Darüber hinaus hätte ein Biogasanlagenbetreiber nach dem Willen des BMU nur noch einen energetischen Anteil von 50 % Mais in seiner Biogasanlage einsetzen können. Im Extremfall hätten diese 50 % energetisch in der Mischung mit Gülle als einziges Kosubstrat nur 17 M.-% Mais entsprochen. In einer Ausgestaltung, die bestehenden Abfallanlagen den Garaus gemacht hätte, plante das BMU die Einführung einer neuen Vergütungsklasse mit höheren Vergütungen für die Bioabfallvergärung. Die neue Flexibilitätsprämie für die Errichtung von Biogasspeichern und zusätzlicher Motorkapazität hatte das BMU nur für Altanlagen vorgesehen. Die Aufzählung könnte noch fortgesetzt werden. Die beispielhafte Nennung soll an dieser Stelle genügen.

### Weitere Gespräche und Positionspapiere des Fachverbandes Biogas

Bis in die letzten Verhandlungen des Koalitionsausschusses am 27.06.2011 hat der Fachverband Biogas seine Kontakte genutzt, um noch das beste Ergebnis für seine Mitglieder und die gesamte Biogasbranche zu erzielen. In diesem Verhandlungsstadium konnten nur noch die wichtigsten Punkte in komprimierter Form an die Entscheidungsträger herangetragen werden. Mehr als maximal eine Seite konnte aufgrund des Zeitmangels nicht mehr erfasst werden, so dass eine ständige Komprimierung und Aktualisierung der Positionspapiere erforderlich war. Am 28.06. wurde es bei der Biogaseinspeisung noch mal sehr spannend, weil von einigen Politikern versucht wurde, den weiten Anlagenbegriff über § 19 auch auf die Gaseinspeisung auszuweiten. Damit hätte sich die Höhe der Vergütung des Biomethans nicht nach der Größe des Biomethan-BHKW bemessen, sondern nach der Größe der Bio-

gaserzeugungsanlage. Das hätte das Ende der Biogaseinspeisung über das EEG bedeutet. Glücklicherweise konnten hier seitens des Fachverbandes Biogas Missverständnisse ausgeräumt werden.

## Das Ergebnis

Im Vergleich zur oben beschriebenen Ausgangslage und im Vergleich zum ersten BMU-Entwurf sind noch zahlreiche und immens wichtige Verbesserungen in das EEG 2012 eingeflossen. Insgesamt konnte der Fachverband Biogas – auch in der guten Zusammenarbeit mit dem Deutschen Bauernverband – folgende Verbesserungen erreichen:

- keine Kürzung des Güllebonus für Altanlagen
- keine Streichung des NawaRo-Bonus
- Größendegression bei den Vergütungen in den Rohstoffvergütungsklassen I und II
- Neue güllebetonte Kleinanlagen-Klasse bis 75 kW
- Eingrenzung der neuen Vergütungsklasse für Bioabfallvergärung auf bestimmte Stoffe, die mindestens 90 M.-% ausmachen müssen
- Trennung von Gülle- und NawaRo-Vergütung
- Umstiegsmöglichkeit für Bestandsanlagen in Marktprämie und Flexibilitätsbonus
- Differenzierte Vergütung nach Einsatzstoffen in Anlehnung an die unterschiedlichen Beschaffungskosten
- Korrektur der Verbrauchswerte für Ställe in der KWK-Positivliste (Kraft-Wärme-Kopplung)
- Maisdeckel „nur noch“ bei 60 M.-%
- keine Anwendung des weiten Anlagenbegriffs auf die Biogaseinspeisung
- Erweiterung der KWK-Positivliste um die ORC-Technik <sup>1)</sup>
- Erhalt der Einsatzstoffvergütungsklasse II, diese stand zwischenzeitlich zur Disposition

Alle Punkte konnten nicht zur Zufriedenheit der Biogasbranche umgesetzt werden. Das EEG 2012 enthält trotz aller Gespräche einige Wermutstropfen. Aus Sicht des Fachverbandes Biogas sind dies die Wichtigsten:

- Tierische Stoffe in „NawaRo-Anlagen“ sind zukünftig möglich, d.h. Wegfall des Ausschließlichkeitsprinzips auf der Einsatzstoffseite
- 60 % Wärmevorgabe (35 % extern) mit unangemessener Sanktionierung
- Verpflichtende Marktprämie ab 2014 für Biogasanlagen oberhalb 750 kW
- Flexibilitätsprämie nur für Anlagen, die in die Marktprämie wechseln
- Auch sinnvolle Satelliten-BHKW sind zukünftig ohne weitere Förderung kaum wirtschaftlich. Der Fachverband Biogas wird darauf hinwirken, dass Mikrogasleitungen wieder ins Marktanzreizprogramm (MAP) aufgenommen werden.

<sup>1)</sup> ORC-Technik: ORC ist die Akürzung für Organic Rankine Cycle. Eine ORC-Anlage funktioniert prinzipiell wie eine Dampfturbine. Statt Wasser wird jedoch ein organisches Arbeitsmedium verdampft. Diese Medien, z.B. Silikonöl oder Isobutan, siedeln bei erheblich geringeren Temperaturen und geringerem Druck als Wasser. Deswegen sind ORC-Anlagen zur Verstromung der Abwärme aus Biogas-BHKW interessant.

## Der Ausblick

Insgesamt stellt der Fachverband Biogas e.V. fest, dass weder die Bundesministerien und Bundestagsabgeordneten noch die Länder genügend Zeit hatten, das EEG mit der notwendigen Sorgfalt zu überarbeiten. Resultat ist ein EEG 2012, das eine weitere Entwicklung der Biogasbranche zulässt, den Neuanlagenbau jedoch spürbar verringern wird. Dies steht im Widerspruch zum Ziel der Bundesregierung, beschleunigt auf Erneuerbare Energien umzusteigen. Viele Formulierungen sind auch im EEG 2012 nicht präzise. Daher geht es jetzt darum, diese Auslegungsfragen zu klären. Der Fachverband Biogas wird, wie schon im Jahr 2008, eine EEG-Tour durchführen. In einer Reihe von Infoveranstaltungen werden die neuen Rahmenbedingungen des EEG 2012 erläutert und diskutiert.

Weiterhin kritisch sieht der Fachverband die Vorgaben zur Wärmenutzung im EEG 2012 mit der überzogenen Sanktion des Vergütungswegfalls bei Nichteinhaltung von 60 % Wärmenutzung. Jetzt muss mit Hilfe der KWK-Positivliste bewertet werden, wie Wärmekonzepte entwickelt werden können, die die Finanzierung von Biogasprojekten gewährleisten.

Ebenso ist die Regelung, dass zukünftig Substrate mit tierischen Bestandteilen auch in landwirtschaftlichen Anlagen mit Energiepflanzen (NawaRo-Anlagen) eingesetzt werden können, nicht nachvollziehbar. Damit werden den bestehenden reststoffvergärenden Biogasanlagen die Einsatzstoffe entzogen, weil Neuanlagen für die gleichen Substrate eine deutlich höhere Vergütung erhalten können. Altanlagen werden in ihrer Existenz gefährdet und die EEG-Umlage unnötig erhöht.

Mit der am 08.07.2011 erfolgten Bundesratsverabschiedung haben Biogasunternehmen und potenzielle Investoren sechs Monate Zeit, sich auf die neuen EEG-Regelungen einzustellen. Für die weitere Branchen- und Arbeitsplatzentwicklung ist diese Vorlaufzeit ein wichtiger Faktor. Insgesamt hätte das Ausmerzen der bekannten Fehler des EEG 2009 zuzüglich von echten Regelungen zur bedarfsgerechten Stromeinspeisung eine echte Evolution zum EEG 2012 bedeutet. Mit den vollzogenen größeren Systemwechseln werden auch alte Probleme gelöst, es werden jedoch neue bislang unbekannte Baustellen aufgerissen (Bild 3).



Foto: Fachverband Biogas

Bild 3: Fazit: Das neue EEG löst alte Probleme, schafft aber auch neue.

# Friedrich-Loeffler-Institut Riems: Forschung für die Tiergesundheit

von Thomas C. Mettenleitner und Elke Reinking, Greifswald – Insel Riems

*Das Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit (FLI), ist eine selbstständige Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). Im Mittelpunkt der Arbeiten des FLI stehen die Gesundheit landwirtschaftlicher Nutztiere und der Schutz des Menschen vor Zoonosen, das heißt vor von Tieren auf den Menschen übertragbaren Infektionen. Forschungsziele sind der Schutz vor Krankheiten durch eine verbesserte Diagnose, Vorbeugung und Bekämpfung von Tierseuchen und Zoonosen, die Entwicklung tierschutzgerechter Haltungssysteme, der Erhalt der genetischen Vielfalt bei Nutztieren sowie die effektive Verwendung von Futtermitteln für die Erzeugung qualitativ hochwertiger Lebensmittel und anderer tierischer Leistungen.*

Als zuständige Bundeseinrichtung betreibt das Institut mehr als 75 nationale Referenzlaboratorien für anzeigepflichtige Tierseuchen und meldepflichtige Tierkrankheiten wie BSE, Schweinepest, Geflügelpest oder Rindertuberkulose. Die Referenzlaboratorien sind nach ISO/IEC 17 025 akkreditiert. Sie klären Verdachtsfälle ab, beraten die Veterinärbehörden und führen Ringversuche oder ähnliche Maßnahmen zur Qualitätssicherung der Tierseuchendiagnostik in Deutschland durch. Außerdem veröffentlicht das FLI eine Sammlung amtlicher Verfahren zur Probennahme und Untersuchung auf anzeigepflichtige Tierseuchen sowie den Tiergesundheitsjahresbericht.

Auf internationaler Ebene führt das FLI Referenzlaboratorien der Weltorganisation für Tiergesundheit (OIE) für Aviäre Influenza, Newcastle Disease, Bovine Herpesvirus 1-Infektion, Brucellose, Chlamydiose, Rotz und Tollwut. Für die Weltorganisation für Tiergesundheit ist das FLI außerdem „Collaborating Centre for Zoonoses in Europe“. Hinzu kommt ein „Collaborating Centre“ für Tollwut der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Derzeit arbeiten deutschlandweit rund 900 Beschäftigte in elf Fachinstituten an sieben Standorten am Friedrich-Loeffler-Institut (Bild 1).

## FLI – seit 100 Jahren Tierseuchenforschung

Am Hauptsitz Insel Riems werden seit 100 Jahren Tierseuchen erforscht, die durch Viren verursacht werden. Der Gründer des Instituts, Friedrich Loeffler, entdeckte 1898 mit seinem Kollegen Paul Frosch das Maul- und Klauenseuche-Virus als erstes tierpathogenes Virus. Dieses ist hoch ansteckend und kann auch über die Luft verbreitet werden. Nachdem Loeffler zunächst im Stadtzentrum und später am Stadtrand von Greifswald ar-

beitete, musste er nach mehreren Ausbrüchen der Maul- und Klauenseuche, die auf seine Versuche zurückzuführen waren, nach einem sichereren Standort suchen. Seine Wahl fiel auf die Insel Riems im Greifswalder Bodden, deren Lage beste Bedingungen zur weiteren Arbeit und zum Schutz vor einer Verbreitung des Tierseuchenerregers bot.

Setzten er und seine Nachfolger auf die Isolation der gesamten Forschungsanlage als Schutzmaßnahme, bietet die moderne Technik die Möglichkeit, ganze Gebäude so sicher zu gestalten, dass kein Erreger entweichen kann. Dies bildet die Voraussetzung für die Arbeiten des FLI, das im Bereich der Infektionsforschung diagnostische Methoden und Prototypen für Impfstoffe entwickelt und optimiert sowie Maßnahmen zur Prävention und Strategien zur modernen Tierseuchenbekämpfung entwirft. Hierbei muss für bestimmte Fragestellungen mit aktiven Erregern gearbeitet werden, z.B. um den Verbreitungsweg eines Erregers im Tier nachzuvollziehen oder die Wirksamkeit eines Impfstoffes zu testen.

Durch den zunehmenden globalen Handels- und Reiseverkehr sowie durch klimatische Veränderungen können Tierseuchenerreger, die bisher als exotisch galten, schnell nach Mitteleuropa und Deutschland gelangen. Daher forscht das FLI auch an Erregern, die zukünftig ihren Weg zu uns finden könnten. Hierzu gehören auch Viren, die unter die Biosicherheitsstufen 3 und 4 fallen, wie das Virus des Rift-Valley-Fiebers oder des Crim-Congo-Hämorrhagischen Fiebers.

Bisher verfügte das FLI über ein Hochsicherheitsgebäude mit Stalleinheiten und nur wenigen Laboratorien bis maximal zur Sicherheitsstufe 3+. Diese beschränkten Kapazitäten reichten für die zukünftigen Aufgaben nicht mehr aus, außerdem ziehen zwei Fachinstitute aus anderen Standorten (Tübingen, Wusterhausen) in den nächsten Jahren zum Hauptstandort Insel Riems.

## Neubau mit hohen Anforderungen an Technik und Sicherheit

In den letzten beiden Jahren entstanden auf der Insel Riems auf einer Fläche von rund 79 000 m<sup>2</sup> 89 Labore und 163 Stalleinheiten verschiedener Biosicherheitsstufen nach den neuesten und höchsten Technik- und Sicherheitsanforderungen (Bild 2). Für den Neubau stellte das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz rund 260 Millionen € zur Verfügung. Die technischen Anforderungen an die Gebäude und Baubeteiligten waren enorm, da das FLI mit verschiedenen Tierseuchenerregern arbeitet, die unterschiedliche Si-



Bild 1: Hauptgebäude des Friedrich-Löffler-Instituts

Foto: Friedrich-Löffler-Institut, Riems



Foto: Friedrich-Löffler-Institut, Riems

Bild 2: Luftbild der Insel Riems mit dem FLI, im Hintergrund das neue Institutsgebäude

cherheitsbedingungen erfordern. Wichtig ist hierbei zum einen der Schutz der Umwelt vor sämtlichen Erregern, mit denen das Institut arbeitet. Für Erreger von Zoonosen, die zwischen Tier und Mensch übertragbar sind, gelten zudem besondere Sicherheitsbedingungen, da die Mitarbeiter vor Infektionen geschützt werden müssen.

Je nach Sicherheitsstufe gelten unterschiedliche Standards für die Labor-, Lüftungs- und Sicherheitstechnik sowie die gesamte Ver- und Entsorgung. Hierzu gehören entsprechende Schleusensysteme sowie gasdichte Fenster und Türen. Die Anforderungen an die Baumaterialien sind ebenfalls sehr hoch, je nach Sicherheitsstufe müssen Oberflächen mit verschiedenen Desinfektionsmitteln behandelt werden können. All dies ist erforderlich, um sichere und gute Bedingungen für die Forschung auch mit hoch ansteckenden Erregern zu gewährleisten.

Von der Planung an mussten diese besonderen Anforderungen berücksichtigt und so umgesetzt werden, dass die Gebäudeabschnitte der Schutzstufen 2 bis 4 als unabhängige Einheiten funktionsfähig sind. Für die verschiedenen Sicherheitsbereiche gelten entsprechende Zutrittsbeschränkungen, nur autorisiertes Personal erhält Zutritt.

Im Stallbereich sind Ver- und Entsorgungsgänge so angelegt, dass es nicht zu Überkreuzungen kommt. Die Stalleinheiten sind größtenteils flexibel gestaltet und können für verschiedene Tierarten verwendet werden. Vom Aquarium für Nutzfische wie

Karpfen und Forelle bis zu Ställen für Rinder oder Pferde benötigt das FLI Kapazitäten, um die bei Nutztieren vorkommenden Infektionskrankheiten zu erforschen.

Der Neubau ermöglicht Forschungsarbeiten bis zur höchsten Biosicherheitsstufe 4 auch an Großtieren. Weltweit verfügen bisher nur zwei Forschungsinstitute in Australien und Kanada über entsprechende Möglichkeiten. Zwei Stalleinheiten, ein Sezerraum mit integrierter Tierkörperbeseitigungsanlage, ein Labor sowie Geräteräume, Schleusen und angegliederte Umkleieräume bilden den L4-Komplex des FLI. Er liegt als „Box-in-Box-System“ innerhalb eines Gebäudeabschnittes der Sicherheitsstufe 3 und kann nur über diesen betreten werden.

Neben den technischen Anforderungen stellt das FLI auch hohe Ansprüche an die Architektur der neuen Gebäude. Diese passen sich in die vorhandene Bausubstanz aus größtenteils denkmalgeschützten Gebäuden und die umgebende Landschaft ideal ein (Bilder 3 und 4).

Derzeit werden die Labore der Schutzstufe 2 bezogen, bis Jahresende 2011 wird dies abgeschlossen sein. Bis die Stufe 4 in den aktiven Betrieb geht, steht noch eine intensive Probephase an. Hierzu gehören u.a. Schulungen der dort tätigen Mitarbeiter an den Schwesterinstituten in Kanada und Australien sowie vor Ort auf der Insel Riems. Mit Inbetriebnahme der Bereiche der höchsten Sicherheitsstufe arbeitet hier dann eines der weltweit modernsten infektionsmedizinischen Forschungsinstitute.



Bild 3: Visualisierung des Institutsgeländes, rechts Bestandsgebäude, links Neubau



Bild 4: Visualisierung des Durchgangs zwischen den Neubauten

Bilder: ARGE Generalplaner Insel Riems

# Neubau eines Hochsicherheitsgebäudes für die Tierseuchenforschung

von Peter Lobsiger und Wolf Dirk Rauh, Greifswald

*Etwa 100 Jahre, nachdem Friedrich Loeffler seine Forschungen auf die Ostseeinsel Riems verlagerte, konnte nach dreijähriger Bauzeit der Großteil der Labore dem Friedrich-Loeffler-Institut übergeben werden. Bis Ende des Jahres 2011 ist die Fertigstellung der restlichen Labore und Tierställe zu erwarten.*

## Zielstellung

Schon in der Machbarkeitsstudie wurde im Jahr 2004 das Ziel definiert, „mit den Neubau- und Sanierungsmaßnahmen schrittweise einen gestalterisch hochwertigen Forschungsstandort zu entwickeln, der bei seiner zunehmenden Bedeutung auch einem internationalen Vergleich standhält (Bild 1). Dieses heißt, trotz höchster Spezialisierung und Sicherheitsanforderungen für alle Betroffenen – Bund, Land und Kommune sowie Besucher, Forschungspartner und Bedienstete der Anstalt – eine anspruchsvolle und zivile Erscheinungsform anzustreben.“

Die bestehende und zum Teil zu erhaltende Bausubstanz besteht aus

- dem denkmalgeschützten Hauptgebäude (Bauzeit 1940 bis 1943), zwei Flügelbauten (Ostflügel Bauzeit 1920 bis 1925 und Westflügel Bauzeit 1923 bis 1927) und dem Nordflügel (verschiedene Bauabschnitte von 1925 bis 1980). Das Karree wird derzeit als Büro- und Laborgebäude genutzt.
- dem denkmalgeschützten Alten Heizhaus aus dem Jahre 1927, dessen Rekonstruktion im Sommer 2005 als Werkstattgebäude mit Sozialräumen für den Technischen Dienst fertig gestellt wurde
- dem teilweise unter Denkmalschutz stehenden ehemaligen Feuerwehrgebäude (Bauzeit 1925 bis 1929, Sanierung 2007 bis 2008)

- dem Quarantäne-Stall, dessen Neubau im Jahre 2004 übergeben wurde
- dem BSE-Stallgebäude (Bauzeit 1980 bis 1981, teilweise saniert 2002)

Andere bestehende Gebäude wie das 1990 fertig gestellte Isolierstallgebäude, die Nordwache, die Futtermittelhalle sowie die provisorischen Gebäude für die Elektro-, Sanitär-, Heizungs- und andere Gebäudetechnik sollen nach Fertigstellung der Hauptbaumaßnahmen abgebrochen werden.

## Südwache

Die Südwache bildet das zentrale Eingangstor für den Sicherheitsbereich des Friedrich-Loeffler-Instituts bzw. den Tierseuchen-Sperrbezirk. Der separate eingeschossige Neubau wurde am Südufer der Insel errichtet und im Jahr 2007 fertig gestellt (Bild 2).

Hier werden sowohl der überwiegende Güter-, Ver- und Entsorgungverkehr als auch der Personal- und Besucherverkehr abgewickelt. Der bestehende Eingang an der Erschließungsstraße am Nordufer dient in Zukunft lediglich als Zufahrt für spezielle Schwertransporte von Tieren, Futtermitteln etc. (Nordtor).

Im Gebäude Südwache werden die folgenden Funktionsstellen zusammengeführt:



Bild: Arge Generalplaner Insel Riems

Bild 1: Luftbild der Insel Riems mit dem Friedrich-Löffler-Institut

- Wache mit Sozialinfrastruktur (24-Stunden-Betrieb)
- Kühltruhenraum für die Zwischenlagerung von Proben
- Warteraum für Besucher
- Informations- und Postverteilung
- Kontrollraum Personalzeiterfassung
- Büros Einkauf mit Umschlaglager

Vom Wachraum aus ist eine ungehinderte Übersicht sowohl über die Erschließungsstraße Süd und den dort vorgesehenen Wendepunkt als auch über den Personalparkplatz und über den Zugang zum Hauptgebäude gegeben. Diese Übersichtlichkeit erleichtert die allgemeine Orientierung und erlaubt den direkten Besucherzugang zum Hauptgebäude.

Im Wachraum laufen sämtliche Personen-, Überwachungs- und Alarmierungsanlagen zusammen; außerdem ist hier die Videoüberwachung des Geländes und der Hauptzugänge konzentriert.

Im administrativen Bereich wurden Büros für den Zentralen Einkauf eingerichtet. Waren werden an der Südseite des Gebäudes angeliefert, entgegengenommen, kontrolliert und zwischengelagert. Anschließend werden diese Waren von der Ostseite des Gebäudes aus, also innerhalb des gesicherten Areals mit institutseigenen Fahrzeugen an die Verbrauchsstellen bzw. Zwischenlager verteilt.

### Karree/Hauptgebäude (Südflügel)

Der markante Südflügel aus dem Jahre 1940 nimmt den Haupteingang, das zentrale Treppenhaus, die Bibliothek und neben einer Vielzahl von Büros die Räume für die Institutsleitung auf (Bild 3). Das Gebäude steht unter Denkmalschutz.

Das Hauptgebäude gewinnt durch die Verlagerung des Haupteintragsverkehrs an das Südtor und die Nähe zur Südwestwache als zentrales Eingangsgebäude als Adresse des Instituts an Bedeutung. Es wird in allen wesentlichen Teilen erhalten und denkmalgerecht rekonstruiert.

Im Obergeschoss werden die Räume der Institutsleitung und der Bibliothek im Sinne des Denkmalschutzes unverändert erhalten bleiben und lediglich die technische Infrastruktur erneuert.

Die das Karree bildenden Ost-, West- und Nordflügel werden abgebrochen und durch einen zweigeschossigen Neubau an

gleicher Stelle ersetzt. Dieser wird im Untergeschoss das Freihandmagazin, im Erdgeschoss Seminar- und Speiseräume sowie Büros und im Obergeschoss weitere Büroräume aufnehmen (Baujahr 2012 bis 2014).

Seminar- und Speiseräume können mittels flexibler Wandelemente zu einem großen Versammlungsraum zusammengeschaltet werden. Von den Seminarräumen und vom Speiseraum aus ist ein attraktiver Ausblick auf die Garten- und Wiesenlandschaft sowie auf das Hafenbecken möglich. Da das Foyer vom Haupteingang aus bzw. von einem separaten Eingang von Osten her erreichbar ist, kann der Seminarbereich unabhängig vom Speisesaal betrieben werden.

### Laborgebäude

Das Laborgebäude bildet im Zusammenhang mit den dazugehörigen Ställen das Herzstück des Gesamtausbaus des Friedrich-Loeffler-Instituts. Die einzelnen Gebäudeteile und Sicherheitsbereiche müssen sehr unterschiedlichen Anforderungen genügen, bilden aber als Ganzes einen gemeinsamen Forschungsorganismus im Dienst der Tiergesundheitsforschung.

Trotz der unterschiedlichen Anforderungen können Synergien erreicht werden, die nicht nur zur Optimierung der Bio- und Betriebssicherheit, sondern auch zur Optimierung der Investitions- und Betriebskosten führen. Diese ganzheitliche Betrachtung war und ist Leitgedanke des realisierten Konzeptes, das überwiegend durch betriebliche Rahmenbedingungen und deren Funktionalität bestimmt wurde und wird.

So konnten bzw. können alle hochwertigen Laborarbeitsplätze auf dem derzeitigen Stand der Technik im Neubau konzipiert werden. Die Labore der Sicherheitsstufe L2/S2 wurden im Frühjahr 2011 an den Nutzer übergeben. Auch die Zellbank wird in den Laborneubau integriert und damit ihrer Funktion entsprechend unmittelbar an das Labor L2/S2 angeschlossen.

Die Arbeit im L4/S4-Sicherheitsbereich ist von der Laborarbeit im Skafander (Ganzkörperschutzanzug) geprägt. Der L4/S4-Sicherheitsbereich braucht als Unterstützung bzw. als Umgebung einen niedriger eingestuftem Sicherheitsbereich, also eine L3/S3 Labor-Infrastruktur, die in unmittelbarer Nähe des L4/S4-Bereichs angeordnet und außerdem den L4/S4-Bereich umgeben muss. Nur so kann das notwendige Box-in-Box-System konsequent realisiert werden.

Bild: Arge Generalplaner Insel Fleims



Bild 2: Südwestwache

Bild: Arge Generalplaner Insel Fleims



Bild 3: Denkmalschutzgebäude



Bild 4: Innere Erschließungsstraße (Magistrale) im Bau



Bild 5: Visualisierung der Magistrale, nachts



Bild 6: Visualisierung gedeckte Personenerschließung



Bild 7: Wettergeschützte Brückenverbindungen zwischen Labor- und Stallgebäude

Einer Vielzahl von Rahmenbedingungen, Abhängigkeiten und Synergienutzungen folgend werden mit dem Konzept sowohl eine Verdichtung als auch ein Zusammenwachsen der Gebäude- und Sicherheitsbereiche erreicht. In den Sicherheitsbereichen L3/S3 und L4/S4 konnten außerdem die Außenwandflächen der Containmentgebäude auf ein Minimum reduziert werden.

#### *Einschub: Laborcontainment*

Die Laborräume der Sicherheitsstufe L3/S3, L3+/S3 und S4/S4 werden in einem so genannten Containment eingerichtet. Bei der Errichtung und dem Betrieb des Containments ist eine Fülle von baulichen und organisatorischen Maßnahmen zu beachten, die das Austreten von ansteckenden Organismen aus den entsprechenden Sicherheitsbereichen verhindern. Daher werden die Gebäudehüllen der Containmentgebäude luft- und gasdicht ausgeführt, im L4/S4-Bereich zusätzlich in einem Box-in-Box-System aufgebaut.

Das Laborgebäude mit den von West nach Ost ansteigenden Sicherheitsstufen Zellbank – L2/S2 – L3\*\*/S2 – L3/S3 – L4/S4 ist über drei Geschosse als klassische Dreibundanlage aufgebaut.

Alle Zugänge zu den einzelnen Sicherheitsbereichen erfolgen von Norden aus der inneren Erschließungsstraße (Magistrale) (Bilder 4 und 5). Das gilt sowohl für Personen als auch für die Materialver- und -entsorgung. Die Zugänge sind durch einen gedeckten Personenerschließungsweg geschützt (Bild 6). Die Zugänge sind kombiniert mit den darüber liegenden drei Brückenverbindungen zwischen Labor- und Stallgebäude, so dass hier je Sicherheitsstufe eine wettergeschützte Kreuzung der zentralen Erschließungsstraße ermöglicht wird (Bild 7).

Die an Nord- und Südfassade liegenden Laborzonen umschließen die im Mittelbund angeordneten Funktionsräume, die die gleiche Raumtiefe wie die Laborräume erhielten, um größtmögliche Flexibilität der Raumnutzung zu garantieren. Im Mittelbund wurden drei Lichthöfe angeordnet, die den 230 m langgestreckten Labortrakt in Zonen unterteilen und die Flure mit Tageslicht versorgen.

Für die Laboreinheiten werden der Raumbedarfsplanung entsprechend zwei Standardlabortypen definiert, die grundsätzlich identisch ausgerüstet sind und mit den erforderlichen Medien versorgt werden.

Im Zusammenhang mit den an der Nordfassade liegenden Treppenhäusern wurden in Flurerweiterungen Begegnungszonen geschaffen. Im Zusammenspiel mit den Brücken zu den Stallbereichen, den Aufzugsvorplätzen und den Besprechungs- und Sozialräumen werden interne Kommunikation und Orientierung erleichtert und unterstützt.

Die vertikale technische Erschließung erfolgt sowohl in einer Installationszone, die zwischen den Fluren und den Laborräumen angeordnet ist, als auch über Sammelschächte in der Mittelzone.



Bild 8: Rohbau Labor- und Stallgebäude

## Gebäudestruktur, Konstruktion

Das Laborgebäude wird in einer Mischung aus Massiv- und Skelettbauweise in Stahlbeton konstruiert. Die Fassade ist als tragende Wand mit Fensteröffnungen ausgebildet. Wegen der Anforderungen an die Unterdruckhaltung und an die Luft- bzw. Gasundurchlässigkeit wird die Außenwand als homogene Stahlbetonscheibe ausgebildet (Bild 8).

Fenster werden von außen angeschlagen und abgedichtet. Die Fassade wird mit einer entsprechenden Wärmedämmung versehen und mit einer hinterlüfteten Ziegel-Vormauerschale versehen.

Der Grundraster in Längsrichtung beträgt 3,30 m und ergibt sich aus der Laborfläche. Am Übergang zwischen Labor und Flur ist eine Installationszone angeordnet, die Querwände der Installationsschächte wurden als tragende Wandscheiben (Fertigteile in Sichtbeton) ausgebildet. Auch Treppenhauswände und Treppenläufe wurden in Sichtbeton ausgeführt.

In der Achse des Mittelbundes wurden im Abstand von 6,60 m zusätzliche Stützen vorgesehen, um Verformung und mögliche Rissweiten zu minimieren. Die Deckenstärke der unterzuglosen Flachdecke konnte reduziert, die Kraffeinleitung in Stützen und Wände sowie Anschlüsse an die Leichtbaukonstruktionen konnten auf diese Weise vereinfacht werden.

Konstruktiv bildet der Laborbereich der Sicherheitsstufe L4/S4 eine Besonderheit. Wegen der besonders hohen Anforderungen an die Biosicherheit (Dichtigkeit, Dekontaminierbarkeit) wurde dieser auch im Nutzgeschoss als reiner Massivbau in Stahlbeton errichtet.



Bild 10: Untergeschoss für Abwasserbehandlung und Tierkörperbeseitigung



Bild 9: Installationsgeschoss

## Stallgebäude

Der Stalltrakt mit den parallel zu den Laborbereichen von West nach Ost ansteigenden Sicherheitsstufen L2/S1 bzw. L2/S2 – L3\*\*/S2 – L3/S3 – L3+/S3 ist als zusammenhängender Tiefkörper mit Ausmaßen von ca. 70 m x 200 m aufgebaut.

Zwischen dem Stallbereich L2/S1 bzw. L2/S2 und dem Stallbereich L3\*\*/S2 entstand durch den Einschub des Mediengebäudes im Norden ein geschlossener Wirtschaftshof.

Das Stallgebäude besteht aus einem Erdgeschoss, das in seiner ganzen Ausdehnung der Unterbringung der Tierräume und der dazugehörigen Funktionsräume dient. Am östlichen Rand wurden außerdem die Laboratorien des Sicherheitsbereichs L3+/S3 eingerichtet. Dieser Laborbereich wie auch die Stallbereiche der Sicherheitsstufen L3/S3 und L3+/S3 wurden als separate Containments ausgebildet.

Im Obergeschoss werden über den Tierräumen die entsprechenden Raumluftfilteranlagen installiert. In einem eingeschobenen 2. Obergeschoss („Technical Penthouse“) liegen darüber im reinen Bereich – d.h. mit der Außenluft verbunden – die Monoblockinstallationen für Außenluftansaugung und Fortluft. Sowohl die Filtergeschosse als auch die darüber liegenden Lüftungszentralen sind über einen reinen Erschließungskorridor an der Nordseite des 1. Obergeschosses zugänglich.

Im Installationsgeschoss unter dem Erdgeschoss wurden Abwasserleitungen und andere gebäudetechnische Versorgungsleitungen installiert (Bild 9). Auf diese Weise können alle Wartungs-, Kontroll- und Reparaturarbeiten sicher und effizient durchgeführt werden. Der Bereich gehört in den Bereichen der Sicherheitsstufen L3/S3 und L3+/S3 zum Inneren Containment und ist über Personenschleusen im Untergeschoss zugänglich.

In einem 2. Untergeschoss bzw. in partiellen Absenkungen des Installationsgeschosses wurden Abwasserbehandlungs- und Tierkörperbeseitigungsanlagen installiert (Bild 10). Für die Tierkörperbeseitigung werden in jedem Sicherheitsbereich entweder Digestoranlagen oder Rotationsautoklaven verwendet. Die Anlagen werden direkt unter den Sektionsräumen angeordnet, d.h. die Abwurf- bzw. Einfüllöffnungen befinden sich in den jeweiligen Sektionsräumen.

Um die komplexen Infrastrukturen der Stall- und Labortrakte energieeffizient und wirtschaftlich betreiben zu können, wurden die notwendigen Energie- bzw. Medienzentralen in der



Bild 11: Orientierung im Technikgeschoss: Markierung der Raumgrundrisse des darüberliegenden Nutzergeschosses

Nähe der Lastschwerpunkte angeordnet. Mit der Integration der Technikzentralen in das Stallgebäude wird ein wesentlicher Schritt zur Vereinfachung der Gesamtanlage bewirkt.

Wettergeschützte Verbindungs- und Transportwege im Erdgeschoss wurden ebenso ermöglicht wie notwendige Energieleitungstunnel in den Untergeschossen. Damit werden Wartung und Instandhaltung sowie künftige Nachinstallationen und andere Veränderungen der technischen Infrastruktur erleichtert. Damit man sich in den Technikgeschossen besser orientieren kann und die Verbindung zum Nutzergeschoss wieder findet, sind die Raumgrundrisse aus dem Nutzergeschoss an der Decke vom Untergeschoss bzw. auf dem Fußboden im Obergeschoss aufgezeichnet (Bild 11).

Einer Vielzahl von Rahmenbedingungen, Abhängigkeiten und Synergienutzungen folgend werden mit dem Konzept sowohl eine Verdichtung als auch ein Zusammenwachsen der Gebäude- und Sicherheitsbereiche erreicht. In den Sicherheitsbereichen Stall L3/S3 und L3+/S3 sowie Labor L3+/S3 konnten außerdem die Außenwand-Flächen der Containment-Gebäude auf ein Minimum reduziert werden.

#### *Einschub: Stallcontainment*

Die Stallbereiche der Sicherheitsstufe L3/S3 und L3+/S3 werden in einem so genannten Containment eingerichtet. Bei der Errichtung und dem Betrieb des Containments ist wie beim Laborcontainment eine Fülle von baulichen und organisatorischen Maßnahmen zu beachten, die das Austreten von ansteckenden Organismen aus den entsprechenden Sicherheitsbereichen verhindern. Daher werden die Gebäudehüllen der Containmentgebäude luft- und gasdicht ausgeführt.



Bild 12: Rohbau Stallgebäude

Zu beachten ist unter anderem eine klare Staffelung der Raumordnung von außen nach innen. Das gilt auch für den Gebäudeschnitt in der Vertikalen. Das zentrale Nutzgeschoss wird oberhalb und unterhalb von einer weiteren Schicht, d.h. einer weiteren luft- bzw. gasdichten Ebene umschlossen. Im vorliegenden Entwurf gehören das Filtergeschoss über den Tierräumen und das Installationsgeschoss unter den Tierräumen zum Containment.

Im Stallgebäude wird außerdem eine konsequente Unterdruckabstufung von außen nach innen aufgebaut. Die Räume mit der größten zu erwartenden Kontamination erhalten den höchsten Unterdruck, im vorliegenden Entwurf sind dies die Sektionsräume in den Stallbereichen der Sicherheitsstufen L3/S3 und L3+/S3.

Auch im Stallgebäude liegen sämtliche Personen- und Material- ein- und -ausgänge an der zentralen Magistrale. Ein wettergeschützter Flur erschließt sämtliche Personen- und Materialschleusen vor den jeweiligen Sicherheitsbereichen. Lediglich Tiertransporte erfolgen an der Nordfassade, an der auch der Wirtschaftshof liegt.

#### *Gebäudestruktur, Konstruktion*

Die Nutzgeschosse mit den Tier- und Funktionsräumen wurden aus Gründen der Biosicherheit in monolithischer Stahlbetonmassivbauweise konstruiert und ausgeführt. Die Außenwände wurden in allen Geschossen als homogene Stahlbetonwände mit tragender Funktion, alle Geschossdecken als unterzuglose Stahlbetonflachdecken ausgebildet (Bild 12).

Der Raster für Grundrissorganisation und Konstruktion beträgt in beiden Richtungen 1,10 m. Bei dem in das Stallgebäude integrierten Labor-Bereich der Sicherheitsstufe L3+/S3 wurde die Tiefe der innen liegenden Raumgruppe analog zum Laborgebäude ausgebildet. Die Geschosse für die technische Infrastruktur (Untergeschoss/Installationsgeschoss, Filtergeschoss) wurden nach statischen Erfordernissen mit innen liegenden Stützen konstruiert.

#### **Fassaden**

Die Fassaden wurden – norddeutscher Tradition folgend – mit einer hinterlüfteten Vormauer-Ziegel-Schale vor dem Betontragwerk versehen. Ein Vorteil des Klinkers besteht u.a. in der verschiedenen Wahrnehmung der gemauerten Oberfläche aus



Bild 13: Laborgebäude mit Vormauerfassade

der Distanz und aus der Nähe. Aus der Ferne wirkt die Fassade ruhig und homogen. Die einzelnen Steine und Fugen werden nicht wahrgenommen, die Fläche selber entfaltet jedoch eine lebendige Wirkung (Bild 13).

Je näher man dem Gebäude kommt, desto stärker wird der einzelne Stein wahrgenommen. Damit wird einerseits Vertrautheit geschaffen und ein Verständnis dafür, wie die Mauer gemacht ist. Andererseits unterstützt dieser Effekt die Maßstäblichkeit der Gebäude. Aus der Ferne liegt die Betonung auf den klar definierten Bauvolumen, aus der Nähe leistet das kleine Format des einzelnen Steines die Übersetzung in den menschlichen Maßstab. Die Klinkergebäude lösen sich so nicht in völliger Abstraktion auf, sondern behalten trotz ihrer zum Teil imposanten Dimensionen den Bezug zum Detail.

Die beschriebene Gliederung wird durch die Gestaltung der inneren Straße (Magistrale) unterstützt und weiterentwickelt. Die Straße ist als Mischverkehrszone konzipiert. Leicht asymmetrisch zur Mitte liegt die eigentliche Fahrbahn. Pflanzbeete werden versetzt zueinander so angeordnet, dass beidseitig an den Eingängen Buchten für Kurzparker entstehen. Die Gebäudezugänge werden soweit möglich mit den Brücken zu wettergeschützten Zonen kombiniert.

Pflanzbeete grenzen die Parkbuchten ab und schützen die Fassaden vor dem fließenden Verkehr. Die große Fläche der inneren Straße wird außerdem durch Entwässerungsrinnen und Fugen der mit Besenstrich versehenen Betonplatten gegliedert. Im Zusammenspiel mit den Brücken und den Eingangstüren wird die Magistrale rhythmisiert. Beidseitige Erdgeschossfassaden aus farbigen Gläsern und den dahinterliegenden Fluren mit Sichtbetonwänden bilden zusammen mit der Betonoberfläche des Straßenbelags und den Sichtbetonvordächern eine Klammer zwischen Stall- und Laborgebäude (s. Bilder 4 bis 7).

## Zusammenfassung

Das Karree wird nach der Fertigstellung des kompletten Laborgebäudes und dem Abbruch der Flügelbauten und des Nordflügels wieder durch einen Neubau ergänzt und geschlossen. Neben den erforderlichen Büroflächen werden Seminarbereich und Speisenversorgung in das Hauptgebäude bzw. in das Karree integriert.

Im Laborgebäude werden die dort angesiedelten Sicherheitsbereiche ansteigend von West nach Ost platziert, im Westen beginnend mit der Zellbank und dem Laborbereich L2/S2, in den der Laborbereich L3\*\*/S2 integriert ist, anschließend den Laborbereichen L3/S3 und L4/S4 (einschließlich Tierlaboratorien). Das dreigeschossige Laborgebäude enthält außerdem ein Untergeschoss, in dem Lüftungszentralen sowie die zum Gebäude gehörenden Verteilungen angeordnet sind.

Im Stallgebäude werden die dort angesiedelten Sicherheitsbereiche ebenfalls ansteigend von West nach Ost platziert im Westen beginnend mit dem Stall L2/S1 und L2/S2, anschließend den Stallbereichen L3\*\*/S2, L3/S3 und L3+/S3. Die Medienzentrale wird zwischen Stallbereich L2/S2 und L3\*\*/S2 eingeschoben, außerdem wird der Laborbereich L3+/S3 an der Ostseite direkt an den dazugehörigen Stallbereich angeschlossen.

Die Nutzflächen des Stallgebäudes befinden sich, von wenigen Ausnahmen abgesehen, im Erdgeschoss. Unter den Stallbereichen wurde ein vollflächiges Installationsgeschoss errichtet, darunter sind Abwasserbehandlungs- und Tierkörperbeseitigungsanlagen platziert. Über den Stallbereichen wurden die entsprechenden Raumluftfilteranlagen installiert, darüber in Installationsgeschossen die zentralen Aggregate für die Außenluftansaugung und Fortluft.

## Bautafel Labor- und Stallgebäude des Friedrich-Loeffler-Instituts, Riems, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit

Bauherr	Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, vertreten durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, vertreten durch den Betrieb für Bau und Liegenschaften des Landes Mecklenburg-Vorpommern Geschäftsbereich Greifswald Projektgruppe Riems, Leitung: Christian Wolfgramm
Generalplaner	Generalplaner Insel Riems IttenBrechtbuehl und Rauh Damm Stiller Partner Geschäftsführer: Peter Lobsiger, I+B Bern (Schweiz), Wolf Dirk Rauh, RDSP Greifswald
Technische Gebäudeausrüstung	Arge Gruneko (Basel)/BLS Greifswald
Tragwerksplanung	Schüler, Neubrandenburg
Außenanlagen	SKH, Neubrandenburg
Generalunternehmer	ARGE FLI, bestehend aus Ed. Züblin, Heitkamp, Hochtief, Cofely, YIT
Kosten 2. Baustufe	Labor- und Stallgebäude einschließlich Außenanlagen und Erneuerung der institutseigenen Kläranlage: 258.000.000 €

# Von der Scheune zum Wohnhaus: Umbau eines Bauernhofes in Niederbayern

von Klaus Ilg und Michael Ulmer, München

Eine historisches Bauernhof-Ensemble in Niederbayern wurde saniert und die alte Scheune zu einem komfortablen Wohngebäude umgebaut. Die Anlage befindet sich im Übergang einer Talniederung zu einer mit dichtem Buschwerk bewachsenen Hügelkuppe und bildet eine U-förmige, talabgewandte Figur. Das Gebäude-Ensemble aus ehemaliger Scheune, bäuerlichem Wohnhaus und Stall wird durch die Böschung zu einem traditionellen Vier-Seiten-Hof ergänzt (Bilder 1 bis 3).

## Baufaufgabe und architektonisches Konzept

### Entwurf

Der bestehende Torzugang zur Scheune wird als neuer Eingang genutzt und interpretiert so die ehemalige Tenne neu, die heute ein zweigeschossiges, von Nordost nach Südwest durchgestecktes Foyer darstellt, das den Gemeinschaftsbereich (ehemaliger Kuhstall) vom Privatbereich (ehemaliger Scheunenteil) trennt (Bild 4).

Über das Foyer gelangt man durch eine massive Schiebetür in den Wohnraum „Leben und Tanzen“, geprägt durch einen großen Kamin (Bild 5). Durch das Öffnen eines mit Gipskarton verkleideten Garagentors gelangt man in einen weiteren Raum, hinter dem sich das Musik-Entertainment der Bewohner verbirgt. Der Nebenraum lässt sich als Bühne zum Wohnraum für hauseigene Konzerte dazu schalten. Ebenfalls über das Foyer erreicht man die Küche, geprägt von einer linearen Küchenzeile, ergänzt lediglich durch einen Kochblock und einen eindrucksvollen großen Eichenholz-Esstisch (Bild 6). Eine lange Tafel für mehrere Personen und eine abgesenkte Sitzcke im anschließenden Raum runden die 160 m<sup>2</sup> große Wohnlandschaft ab und laden zum Verweilen ein. Die ursprüngliche Fassade wurde übernommen: Ein Band von Fenstern mit Blick auf die Felder zieht sich über die Südwestfassade, während sich große, fast raumhohe Schiebefenster zum Hof orientieren. Alle Wandoberflächen werden – wie früher – verputzt; der Boden ist mit Eichenholzdielen ausgelegt.

Der ehemalige Scheunenteil aus einer Holzkonstruktion wird durch eine Betonskulptur ersetzt: Im nordöstlichen Teil des Erdgeschosses befinden sich Hauswirtschaftsraum und Büro;



Bilder 3a und b: Das Stall- und Scheunengebäude wurde zum Wohnhaus umgebaut.



Bild 4: Ausgang Hofterrasse



Bild 5: Wohnraum mit Kamin

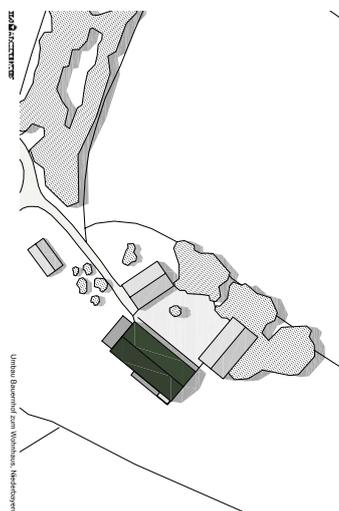


Bild 1: Lageplan des Bauernhofes

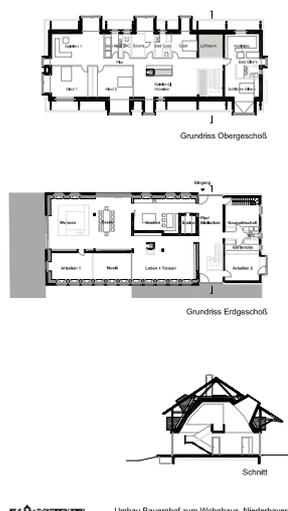


Bild 2: Grundrisse, Schnitt



Bild 6: Küche mit Kochblock und Eichenholz-Esstisch



Bild 9: Obergeschoss mit viel Sichtbeton

eine offene, zweiläufige Treppe führt durch die ehemalige Tenne ins Obergeschoss und setzt sich als Steg zur Erschließung der Zimmer fort. Alle tragenden Wände sowie die Dachschrägen sind in Sichtbeton ausgeführt (Bild 7). So genannte Lichtkanonen, ebenfalls aus Sichtbeton, durchdringen die Dachschrägen, sorgen für die Belichtung des Obergeschosses und rahmen gewählte Ausblicke in die Natur. Sie sind gaubenähnlich ausgebildet, zum Teil erweitern sie den Wohnraum um eine Spiel- oder Liegefläche, schließen jedoch bündig mit der Außenhülle ab (Bild 8). Verschiedene Brüstungshöhen wirken von außen willkürlich, nur von innen lassen sie die zielgerichteten Perspektiven und unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten erkennen. Leichtbauwände, ausgeführt in Eichenholz, trennen die einzelnen Raumeinheiten. Der Rohboden wurde lediglich beschichtet, die Möblierung zurückhaltend und reduziert gestaltet und damit alle verwendeten Ausbauoberflächen auf die zwei Materialien Beton und Eichenholz beschränkt (Bilder 9 und 10).

### Konstruktive und bautechnische Umsetzung

Sowohl das Ensemble des Vier-Seiten-Hofes als auch das Erscheinungsbild der alten Scheune bleiben auf den ersten Blick unverändert, gleichzeitig soll eine außergewöhnliche und anspruchsvolle Wohnlandschaft entstehen. So wurde das Dachsprengwerk und die Dacheindeckung zur späteren Wiederverwendung demontiert und gelagert, das Gemäuer des ehemaligen Kuhstalls entkernt und nach unten erweitert, um die gewünschte Raumhöhe zu erhalten. Der Bereich der hölzernen Scheune konnte nicht erhalten werden, stattdessen entwickelte der Architekt eine Betonskulptur, die im Wesentlichen dem Volumen und der Form der Scheune entsprach, lediglich die Lichtkanonen brechen aus der alten Form und definieren den Innenraum durch gewählte Perspektiven in Landschaft und Himmel. Die Schalung der Schrägen erforderte großes handwerkliches Geschick, wegen der großen Neigung musste zusätzlich zur Innenschalung auch eine Außenschalung erstellt werden. Die Lichtkanonen wurden in einem zweiten Arbeitsgang ausgeführt. Abschließend wurde die Betonskulptur gedämmt und mit einer Haut aus grünen Bitumenschindeln eingedeckt, diese ist die Wasser führende Schicht (s. Bild 3). Das alte Dach wurde in offener Bauweise wiederhergestellt, jedoch ohne Anforderung an Dichtigkeit. Im Sommer dient dieses Dach als zusätzlicher Sonnenschutz, im Winter bietet es zusätzlichen Witterungsschutz. Eine Sole-Wärmepumpe, die die Wärme des Grundwassers nutzt, beheizt alle Räume des Wohnhauses. Eine kleine Raffinesse: der Freisitz auf der Dachebene der Betonskulptur. Von hier aus hat man einen beeindruckenden Blick auf die umliegende Landschaft. Glasdachziegel, scheinbar wahllos in die Dachfläche eingestreut, sorgen für angenehmes Licht.



Bild 7: Zweiläufige Holzterrasse zum Obergeschoss, tragende Sichtbetonwände

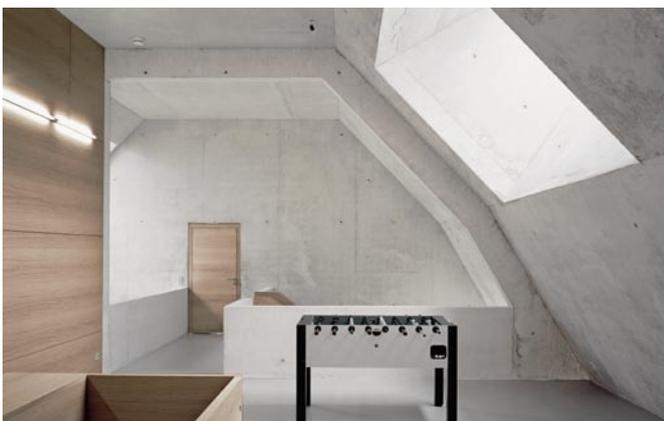
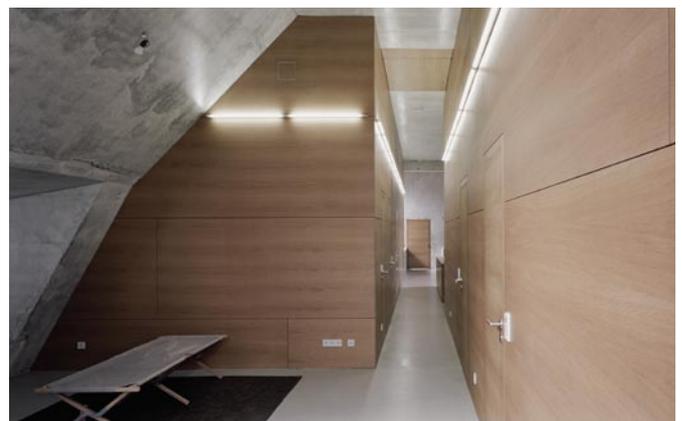


Bild 8: Gaubenähnlich ausgebildete so genannte Lichtkanonen zur Belichtung



Bilder 10: Obergeschoss, Ausbau mit Eichenholz

## Bautafel Bauernhofumbau in Niederbayern

Objekt	Umbau Bauernhof zu einem Wohngebäude
Standort	Niederbayern
Bauherr/Nutzer	privat
Planungs- und Bauzeit	2007 bis 2010
Architekt	Ulmer und Ilg Architekten, Projektgemeinschaft
Projektteam	Michael Ulmer, Vanessa Philipp, Christian Zöhrer, Annette Übbing, Klaus Ilg
Bauleitung	Ulmer und Ilg Architekten, Projektgemeinschaft
Landschaftsarchitekt	michellerundschalk landschaftsarchitektur und urbanismus
Tragwerksplanung	Ostermair Hermann, Pollich Andrea Ingenieurbüro für Baustatik, Freising
Technische Gebäudeausrüstung	Lindner Entwickler.Planer.Ingenieure GmbH, Arnstorf
<b>Projektdaten</b>	
Grundstücksgröße	13 340 m <sup>2</sup>
Bruttogeschossfläche = Wohnfläche	730 m <sup>2</sup>
Brutto-Rauminhalt	3 277 m <sup>3</sup>
<b>Energiekonzept/-daten</b>	
Jahres-Heizwärmebedarf	48 723 kWh/a
Flächenbezogener Heizwärmebedarf	55,6 kWh/(m <sup>2</sup> ·a) – Gebäudenutzfläche 857,7 m <sup>2</sup>
Volumenbezogener Heizwärmebedarf	17,8 kWh/(m <sup>3</sup> ·a) – beheiztes Gebäudevolumen: 2 736,7 m <sup>3</sup>
Heizung	zentrale Wärmeerzeugung – Grundwasser-Wärmepumpe
Verteilung	Auslegungstemperatur 35 °C/28 °C Dämmung der Leitungen nach EnEV Optimierter Betrieb Umwälzpumpen hocheffizient Zentral
Übergabe	Flächenheizung (Fußbodenheizung, Beton-Bauteilaktivierung) Elektronische Regeleinrichtung
Warmwasser	zentrale Warmwasserbereitung
Speicherung	indirekt beheizter Speicher Dämmung der Leitungen nach EnEV
<b>Fassadenaufbau</b>	
Außenwände Erdgeschoss Bestand (von außen nach innen)	dreilagiger mineralischer Putz 25 mm Vormauerwerk 115 mm mineralische Dämmung 80 mm Bestandsmauerwerk 500 mm als Wärmespeicher mineralischer Innenputz 15 mm
Außenwände Erdgeschoss Neubau (von außen nach innen)	zweilagig Bitumenschindeln, beschiefert OSB-Plattenverkleidung 19 mm Holzunterkonstruktion ohne Hinterlüftung mineralische Dämmung 140 mm Stahlbetonwand 200 mm
Bodenaufbau Erdgeschoss nicht unterkellert	Bodenbelag Holzdielen 20 mm Schwimmender Estrich 62 mm mit eingelegter Fußbodenheizung Heizung auf Systemplatten/Dämmung 20 mm Stahlbetonplatte 350 mm unterseitige Dämmung 100 mm
Bodenaufbau Erdgeschoss unterkellert	Bodenbelag Holzdielen 20 mm Stahlbetonplatte 200 mm mit eingelegter Fußbodenheizung, auch als Wärmespeicher genutzt (Betonkernaktivierung)
Bodenaufbau Kellergeschoss	Bodenbelag Beschichtung 2 mm auf Stahlbetonplatte 350 mm unterseitige Dämmung 100 mm
Bodenaufbau Obergeschoss Neubau	Bodenbelag Beschichtung 2 mm auf Stahlbetonplatte 200 mm unterseitige Dämmung 50 mm mineralische Dämmung zum Schallschutz Bestandsbetondecke 350 mm als Wärmespeicher
Dachaufbau (von außen nach innen)	zweilagig Bitumenschindeln beschiefert OSB-Plattenverkleidung 19 mm Holzunterkonstruktion ohne Hinterlüftung mineralische Dämmung 140 mm Stahlbeton 250 mm
Wärmeschutzverglasung	2-Scheiben-Holzfenster, U-Wert 0,9 W/(m <sup>2</sup> ·K)

# Schutz und Instandsetzen von Gärfutter-Flachsilos aus Stahlbeton

Von Otmar Hersel, Hofheim

Gärfutter-Flachsilos gehören zu den am stärksten beanspruchten Bauwerken in der Landwirtschaft. Die Dauerhaftigkeit von Flachsilos wird seit langem intensiv diskutiert. Neben den technischen und wirtschaftlichen Fragen hierzu wird verstärkt auf den dauerhaften Umweltschutz geachtet. Der Beitrag erläutert Schadensursachen sowie bautechnische Lösungen zur Schadensvermeidung und stellt Möglichkeiten zum Schutz und zum Instandsetzen von Gärfutter-Flachsilos vor.

## 1. Beanspruchungen von Gärfutter-Flachsilos

Gärfutter-Flachsilos unterliegen hohen chemischen, physikalischen und mechanischen Belastungen:

- chemischen durch die in der Silage entstehenden organischen Säuren (Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure) sowie durch evtl. eingesetzte Silierhilfsmittel (z.B. Propionsäure) mit in ungünstigen Fällen pH-Werten um 4,
- physikalischen durch Frosteinwirkung und hohe Temperaturschwankungen. Gärsäuren üben dabei einen Frost-Tau-mittel ähnlichen Angriff auf Beton aus.
- mechanischen durch Schlepper, Walzen und Schneidgeräte während des Befüllens bzw. der Entnahme von Silage.

Die meisten Schäden am Beton resultieren bereits aus Fehlern bei Planung und Bau. Ursachen liegen hauptsächlich in ungeeigneter Betonzusammensetzung, ungenügender Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons oder unsachgemäßen Beschichtungen und Fugenabdichtungen. Die dazugehörigen Schadensbilder sind in den Bildern 1 bis 5 wiedergegeben.

Den genannten Einwirkungen hält nur ein qualitativ hochwertiger Beton auf Dauer stand. Mit Beton minderer Qualität können keine zuverlässigen Konstruktionen und insbesondere keine dauerhaft widerstandsfähigen Betonoberflächen erzielt werden. Zu empfehlen ist die Verwendung von Transportbeton oder Betonfertigteilen, da speziell der hier zu empfehlende Luftporenbeton auf der Baustelle in Eigenleistung durch den Landwirt nicht zielsicher herzustellen ist.

Es ist zu beachten, dass die DIN 11622 „Gärfuttersilos und Güllebehälter“ beim Betrieb von Gärfuttersilos eine wasser- und luftdichte Abdeckung des Futterstocks während des Gärfutterprozesses voraussetzt. Die dichte Abdeckung fördert zudem das Entstehen hochwertiger Silagen zur Fütterung. Erfolgt keine vollständige Abdeckung des Futterstocks, wie manchmal bei Gärfuttersilos für Biogasanlagen zu beobachten [1], kann sich durch Eindringen des Regenwassers entlang der Silowände der chemische Angriff auf den Beton deutlich verschärfen, da der Angriffsgrad organischer Säuren bei einer Verdünnung ansteigt. In diesem Fall ist ein Schutz des Betons bzw. nach Einzelfallprüfung auch der Einsatz eines Betons mit erhöhtem Säurewiderstand erforderlich.

Geringfügige Abtragungen der obersten Feinmörtelschicht des Betons in stark beanspruchten Silobereichen stellen keinen Mangel dar und beeinträchtigen weder Nutzungsfähigkeit noch Dauerhaftigkeit.

Schmackhafte, nährstoffreiche Silagen üben zugleich auch einen geringeren Angriff auf den Beton aus: Bei den günstigen höheren Trockensubstanzgehalten entsteht wenig oder gar kein



Foto: BetonBild

Bild 1: Gärfuttersilo mit fehlendem Gefälle: Sickersaft und Regenwasser durchnässen den Futterstock



Foto: Richter, Leipzig

Bild 2: Zerstörung der Beschichtung durch mechanische und chemische Beanspruchungen

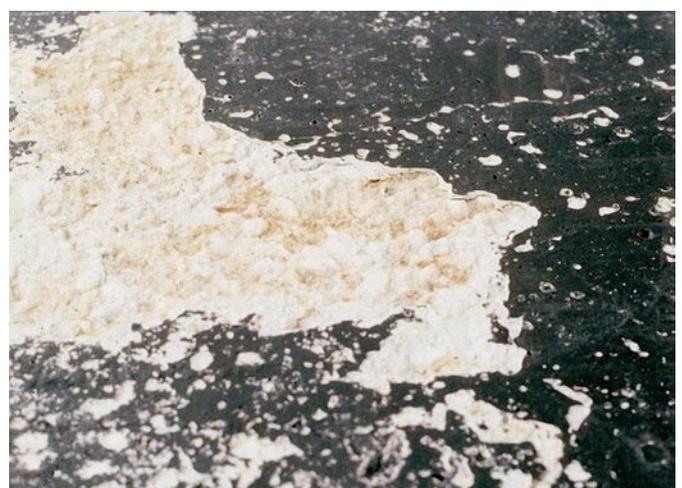


Foto: Richter, Leipzig

Bild 3: Abplatzende Beschichtung durch ungenügende Untergrundvorbereitung



Bild 4: Bewehrungskorrosion durch zu geringe Betondeckung

Gärsaft (z.B. Silomais teigreif und nicht milchreif silieren, Gras und Klee angewelkt mit Trockensubstanzgehalten > 25 %). Bei Maissilagen treten (falls größere Gärtsaftmengen austreten) stärkere Angriffe auf den Beton auf als bei Grassilagen, da der pH-Wert (als Kennzeichen für den Säureangriff) bei Maissilagen niedriger ist.

## 2. Anforderungen an den Beton

Entsprechend den zuvor beschriebenen Einwirkungen auf den Beton gelten für seine Zusammensetzung folgende Expositionsklassen:

- XA3: Betonkorrosion durch chemisch stark angreifende Umgebung
- XF3: Betonkorrosion durch Frost bei hoher Wassersättigung des Betons
- XC4: Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung des Betons bei wechselnd nassem und trockenem Beton

Damit wird festgelegt, dass die Wandinnenflächen und die Bodenplatte mit einer geeigneten Beschichtung zu schützen sind.

Auf diese Beschichtung kann nach DIN 11622 verzichtet werden, wenn ein Luftporenbeton C30/37 eingebracht wird, der



Bild 5: Rissbildungen durch unzureichende Nachbehandlung

dann allerdings den Anforderungen der Expositionsklasse XF4 (Frostangriff bei hoher Wassersättigung, mit Taumittel) entsprechen muss. Gemische aus Gärtsaft/Silagesickersaft und Wasser üben auf Beton einen mit Taumitteln vergleichbaren Frostangriff aus, gegen den der Luftporenbeton eine hohe Beständigkeit aufweist und der den chemischen Angriff überlagert.

Im Hinblick auf die Beständigkeit gegen Gärtsaft- und Silagesickersafteinwirkung sind Gesteinskörnungen aus kristallinem Gestein (z.B. Granit, Gneis, Basalt) einem Kalkgestein unbedingt vorzuziehen. Die Wahl der Zementart spielt hingegen nur eine geringe Rolle. Die Sieblinie der Gesteinskörnungen sollte im günstigen Bereich A/B liegen. Der Frost-Tau-Widerstand der Gesteinskörnung muss zusätzlich zu den Regelanforderungen die Kategorie F<sub>2</sub> nach DIN EN 12620 erfüllen. Bei Luftporenbeton der Expositionsklasse XF4 ist die Kategorie MS<sub>18</sub> zu berücksichtigen. Durch die Wahl der oben genannten Expositionsklassen für den Beton sind die Anforderungen an die Betonausgangsstoffe mit berücksichtigt, müssen also bei der Betonbestellung nicht extra angegeben werden.

Zur Vermeidung einer schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR) im Beton ist gemäß der Alkali-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [2] die Feuchtigkeitsklasse WF (Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist) anzunehmen. Einige Gesteinskörnungen können alkalireaktive Kieselsäure enthalten. Unter bestimmten Voraus-

**Tafel 1: Anforderungen an den Beton für Gärfutter-Flachsilos gemäß DIN 11622-2**

	Expositionsklasse	Mindestdruckfestigkeitsklasse	Wasserzementwert	Mindestzementgehalt	Andere Anforderungen	Überwachungsklasse Beton	Betondeckung der Bewehrung Nennmaß c <sub>nom</sub>
DIN 1045/ DIN EN 206-1	XA3 <sup>1)</sup> XF3 XC4 WF	C35/45, Beschichtung erforderlich	≤ 0,45	320 kg/m <sup>3</sup> (270) <sup>2)</sup>	F <sub>2</sub> <sup>3)</sup>	ÜK 2	40 mm (innen und außen)
DIN 11622-2, Beiblatt	XA3 <sup>1)</sup> XF4 XC4 WF	C30/37 mit Luftporen (LP) auf Beschichtung kann verzichtet werden	≤ 0,45	320 kg/m <sup>3</sup> (270) <sup>2)</sup>	MS <sub>18</sub> <sup>3)</sup>	ÜK 2	40 mm (innen und außen)

<sup>1)</sup> XA3: Wandinnenflächen und Bodenplatte sind durch eine geeignete Beschichtung zu schützen. Auf diese Beschichtung darf verzichtet werden, wenn der Beton zusätzlich den Anforderungen an die Expositionsklasse XF4 entspricht. (DIN 11622-2)

<sup>2)</sup> Klammerwerte bei Anrechnung von Zusatzstoffen wie z.B. Flugasche. Bei XF4 nur Anrechnung von Flugasche zulässig

<sup>3)</sup> Gesteinskörnungen mit Regelanforderungen und Widerstand gegen Frost bzw. Frost-Tausalz-Beanspruchung (siehe DIN 1045-2, Anhang U); F<sub>2</sub> = Masseverlust nach 10 Frost-Tauwechseln ≤ 2 M.-%

setzungen kann es zwischen diesen Gesteinskörnungen und den Alkalien im Beton zu Reaktionen mit Volumenvergrößerung und Schädigung des Betons kommen.

Werden die Anforderungen der Feuchtigkeitsklasse WF nicht beachtet, kann es nach Monaten oder Jahren zu feinen Rissen, weißen Ausblühungen und Aussinterungen, im Extremfall zu Abplatzungen und Ausbrüchen durch innere Druckzustände infolge des so genannten Alkalitreibens im Beton führen.

Bei der Betonbestellung für den Bau von Gärfutter-Flachsilos muss deshalb neben den Expositionsclassen und der Betondruckfestigkeitsklasse die Feuchtigkeitsklasse WF angegeben werden. Für erforderliche Anpassungen an die Betonzusammensetzung ist der Betonhersteller verantwortlich. Bei alkaliempfindlichen Gesteinskörnungen kann ein Austausch der Gesteinskörnungen oder der Einsatz von Zementen mit niedrigem Alkaligehalt (NA-Zement) notwendig sein.

Den Beanspruchungen bei einem Gärfutter-Flachsilo kann auf Dauer nur ein hochwertiger und sorgfältig verarbeiteter Beton standhalten (Tafel 1). Weitere Hinweise sind auch im Zement-Merkblatt für Gärfutter-Flachsilos aus Beton zu finden [3].

Für die Bauausführung ist auf die Bestimmungen für die Verarbeitung von Betonen der Überwachungsklasse 2 (ÜK 2) nach DIN 1045-3 (zukünftig DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3) (Überwachung durch das Bauunternehmen und durch eine anerkannte Überwachungsstelle) hinzuweisen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass für die Beständigkeit des Betons ein niedriger Wasserzementwert, eine sorgfältige

Verdichtung des Frischbetons sowie eine ausreichende Nachbehandlung maßgebend sind.

### 3. Umweltschutz

Gärfuttersilos müssen nach dem Wasserhaushaltgesetz des Bundes (WHG, § 62) so beschaffen sein und eingebaut, aufgestellt, unterhalten und betrieben werden, „dass der bestmögliche Schutz der Gewässer vor nachteiliger Veränderung ihrer Eigenschaften erreicht wird“. Gärsaft, Silagesickersaft oder verunreinigtes Regenwasser aus dem abgelagerten Gärfutter darf nicht in Grundwasser, Vorfluter oder Kanalisation gelangen. Sie sind über ein sorgfältig geplantes Entwässerungssystem in Auffangbehälter zu leiten und einer geeigneten Verwendung zuzuführen.

Fahrsilos sind in der Regel (unterschiedliche Grenzen, z.B. in Abhängigkeit von der Wandhöhe) von einer Baugenehmigung befreit, unterliegen aber Anzeigepflichten bzw. behördlichen Entscheidungen nach anderen Vorschriften. Sie sind z.B. nach dem Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalens (LWG, § 20) der unteren Wasserbehörde Kreisverwaltung/Stadtverwaltung mit den entsprechenden Planunterlagen anzuzeigen. In Wasserschutz- oder Heilquellenschutzgebieten sind meist weitergehende Befreiungen zu beantragen. In Überschwemmungsgebieten sind Fahrsilos unzulässig. Der Abstand zu Gewässern sowie zu bestehenden Brunnen der privaten Trinkwasserversorgung sollte mehr als 50 m betragen (derzeit differierende Länderregelungen). Die Unterkante des tiefsten Teiles eines Fahrsilos muss mindestens 1 m über dem höchsten zu erwartenden Grundwasserspiegel liegen.

### Entwässerungskonzept für ein Fahrsilo mit getrennten Ableitungssystemen

Stand: 03/2010

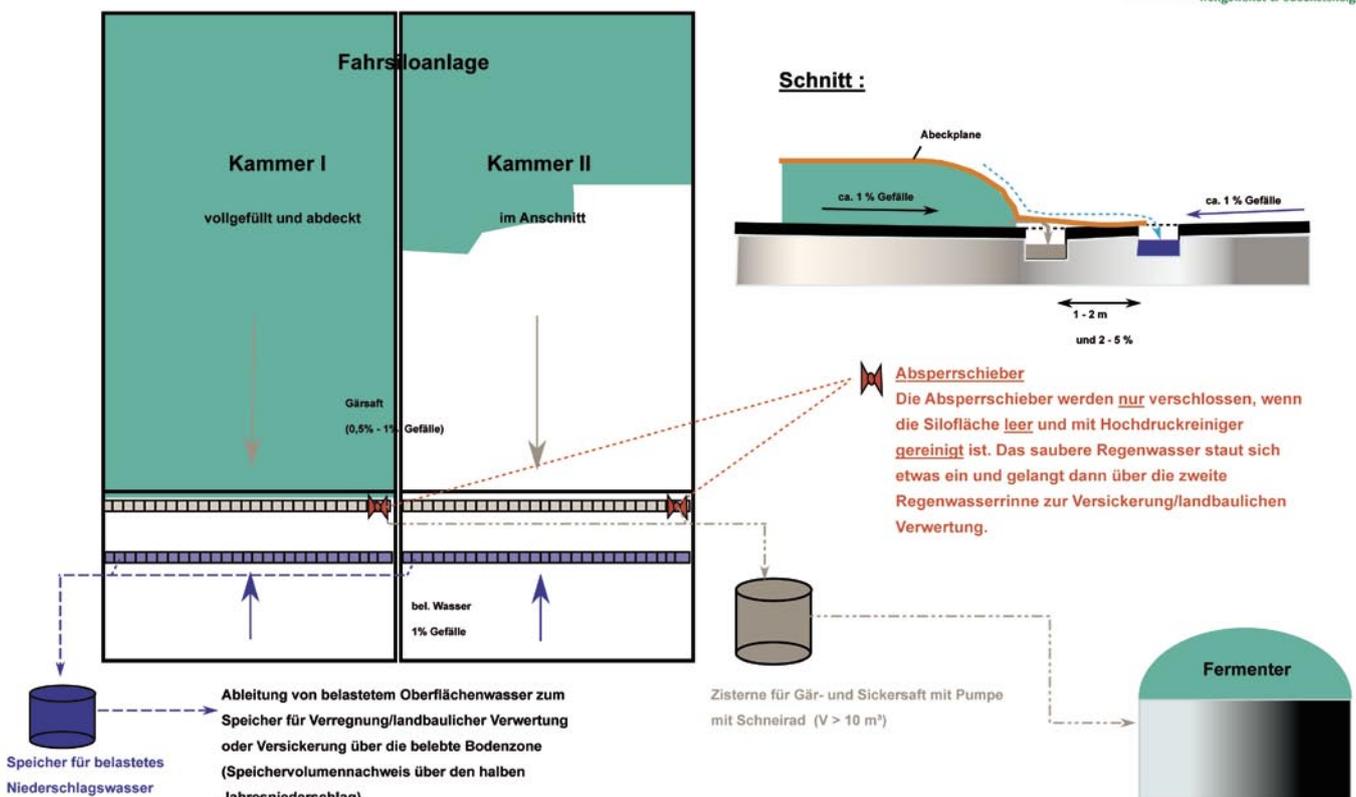


Bild 6: Beispiel eines Entwässerungskonzepts für einen Fahrsilo mit getrennten Ableitungssystemen [5]

Beim Betrieb eines Fahrsilos sind folgende Grundsätze zu beachten, die abhängig vom jeweiligen Bundesland in verschiedenen Erlassen oder Merkblättern und Empfehlungen niedergelegt sind, z.B. [4]:

- Bodenplatten, Ablaufrinnen und Rangierflächen ständig sauber halten
- Futterstock einschließlich Anschnittflächen vor eindringendem Niederschlagswasser sorgfältig schützen
- Gärstaft, Sickersaft und belastetes Niederschlagswasser auffangen und sammeln

Niederschlagswasser aus abgedeckten oder leeren und gereinigten Fahrsilos soll nicht in Auffangbehälter eingeleitet werden. Es kann meist direkt einer Versickerung oder der örtlichen Straßenentwässerung zugeführt werden. Länderregelungen sind zu beachten.

In Bild 6 ist beispielhaft ein Entwässerungskonzept für einen Fahrsilo mit getrennten Ableitungssystemen dargestellt [5]. Weitere Hinweise für eine umweltgerechte Fahrsiloplanung sind z.B. [6] zu entnehmen.

Bei der Planung und Bauausführung von Gärfutter-Flachsilos ist weiterhin zu beachten, dass nur Bauprodukte (z.B. Rohrleitungen, Fugenabdichtungen, Beschichtungen) eingesetzt werden, für die bauordnungsrechtliche Verwendbarkeitsnachweise für den Anwendungsbereich „Anlagen zum Lagern und Abfüllen von Jauche, Gülle und Silagesickersäften“ vorliegen [7]. Falls diese Nachweise nicht vorliegen, was leider häufig noch der Fall ist, ist die Verwendbarkeit, insbesondere die Beständigkeit gegen Silagesickersaft, gegenüber der Wasserbehörde im Einzelfall nachzuweisen. In Rheinland-Pfalz haben sich beispielhaft Vertreter der Wasserwirtschaft und der Landwirtschaftskammer für einen Übergangszeitraum darauf verständigt, dass auf einen Verwendbarkeitsnachweis in Form einer allgemein bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) verzichtet wird, wenn fachkundige Personen gemäß Bescheinigung der Ingenieurkammer Rheinland-Pfalz mit der Planung eines Fahrsilos beauftragt werden. Sollten jedoch zugelassene Bauprodukte auf dem Markt sein, müssen diese verwendet werden. Diese Vereinbarung soll in RLP so lange gelten, bis bundeseinheitliche Regelungen in Kraft treten [8].

#### 4. Ursachen von Betonschäden

##### Schadenserkenntnis und Schadensdiagnose

Die typischen Merkmale einer Schadensentwicklung an den Stahlbetonwänden eines Fahrsilos sind in den meisten Fällen schon für den baufachlichen Laien und ohne besondere Hilfsmittel erkennbar (Tafel 2). Dennoch ist es zu empfehlen, bei der Entdeckung eines Bauschadens einen in der Instandsetzung erfahrenen Fachmann (in der Instandsetzungs-Richtlinie „sachkundiger Planer“ genannt) zu Rate zu ziehen. Er wird neben den offensichtlichen auch verborgene Schäden sicher erkennen, aufnehmen und werten. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse (Schadensursache, Intensität des Schadens und räumliche Ausweitung des Schadens) wird er beurteilen, wie dringlich eine Instandsetzung ist und das jeweils geeignete Verfahren für eine wirtschaftliche und dauerhafte Instandsetzung vorschlagen. Der Rat des Fachmannes ist auch im Hinblick auf Gewährleistungsfragen wertvoll.

##### Tafel 2: Merkmale einer Schadensentwicklung an Stahlbetonoberflächen von Behälterwänden

- Auffällige Häufung von Rissen bzw. einzelne flüssigkeitsdurchlässige Risse
- Abzeichnung von Zonen erhöhter Porosität nach Einwirkung von Feuchtigkeit
- Rostfahnen
- Hauptrisse im Bewehrungsverlauf
- Aufwölbungen und Abplatzungen über rostender Bewehrung
- Auslaufende Sickersäfte

Zur Herstellung von Fahrsilos in der Ortbetonbauweise wird heute fast ausschließlich Transportbeton verarbeitet. Damit wird ein güteüberwachter Baustoff verwendet, der auf Dauer die an ihn gestellten Anforderungen erfüllt. Wird aber schon bei der Bestellung des Transportbetons nicht auf die vorgenannten Forderungen geachtet und enthält z.B. der angelieferte Beton Gesteinskörnungen minderer Qualität, so ist mit Schäden zu rechnen. Tafel 3 listet die häufigsten Schäden und deren Ursachen am Beton von Gärfutter-Flachsilos auf und gibt zudem Hinweise zur Schadensvermeidung.

##### Betondeckung der Bewehrung

Die häufigste und zugleich bedeutsamste Schadensursache bei Behältern aus Stahlbeton ist eine zu geringe Überdeckung der Bewehrung mit Beton. Die Ursachen für diesen Mangel sind vielfältig. Typisch sind

- zu geringe Vorgaben des einzuhaltenden Abstandes zwischen Schalung und Bewehrung bei der Planung
- nicht eingehaltene Abmessungen bei den Bügeln für die Bewehrung
- unzureichende Fixierung der Bewehrung in der Schalung durch den Einsatz ungeeigneter Abstandshalter
- fehlende oder zu wenige Abstandshalter
- nicht maßgerechte Aufstellung der Schalung.

In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, dass bei Fahrsilos in Ortbetonbauweise gemäß DIN 11622 mit der Festlegung Expositionsklasse XC 4 ein Nennmaß von  $c_{nom} = 4,0$  cm für die Betondeckung auf der Innen- und Außenseite der Fahrsilowände vorgeschrieben ist, ebenfalls bei bewehrten Bodenplatten. Dementsprechend sind die Abstandshalter zwischen Schalung und Bewehrung auszuwählen und anzubringen. Da in dem Nennmaß ein Vorhaltemaß von 1,5 cm für baustellenbedingte Toleranzen enthalten ist, beträgt das Mindestmaß der Betondeckung 2,5 cm. Warum ist die Einhaltung der Mindestbetondeckung so wichtig? Dies findet zum einen seine Begründung in einem ausreichend kraftschlüssigem Verbund zwischen Bewehrung und Beton, zum anderen aber im Hinblick auf die angesprochenen Oberflächenschäden in einem ausreichenden Schutz der eingelegten Bewehrung vor Korrosion (s. Bild 4).

Die Bewehrung wird im Beton durch den natürlichen Calciumhydroxidgehalt des Betons und dem damit verbundenen basischen Milieu (pH-Wert > 9) vor Korrosion (Rostbildung) geschützt. Im Laufe der Zeit erfährt der Beton infolge der Einwirkung des Kohlendioxids ( $CO_2$ ) der Luft bei gleichzeitiger Anwesenheit von Wasser/Feuchte eine chemische Veränderung. Dabei wird das im Beton enthaltene wasserlösliche Calciumhydroxid ( $CaOH_2$ ) zu Calciumkarbonat ( $CaCO_3$ ) umgewandelt. Diese Alterung des Betons, Karbonatisierung genannt, erhöht

**Tafel 3: Häufige Schäden bei Gärfutter-Flachsilos, Ursachen und ihre Vermeidung**

Schaden	Ursache	Vermeidung/Abhilfe
zu geringe Betondruckfestigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ungeeignete Betonzusammensetzung</li> <li>■ unerlaubte Wasserzugabe auf der Baustelle bei Transportbeton</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Verwendung von Transportbeton oder Betonfertigteilen gemäß Tafel 1</li> <li>■ weichere Konsistenz mit Fließmittel einstellen</li> <li>■ zur Kontrolle der Druckfestigkeit Herstellung und Prüfung von drei Probewürfeln</li> </ul>
zu geringe Festigkeit der Betonoberfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ fehlender oder zu kurzer Schutz des frisch eingebauten Betons gegen Austrocknung infolge Wind/Sonne</li> <li>■ Pudern, Schlämmen oder zu langes Bearbeiten der frischen Oberfläche der Bodenplatte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sofortige Nachbehandlung des Betons nach Tafel 4; mindestens 7 Tage langes Feuchthalten des Betons empfohlen</li> <li>■ günstig: Besenstrich bei Bodenplatten</li> </ul>
ungenügender Widerstand des Betons gegen kombinierte Frost- und Sicker-saftbeanspruchung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ungeeignete Betonzusammensetzung</li> <li>■ Beton zu porenreich durch zu hohen Wasser-anteil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Luftporenbeton nach Tafel 1 verwenden</li> <li>■ Gesteinskörnungen der Kategorie F<sub>2</sub> bzw. MS<sub>18</sub> einsetzen</li> <li>■ Beschichten des Betons</li> </ul>
Abplatzungen des Betons	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ zu geringe Betondeckung der Bewehrung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ geeignete Abstandshalter verwenden [9]</li> <li>■ Verlegemaß der Bewehrung 4 cm</li> <li>■ Mindestmaß der Betondeckung 2,5 cm</li> </ul>
Risse	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Wände: unsachgemäße Verlegung der Bewehrung oder zu geringe Bewehrungsmengen, Fugenabstände zu groß, fehlende Nachverdichtung, statische Unterbemessung</li> <li>■ Bodenplatte: zu große Fugenabstände, zu spätes Fugenschneiden, zu geringe Dicke, mangelhafte Unterlage, zu frühes Befahren, wenn bewehrt: zu geringe Bewehrungsmenge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ frisch eingebrachten Beton der Wände nachverdichten, solange der Beton noch plastisch verformbar ist</li> <li>■ Fugenabstände Wand/Bodenplatte nicht größer als 5 bis 6 m</li> <li>■ Fugen in der Bodenplatte schneiden, wenn Beton noch nicht vollständig erhärtet ist, i.d.R. einen Tag nach dem Betonieren</li> <li>■ Unterlage möglichst gleichmäßig herstellen und ausreichend verdichten</li> </ul>
Kiesnester	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ nicht fachgerechtes Einbringen des Betons in der Schalung</li> <li>■ unzureichende Verdichtung des Betons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ beim Betonieren der Wände Einfüllschläuche verwenden</li> <li>■ Rüttelflaschen flächendeckend einsetzen; schnell in den Beton senken und langsam herausziehen</li> </ul>
Undichte Fugen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ fehlende oder unsachgemäß verlegte Fugenabdichtung Wand/Sohle</li> <li>■ ungeeignete Fugenfüllstoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fugenplan erstellen</li> <li>■ nur bauaufsichtlich zugelassene Fugenabdichtungen verwenden bzw. Einzelnachweis</li> </ul>
Sickersaft steht im Futterstock	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ kein Gefälle in der Bodenplatte</li> <li>■ Absenken, Verkanten der Bodenplatten durch Mängel in der Unterlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Unterlage der Betonplatte möglichst gleichmäßig herstellen und ausreichend verdichten</li> <li>■ schnelles Abfließen der Sickersäfte durch Gefälle <math>\geq 2\%</math> der Bodenplatte zum Ablauf</li> </ul>

zwar die Dichtigkeit des Betons und damit seine Festigkeit, ist aber gleichzeitig mit einer Absenkung des pH-Wertes verbunden. D.h., der pH-Wert als Maß des Säuregrades des Betons sinkt von ursprünglich 12,5 auf unter 9 in den neutralen Bereich. Mit diesem Verlust der Alkalität entfällt eine der Bedingungen für den dauerhaften Schutz des Bewehrungsstahles im Beton vor Korrosion. In Verbindung mit der in Fahrsilos immer vorhandenen Feuchtigkeit und dem Sauerstoff der Luft wird der Stahl unter diesen Voraussetzungen zu rosten beginnen. Die damit verbundene Volumenvergrößerung des korrodierenden Stahles führt zu einem inneren Sprengdruck und damit zu Rissen und Abplatzungen an der Betonoberfläche.

Die Karbonatisierung des Betons läuft von außen nach innen ab, d.h., die Zerstörung der Betonoberfläche infolge Korrosion der Bewehrung wird umso schneller eintreten, je geringer die Betondeckung ist. Die Schnelligkeit des Vordringens der Karbonatisierung bis zur Bewehrung hängt aber auch von der Dichtigkeit des Betons ab. Je poröser der Beton, umso besser können Gase und Flüssigkeiten in den Beton eindringen. An dieser Stelle ist bereits jetzt auf den großen Einfluss der im Folgenden angesprochenen Nachbehandlung auf die Güte des Betons an der Oberfläche hinzuweisen.

In den Normen untersagt, aber immer wieder zu beobachten, ist die nachträgliche Zugabe von Wasser auf der Baustelle zur

Verflüssigung des Betons. Die vermeintliche Arbeitserleichterung wird durch einen porösen Beton infolge überschüssigen Wassers und damit einer drastischen Verschlechterung aller wesentlichen Betoneigenschaften (Abnahme der Druckfestigkeit, erhöhte Wasserdurchlässigkeit, geringere Beständigkeit gegen Säuren und Frost) erkauft. Ist der Beton vor der Verarbeitung zu steif, dürfen nur zugelassene Fließmittel auf der Baustelle in den Fahrmischer zugesetzt werden.

**Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons**

Bei der Verarbeitung des Betons fallen gelegentlich Schäden auf, die durch die Verwendung eines zu steifen Betons (Kiesnester), ungenügende und unsachgemäße Verdichtung (Kiesnester), Betonieren der Wände in zwei Lagen mit zwischenzeitlichem Umsetzen der Schalung (Betonierfugen) oder zu frühes Ausschalen bereits nach ein oder zwei Tagen (poröse Betonoberfläche) bedingt sind (s. Bild 5).

Von größerer Bedeutung sind allerdings Schäden an der Betonoberfläche infolge fehlender oder ungenügender Nachbehandlung des Betons. Unter der Nachbehandlung eines Betons ist im Wesentlichen der Schutz des noch jungen Betons nach dem Ausschalen vor zu frühem Austrocknen zu verstehen. Art und Dauer der Nachbehandlung sind der DIN 1045-3 zu entnehmen. Übliche Verfahren zur Nachbehandlung sind:

- Belassen des Betons in der Schalung
- Abdecken mit Folien, die an Kanten und Stößen gesichert sind
- Auflegen von wasserspeichernden Abdeckungen (Jutesäcke etc.), die ständig feucht gehalten werden
- Kontinuierliches Besprühen oder Fluten des Betons mit Wasser
- Aufsprühen eines Nachbehandlungsmittels

Die Mindestdauer der Nachbehandlung für Fahrsilos beträgt im günstigsten Fall einen Tag (24 Stunden). In Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen bzw. der Frischbetontemperatur und der Festigkeitsentwicklung des Betons (Betonzusammensetzung) kann die Dauer der Nachbehandlung jedoch 10 Tage oder mehr betragen (Tafel 4). Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit der Temperaturen unter 5 °C zu verlängern.

Das vorzeitige Austrocknen des Betons wirkt sich auf die Güte des oberflächennahen Betons aus. Dabei wird für die Festigkeitsentwicklung des Betons (Hydratation) erforderliches Wasser entzogen. Im Ergebnis wird die Betonrandzone porös und zeigt nur geringe Festigkeiten. Damit wird die zweite entscheidende Voraussetzung für die Dauerhaftigkeit des Stahlbetons nicht erfüllt: eine dichte Überdeckung der Bewehrung. Mit der Folge, dass die Karbonatisierung des Betons ungebremst voranschreiten kann und damit der unverzichtbare Korrosionsschutz im Stahlbeton abgebaut wird. Empfehlenswert ist eine Verdopplung der Nachbehandlungszeit, um die Dauerhaftigkeit der Betonoberfläche weiter zu verbessern.

Halten wir fest: Die Bewehrung von Behälterwänden aus Stahlbeton ist auf Dauer und in der vorgegebenen Nutzungszeit nur dann wirksam vor Korrosion geschützt, wenn

- die Bewehrung genügend dick mit Beton überdeckt ist,
- der Mindestzementgehalt eingehalten wird und
- der Beton ausreichend dicht ist (niedriger Wasserzementwert, sorgfältige Nachbehandlung).

### Instandsetzungsverfahren

Die eigentliche Instandsetzung eines schadhaften Behälters aus Stahlbeton richtet sich nach Ursache und Ausmaß der Schäden. Sie muss von Einzelfall zu Einzelfall entschieden werden. Neben den technischen Gesichtspunkten sind aber auch wirtschaftliche Überlegungen für die Instandsetzung

**Tafel 4: Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen für Gärfutter-Flachsilos**

Morgentliche Oberflächentemperatur des Betons/Lufttemperatur [°C]	Festigkeitsentwicklung des Betons <sup>1)</sup> $r = f_{cm2}/f_{cm28}$			
	schnell $r \geq 0,5$	mittel $r \geq 0,3$	langsam $r \geq 0,15$	sehr langsam $r < 0,15$
$\geq 25$	1	2	2	3
$25 \geq 15$	1	2	4	5
$15 \geq 10$	2	4	7	10
$10 \geq 5$	3	6	10	14

<sup>1)</sup> Die Festigkeitsentwicklung des Betons  $r$  ist dem Lieferschein für den Beton zu entnehmen. Sie errechnet sich aus dem Verhältnis 2-Tage-Druckfestigkeit  $f_{cm2}/28$ -Tage-Druckfestigkeit  $f_{cm28}$  des gelieferten Betons

einzubezieh. Im Folgenden werden aufgrund des Schadensbildes Hinweise für eine Instandsetzung gegeben. Diese Hinweise ersetzen aber in keinem Fall den Rat eines Fachmanns.

Für die Durchführung von größeren Instandsetzungsarbeiten an einem Behälter sollten nur Unternehmen beauftragt werden, die eine entsprechende Qualifikation nachweisen können. Adressen dieser Firmen sind z.B. bei der „Bundesgütegemeinschaft Instandsetzung von Betonbauwerken e.V.“, Berlin, oder den jeweiligen „Landesgütegemeinschaften Betoninstandsetzung und Bauwerkserhaltung“ etc. zu erfragen.

Technische Grundlage für die Instandsetzung von Betonbauwerken ist die Instandsetzungs-Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [10]. Sie besteht aus vier Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze
- Teil 2: Bauprodukte und Anwendung
- Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung
- Teil 4: Prüfverfahren

Die Richtlinie verlangt ein planmäßiges Vorgehen bei der Beseitigung von Mängeln und Schäden an Betonbauwerken und beschreibt die Instandsetzungsprinzipien zur Wiederherstellung eines dauerhaften Korrosionsschutzes sowie die Vorgehensweisen für das Füllen von Rissen und Hohlräumen, das Ausfüllen örtlich begrenzter Fehlstellen, das großflächige Auftragen von Mörtel oder Beton und das Auftragen von Hydrophobierungen, Imprägnierungen (Versiegelungen) und Beschichtungen.

## 5. Instandsetzen von Silowänden

### Kleinflächige Abplatzungen

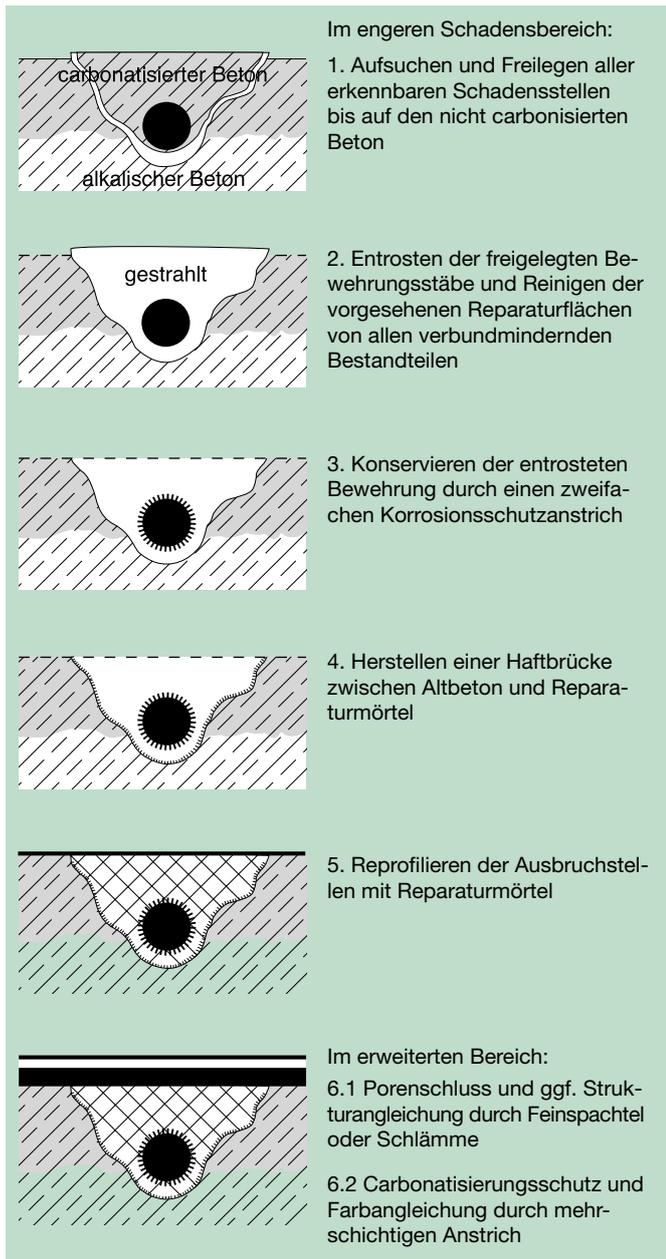
Betonabplatzungen an Behälterwänden sind meist Folge einer Korrosion der darunterliegenden (Bügel-)Bewehrung, die zu wenig Betondeckung besitzt. Typisch sind Rostverfärbungen (Rostfahnen) an dieser Stelle im Beton. Abplatzungen können aber auch über poröse Gesteinskörner oder z.B. durch Holzeinschlüsse auftreten. Besonderes Augenmerk ist auf die Fugen zu richten, da sich an den Seitenflächen der Silowände häufig herstellungsbedingt Abplatzungen des Betons zeigen und sich in deren Folge die Fugenfüllstoffe herauslösen.

Abplatzungen sollten sofort beseitigt werden. Beschränken sich die Abplatzungen auf kleine Flächen und sind sie nicht als Vorboten großflächiger Schäden einzuordnen, so reicht eine punktuelle Behandlung dafür aus. Für die Instandsetzung von Abplatzungen infolge Bewehrungskorrosion ist das übliche Vorgehen in Tafel 5 dargestellt. Für die hier beschriebene „Spachtelmethode“ (Instandsetzungsprinzip C) bieten mehrere Hersteller Instandsetzungssysteme an, die weitgehend ähnlich anzuwenden und zu verarbeiten sind. Hinweise zur weiteren Vorgehensweise siehe [10].

### Großflächige Abplatzungen

Bei der Instandsetzung großflächiger Abplatzungen ist zu unterscheiden, ob diese Schäden nur oberflächennah mit einer geringen Tiefe auftreten (verursacht z.B. durch Frost) oder ob diese Schäden bei Fahrsilowänden tiefer bis zur Bewehrung gehen (verursacht z.B. durch Korrosion der Bewehrung).

**Tafel 5: Arbeitsfolge beim Instandsetzungsprinzip C (Spachtelmethode)**



Bei frostbedingten Erosionsschäden und Abplatzungen minderer Tiefe ist zuerst die Oberfläche des Betons zu reinigen. Dies kann z.B. geschehen durch Abbürsten, Abblasen mit öldruckfreier Luft oder Hochdruckdampfstrahlen. Nicht tragfähiger Zementstein und lose Gesteinskörnungen müssen durch Sand- oder Hochdruckwasserstrahlen (400 bar bis 1200 bar) entfernt werden. Bei ausreichender Untergrundfestigkeit (Haftzugfestigkeit im Mittel  $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ ) kann anschließend die freigelegte Fläche mit einem Beschichtungssystem aufgefüllt werden, bestehend aus

- einer schlämmfähig eingestellten Haftbrücke,
- einem kunststoffmodifiziertem Zementmörtel mit einem auf die Schichtdicke abgestimmten Größtkorn (Verarbeitung auf der Haftbrücke „frisch in frisch“) und
- einer rissüberbrückenden Feinspachtelung zur Oberflächenvergütung.

Bei dieser Ausbesserung ergeben sich Schichtdicken von mindestens 5 mm. Die Instandsetzung kann, je nach Schadens-

umfang, aus Kostengründen auch nur auf den geschädigten Bereich beschränkt werden.

Unabhängig von dieser Instandsetzung kann es bei frostbedingten Schäden sinnvoll sein, die gesamte Behälterinnenfläche mittels einer Imprägnierung zu verfestigen und damit den Frostwiderstand an der Betonoberfläche zu erhöhen. Für diesen Schutz sind z.B. Epoxidharze oder Silikatfarben geeignet. Die Kosten hierfür betragen ca. 12 €/m<sup>2</sup> bis 15 €/m<sup>2</sup>, einschließlich Hochdruckreinigung. An Materialkosten entstehen ca. 5 €/m<sup>2</sup>.

Gehen die Schäden tiefer und sind sie auf eine Korrosion der Bewehrung zurückzuführen, ist das zuvor beschriebene Verfahren zusammen mit der dann zusätzlichen Behandlung der freigelegten Bewehrung (vgl. Spachtelmethode) zwar möglich, aber in den meisten Fällen zu teuer. Als wirtschaftlichere Instandsetzung sollten bei tiefer gehenden großflächigen Schäden

- die Verstärkung der Wand mit Spritzbeton,
- das Anbetonieren einer neuen 10 cm bis 12 cm dicken Betonschale und
- der nachträgliche Einbau von Wandelementen aus Betonfertigteilen

in Betracht gezogen werden. In besonderen Fällen kann auch der Abbruch der Wand und/oder der Bodenplatte und anschließender Neubau die kostengünstigste Lösung sein. Hinweise zur weiteren Vorgehensweise bei Instandsetzungen großflächiger Abplatzungen siehe [11].

**Risse in der Behälterwand**

Fahrsilos müssen aus Gründen des Umweltschutzes auf Dauer dicht sein. Die Dichtheit erfordert neben der Verwendung eines wasserundurchlässigen Betons konstruktive Maßnahmen wie z.B. dichte Fugenausbildungen und hinsichtlich der Dauerhaftigkeit eine ausreichende Bemessung für die Beanspruchungen aus Betrieb und Umwelt. Bei den üblichen Bewehrungsgraden sind Risse nicht generell ausgeschlossen, aber ihre Breite ist dadurch so weit reduziert, dass ein Durchdringen der Wand durch korrosionsfördernde Sickersaftinhaltsstoffe ausgeschlossen und die Dauerhaftigkeit des Fahrsilos gesichert ist. Mit einer Selbstheilung (selbständige Abdichtung von Rissen bei Wasser- oder Güllebeanspruchung) kann bei Gärfuttersilos (Beaufschlagung mit Silagesickersäften) nicht gerechnet werden (Bild 7).



Foto: Richter, Leipzig

Bild 7: Bei flüssigkeitsführenden Rissen erfolgt bei Gärsäuren keine Selbstheilung.

Risse mit einer Breite von 0,2 mm sind auch ohne Hilfsmittel gut sichtbar, insbesondere nach Befeuchten des Betons mit Wasser und anschließendem oberflächigen Abtrocknen. Die genaue Rissbreite kann mit einer Risslupe oder mit einem Linienmaßstab ermittelt werden. Für eine dauerhafte Instandsetzung ist von entscheidender Bedeutung, ob die Risse betontechnologisch und/oder statisch-konstruktiv bedingt sind.

Bei Silowänden sind vor allem gerichtete vertikale oder horizontale Risse sowie flüssigkeitsführende Risse kritisch. Betragen die Rissbreiten mehr als 0,2 mm oder liegen rostende Bewehrungsstähle frei, muss ein sachkundiger Planer hinzugezogen werden, da Standsicherheitsprobleme bestehen können. Er wird über die notwendige Instandsetzung entscheiden, z.B.:

- Tränken der Risse durch mehrmaligen Auftrag von Epoxidharz mit einem Pinsel,
- Aufweiten der Risse mittels Trennscheibe, Einlegen eines runden Füllprofils und Schließen des Risses mit einer säurebeständigen, dehnfähigen Dichtmasse,
- Verpressen der Risse mit Epoxidharz,
- Korrosionsschutz der freigelegten Bewehrung und Ausfüllen der Schadenstellen mit Reparaturmörtel.

Die verwendeten Materialien müssen bauaufsichtlich zugelassen sein, die Herstellervorschriften müssen eingehalten werden. Der hinzugezogene Fachmann entscheidet, ob Eigenleistungen möglich sind oder Fachfirmen die Instandsetzung, insbesondere bei statischen Problemen, übernehmen müssen.

Durch das Füllen von Rissen können folgende Ziele erreicht werden:

- Hemmen oder Verhindern des Zutritts korrosionsfördernder Stoffe in Bauteile durch Risse (*Schließen*)
- Beseitigen von rissbedingten Undichtigkeiten (*Abdichten*)
- Herstellen einer zug- und druckfesten Verbindung beider Rissufer (*kraftschlüssiges Verbinden*)
- Herstellen einer begrenzt dehnfähigen Verbindung beider Rissufer (*dehnfähiges Verbinden*)

Wesentlich für das Füllen von Rissen bei Behältern ist, dass das Füllmaterial leicht in die Risse eindringen und zu den Rissflanken eine dauerhafte Bindung herstellen kann. Letzteres ist zunächst überall dort unwahrscheinlich, wo Sickersaft in die Risse eingetreten ist. Hier muss in einem ersten Arbeitsgang der Riss aufgeweitet und gesäubert werden, um haftungsfähige Rissufer zu erhalten.

Zum *Schließen* feiner, trockener Risse geringer Tiefe ist das Tränken der Risse durch mehrmaliges Auftragen eines dünnflüssigen Epoxidharzes z.B. mit einem Pinsel geeignet. Vor der Tränkung ist die Randzone der Risse zu säubern. Das Auftragen des Harzes wird in drei bis fünf Minuten wiederholt und solange fortgesetzt, bis kein Harz mehr in den Riss eindringt (Materialkosten rund 5 €/m).

Für das *Abdichten und Verbinden* von Rissen muss eine Rissfüllung injiziert werden. Das Verpressen von Injektionsharz oder Zementleim geschieht unter Druck mit Hilfe von Einfüllstutzen, Packer genannt. Verpressarbeiten dürfen nur von Fachfirmen ausgeführt werden. Um einen Riss zu verpressen, werden ca. 100 €/m verlangt. Die reinen Materialkosten für das Harz betragen 5 €/m bis 15 €/m.

Für das *dehnfähige Verbinden* von Rissen sind nur Polyurethanharze geeignet. Sie sind feuchtigkeitsunempfindlich und werden deswegen bei Behältern, deren Risse meist feucht sind, auch zum Schließen und Abdichten verwendet. Für ein *kraftschlüssiges Verbinden* der Risse dürfen nur Epoxidharze (trockene Rissufer erforderlich) oder Zementleim verpresst werden.

## 6. Instandsetzen von Bodenplatten

Die Bodenplatte von Gärfutter-Flachsilos wird in der Regel aus unbewehrtem Beton, gelegentlich auch bewehrtem Beton, mit einer Mindestdicke von 18 cm hergestellt. Voraussetzung für eine stabile Lage der Betonplatte ist ein tragfähiger Untergrund sowie eine mindestens 15 cm dicke Tragschicht aus gebrochenen oder ungebrochenen Gesteinskörnungen, die mit Walzen oder Rüttelplatten bei geeigneter Feuchte zu verdichten sind. Um die Reibung zwischen Bodenplatte und Tragschicht und damit die Rissgefahr durch behinderte Dehnungen/Verkürzungen infolge Temperaturunterschiede und Schwinden des Betons zu verringern, ist unter der Bodenplatte eine Gleitschicht aus zwei Lagen Kunststoffolie von je 0,3 mm Dicke auszulegen. Untergrund und Tragschicht sind im Gefälle der späteren Betonoberfläche (ca. 1 % bis 3 %) anzulegen.

Zur Vermeidung ungeplanter Risse wird die unbewehrte Bodenplatte durch Fugen in möglichst quadratische Platten unterteilt, wobei die Fugen als Arbeitsfugen (Pressfugen) zwischen den einzelnen Betonierfeldern oder nachträglich als Scheinfugen ausgeformt werden. Die Fugenabstände sollten bei der vorgenannten Mindestdicke 6 m nicht überschreiten. Die Kerben für die Scheinfugen (vorzugsweise Querfugen) können mit Hartfaserstreifen in den frischen Beton eingerüttelt oder mittels Folie und T-Profil eingedrückt oder in den erhärtenden Beton eingeschnitten werden. Die Tiefe der Kerbe sollte mindestens ein Drittel der Betondicke betragen.

### Verschleiß und großflächige Abplatzungen

Instandsetzungsmaßnahmen an einer Bodenplatte setzen eine Bestandsaufnahme eventueller Schäden oder des Verschleißes durch Gebrauch voraus. Im Vergleich zu den Silowänden werden Bodenplatten stärker beansprucht. Platzt Beton bis in tiefere Schichten ab oder ist das Betongefüge gestört und Gesteinskörnungen lösen sich, sind zwei Instandsetzungswege möglich:



Foto: BetonBild

Bild 8: Vorbereitung des Untergrundes, z.B. mit Kugelstrahlen

- Aufbringen eines Estrichs im Verbund mit dem alten Beton
- Aufbringen von Beton auf einer Trennschicht

Ein **Verbundestrich** erfordert eine ausreichende Haftzugfestigkeit (Oberflächenfestigkeit) des Altbetons. Ansonsten kann es leicht zu Hohlstellen kommen, die bei mechanischer Belastung wiederum zu Schäden in der Estrichschicht führen können. Der Ablauf der Instandsetzung ist nachfolgend skizziert:

1. Verschmutzungen, Altanstriche, absandende oder mürbe Schichten abtragen, bis zu einem tragfähigen Untergrund (Hochdruckwasserstrahlen, Sandstrahlen, Kugelstrahlen) und Abkehren der Bodenfläche (Bild 8).
2. Prüfen der Haftzugfestigkeit; sie soll im Mittel der Fläche > 1,5 N/mm<sup>2</sup> betragen. Steht kein Messgerät zur Verfügung, kann in einem Vorversuch eine Fläche von 1 m<sup>2</sup> bis 2 m<sup>2</sup> mit Verbundestrich belegt und nach drei bis vier Wochen die Fläche auf Hohllagen mit dem Hammer abgeklopft werden. Treten Hohlstellen auf, muss auf Trennschicht betoniert oder evtl. der Untergrund intensiver behandelt werden. Eine weitere einfache Prüfung ist das Ritzen des gestrahlten Altbetons mit einem Nagel oder Metallstift (Schraubendreher): Lösen sich beim Ritzen Zementstein und Gesteinskörnungen, kann kein sicherer Verbund gewährleistet werden.
3. Altbeton ca. 24 h vor dem Betonieren vornässen. Während des Betonierens muss der Beton feucht (dunkelgrau) sein. Es dürfen keine Pfützen auf der Fläche stehen.
4. Intensives Einbürsten einer Zementschlämme als Haftbrücke zwischen Alt-Beton und Estrich. Sie besteht zu gleichen Teilen aus Zement und Sand mit 2 mm Größtkorn und wird mit Wasser zu einem dickflüssigen Brei angerührt. Zur Verbesserung der Haftwirkung werden im Baustoffhandel Kunststoffemulsionen zum Einmischen in die Zementschlämme oder kunststoffvergütete Fertigprodukte angeboten.
5. Aufbringen des Zementestrichs der Festigkeitsklasse C35-F5 (früher ZE 30) oder noch besser C45-F6 (früher ZE 40), 3 cm bis 4 cm dick, mit einem Größtkorn von 4 mm oder 8 mm. Zementestriche werden sowohl als Trockenestrich angeboten (gesackt oder in Silos) als auch fertig gemischt von Transportbetonwerken. Die Konsistenz ist steif bis plastisch

einzustellen. Der Auftrag muss frisch-in-frisch auf der Haftbrücke erfolgen. Ist die Haftbrücke schon erstarrt, kommt kein Verbund zustande.

6. Fugen müssen dort angeordnet werden, wo sie auch im Altbeton vorhanden sind. Die Fugen sind mit zugelassenen Abdichtungsmaterialien zu verschließen.

Weitere Einzelheiten sind z.B. [11] zu entnehmen.

Bei ungenügender Festigkeit des Altbetons ist das Aufbetonieren einer neuen Betonplatte auf Trennschicht mit den folgenden Arbeitsschritten zu empfehlen:

1. Abkehren der Bodenfläche von losen Bestandteilen und Ausgleichen von Unebenheiten, z.B. mit Sand.
2. Auflegen der Trennschicht, z.B. aus Silofolie oder PE-Folie > 0,2 mm Dicke. Günstig sind zwei Lagen, senkrecht zueinander verlegt. Die Stoßüberlappung sollte mindestens 25 cm betragen.
3. Aufbringen eines Betons entsprechend Tafel 1, mindestens 8 cm, besser 10 cm dick. Eine Bestellung beim Transportbetonwerk könnte lauten:  
*..... m<sup>3</sup> Beton für eine Bodenplatte eines Gärfutter-Flachsilos, Expositionsklassen XA3, XF4, (nur bei bewehrtem Beton XC4) der Festigkeitsklasse C30/37 mit Luftporen, Feuchtigkeitsklasse WF, Größtkorn 16 mm, Konsistenz F4 (sehr weich) oder F5 (fließfähig)...*
4. Verdichten des Betons entsprechend der gewählten Einbaukonsistenz mit Rüttelbohle oder Rüttelpatsche
5. Fugen der vorhandenen Betonplatte in die neue Bodenplatte übernehmen und mit zugelassenen Abdichtungsmaterialien verschließen.

Günstig ist bei beiden Varianten das Abziehen und Verdichten des Betons bzw. Estrichs durch eine Rüttelbohle. Schalbretter können als Höhenlehre dienen. Überschüssiges Wasser und Zementschlämme auf der Oberfläche des Betons sollten mit einem Besenstrich entfernt werden, möglichst in Gefälledirection. Mit dem Feuchthalten des Betons muss begonnen werden, solange der Beton noch nicht ausgetrocknet, also

**Tafel 6: Vergleich von Bodenplattenvarianten einschließlich Instandsetzung nach [13] (Auszug, Preise aktualisiert)**

Belagsaufbau	Beton	Beton & Epoxidharz	Beton & Splittmastixasphalt SMA	Beton & Gussasphalt GA
	16 cm	16 cm & EP	12 cm & 4 cm SMA	12 cm & 3 cm GA
Lebensdauer der gesamten Anlage	25	25	25	25
Instandsetzung nach 15 Jahren	Ausbessern der Oberfläche, neuer Betonbelag, 10 cm	Ausbessern der Oberfläche, neue Beschichtung	Abfräsen und Auswechseln der Deckschicht	Entfernen und Auswechseln der Deckschicht
Gesamtkosten <sup>1)</sup> in %	100	125	113	131
Erstellungskosten (SFr./m <sup>2</sup> )	95	155	113	133
Reparaturkosten <sup>2)</sup> (SFr./m <sup>2</sup> )	10			
Instandsetzungskosten <sup>3)</sup> (SFr./m <sup>2</sup> )	56	20	59	74
<b>Beurteilung</b>				
Tragfähigkeit	hoch			
Oberfläche	Nach kurzer Zeit stark angegriffen	Glatte Oberfläche erleichtert die Reinigung	Gute chemische Beständigkeit	Gute chemische Beständigkeit
Volumenverlust	5 bis 8 %, je nach Silohöhe	keiner		
Eigenleistungen	Vollständig in Eigenbau möglich		Nur Tragschicht (Beton) in Eigenbau möglich	

<sup>1)</sup> Gesamtkosten nach 25 Jahren Erstellung, Instandsetzung und Reparatur inkl. Verzinsung 4 %; Preisbasis Schweiz (1 Sfr. = 0,88 €)

<sup>2)</sup> Zwischenzeitliche Reparaturkosten nach 10 Jahren

<sup>3)</sup> Instandsetzen der Bodenplatte nach 15 Jahren

dunkelgrau ist. Es empfiehlt sich das Abdecken des frisch eingebauten Betons mit Folie über mindestens 7 Tage. Auch das Aufsprühen flüssiger Nachbehandlungsmittel kann dem Beton optimale Erhärtungsbedingungen verschaffen und ihn vor zu schnellem Auskühlen, Austrocknen und Auswaschungen durch Niederschläge schützen [12].

Bei Ausführung durch Fachfirmen fallen für eine 4 cm dicke Estrichschicht 15...30 €/m<sup>2</sup>, bei 8 cm Betondicke 20...35 €/m<sup>2</sup> an Kosten an.

Eine Instandsetzung der Beton-Bodenplatte ist auch durch den Auftrag einer 3 cm bis 4 cm dicken Deckschicht aus Splittmastixasphalt (SMA) oder Gussasphalt (GA) möglich. Dazu muss allerdings die vorhandene Betonbodenplatte einige Zentimeter tief abgefräst werden. Technische Hinweise hierzu sowie Kostenvergleiche der unterschiedlichen Instandsetzungsverfahren sind z.B. in [13] zu finden.

### Risse

Risse kommen in Bodenplatten für Fahrsilos in unterschiedlicher Breite und Tiefe vor. Bei Rissen bis 0,1 mm Breite sollte im Allgemeinen nur von einer optischen Beeinträchtigung ausgegangen werden. Bei durchgehenden Rissen in der Betonplatte dringt Sickersaft oder Niederschlagswasser in die Unterlage ein und beeinflusst bei frostempfindlichen Böden die Tragfähigkeit des Untergrundes ungünstig. Außerdem können Verunreinigungen des Grundwassers auftreten. Durchgehende Risse in geringen Abständen können zur Plattenerstörung führen.

Ursachen für Risse in Bodenplatten können sein:

- Verformung, Erosion der Unterlage oder ungenügende Tragfähigkeit des Untergrunds z.B. als Folge ungenügender Verdichtung oder mangelhafter Entwässerung der Unterlage
- Ungeeignete Abmessungen der Betonplatten, z.B. bei einem Verhältnis Länge zu Breite > 1,5 oder zu große Fugenabstände
- zu geringe Dicke der Bodenplatte z.B. als Folge einer unebenen Unterlage
- zu spätes Schneiden der Scheinfugen z.B. bei starker nächtlicher Abkühlung des erhärtenden Betons
- zu geringe Betonfestigkeit und oder Überbeanspruchung durch schwere Belastungen
- zu große Vertikalbewegungen der Bodenplatten durch Nachsetzungen im Unterbau

Die Notwendigkeit oder die Art der Behandlung von Rissen in Bodenplatten richtet sich nach der Rissbreite, ihrer Lage und danach, ob Bewegungen an Rissen auftreten können. Risse > 0,2 mm sollten durch Schneiden oder Fräsen erweitert und anschließend mit zugelassenen, heiß verarbeitbaren Fugenmassen verfüllt werden. Beim Erweitern sollten die Rissflanken möglichst in ihrer Gesamtheit erfasst werden. Sie werden dann wie Fugen im Neubau behandelt.

Wandern infolge eines Risses Betonplattenteile auseinander, können diese durch nachträglich einzusetzende Stahl-Anker, wie im Wege- und Straßenbau üblich, fixiert werden. Sollte eine Ausbesserung der Risse aufgrund der Art und Häufigkeit nicht mehr sinnvoll sein, ist eine Erneuerung der betroffenen Betonplatte vorzunehmen.

## 7. Anstriche und Beschichtungen

Anstriche und Beschichtungen können einen ordnungsgemäßen Beton nicht ersetzen. Zum einem benötigen sie einen gesunden Beton, um fest zu haften, zum anderen ist ihre Dauerhaftigkeit durch mechanische und chemische Belastung, besonders auf Bodenplatten, stark eingeschränkt. Durch Risse bzw. Abplatzungen in der Beschichtung muss der Beton dann doch den Angriffen beim Silieren widerstehen. Zusätzlich belastet ein Abstrahlen des Betons vor dem Neuauftrag von Beschichtungen die Oberfläche. Leider gibt es z.Zt. keine neutrale Qualitätsprüfung der Produkte. Produkte mit – rechtlich eigentlich erforderlicher – allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung gibt es (noch) nicht. Landwirte sollten sich jedoch beim Hersteller bzw. Händler nach der Zulassung, betriebsinternen Qualitätsprüfungen zur Dauerhaftigkeit und Zertifikaten über die Unbedenklichkeit für Tiere erkundigen bzw. von erfahrenen Bauingenieuren beraten lassen. Entscheidet man sich für einen zusätzlichen Schutz des Betons, müssen Lebensdauer, Materialkosten und Arbeitsaufwand berücksichtigt werden.

Eine einfache Möglichkeit zum Schutz des Betons kann ein regelmäßiger Anstrich mit einer bitumenhaltigen Farbe sein. Die Haltbarkeit dieser „Schwarzanstriche“ beträgt allerdings in der Regel nicht mehr als ein bis zwei Jahre. Es entstehen hierfür Kosten in Höhe von 2 €/m<sup>2</sup> bis 4 €/m<sup>2</sup>. Beständigere Anstriche beruhen auf Zwei-Komponenten-Systemen, die vor ihrer Verarbeitung gemischt werden müssen. Sie sind jedoch wesentlich teurer und im Hinblick auf den Gesundheitsschutz aufwändiger zu verarbeiten.

Vergleichende Untersuchungen fanden z.B. am Institut für Landtechnik in Weihenstephan statt. Bei Vergleichsrechnungen über 20 Jahre Nutzungsdauer zeigen Bitumenanstriche bzw. Kunststoffdispersionen Vorteile, wenn nur der Materialpreis in Rechnung gestellt wird. Bei Berücksichtigung des Arbeitsaufwandes sind langlebigere Beschichtungen, z.B. auf PUR- oder EP-Basis, im Vergleich zu Bitumenanstrichen im Allgemeinen kostengünstiger. Neben der Stoffbasis haben die Produktqualität des jeweiligen Herstellers, die aufgebrachte Schichtdicke und die Verarbeitungsqualität (z.B. Haftverbund zum Betonuntergrund) wesentlichen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit der Beschichtung.

Dicke Schutzschichten, die zugleich Verschleißschichten sind, könnten bei Siloböden in den nächsten Jahren an Bedeutung gewinnen. Hierzu gehören kunststoffmodifizierte Mörtel und Betone oder Asphaltsschichten als Verschleißschicht, bei denen ein kalkulierter Abtrag eingeplant wird, ohne dass die Nutzungsfähigkeit des Silobodens verloren geht.

## 8. Schrifttum

- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG), Fassung vom 31.7.2009
- DIN 1045-1 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion (zukünftig DIN EN 1992 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken)
- DIN 1045-3 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung (zukünftig zusammen mit DIN EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton)

- DIN 4030-1 Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Grundlagen und Grenzwerte
- DIN 11 622 Gärfuttersilos und Güllebehälter
- DIN 18 551 Spritzbeton, Herstellung und Prüfung
- DIN EN 206-1 Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität zusammen mit DIN 1045-2 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1
- DIN EN 1504 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken
- DIN EN 12620 Gesteinskörnungen für Beton

- [1] Richter, W.; Rößl, G.: Höhere Verluste bei nicht abgedeckten Silos. Biogas-Journal (2011) Heft 2, S. 86–88
- [2] Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkali-reaktion im Beton (Alkali-Richtlinie). Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin 2007-02 sowie Berichtigungen 2010-04 und 2011-04
- [3] Zement-Merkblatt LB 6: Planung und Bau von Gärfutter-Flachsilos aus Beton. Ausgabe 2000-09. Download unter [www.beton.org](http://www.beton.org), Fachinformationen
- [4] Merkblatt Fahrsilos. Rheinland-Pfalz, Struktur- und Genehmigungsdirektionen Nord und Süd. Stand 2009-03
- [5] Entwässerungskonzept für ein Fahrsilo mit getrennten Ab-leitungssystemen. Kreis Gütersloh, Stand 2010-03
- [6] Musterblatt Fahrsiloanlage der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bearbeiter: Müller/Nienhaus, Bau-beratung Mittelrhein. Stand 2007-04
- [7] Bauregelliste. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin. Aktuelle Fassung 1/2011
- [8] Annäherung bei Fahrsiloanlagen. Informationen der Land-wirtschaftskammer Rheinland-Pfalz, [www.lwk-rlp.de](http://www.lwk-rlp.de), 19.8.2010, bzw. Rheinische Bauernzeitung vom 1.5.2010
- [9] Merkblatt Abstandhalter. Deutscher Beton- und Bautech-nikverein. Berlin 2011
- [10] Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instand-setzungsrichtlinie). Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Berlin 2001

- [11] Hersel, O.: Schutz und Instandsetzen von Güllebehältern aus Stahlbeton. Bauen für die Landwirtschaft 48 (2010) Heft 2, S. 7–16
- [12] Zement-Merkblatt B 19: Zementestriche. Ausgabe 2010-08. Download unter [www.beton.org](http://www.beton.org), Fachinformationen
- [13] Walzasphaltböden, eine Alternative für Gärfuttersilos? FAT Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrar-wissenschaft und Landtechnik. Tänikon (CH) (1999) Heft 543

#### Weiteres, nicht zitiertes Schrifttum

- Hersel, O.; Kind-Barkauskas, F.; Klose, N.; Peck, M.; Richter, T.; Schäfer, W.: Stahlbetonoberflächen – schützen, erhalten, instandsetzen. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf 2009
- Petscharnig, F.: Beschichtungen für Beton in der Land-wirtschaft. Bauen für die Landwirtschaft, 47 (2009) Heft 1, S. 14–18
- Richter, T.: Beton für Biogasanlagen, Bauen für die Land-wirtschaft 45 (2007) Heft 1, S. 11–15
- Neubau und Sanierung von Gärfuttersilos, 2008. Down-load unter [www.alb-hessen.de](http://www.alb-hessen.de)
- Behle, T. und Ohe, H.: Walzasphalt zur Abdichtung land-wirtschaftlicher Fahrsiloanlagen, asphalt (2008) Heft 3, S. 2–8
- Menning, J.: So gelingt die Sanierung maroder Fahrsilos, top Spezial (2001) Heft 8, S. 17–20
- Epinatjeff, P.; Havenith, D.: Instandsetzung von Gärfutter-Flachsiloanlagen. Bauen für die Landwirtschaft 38 (2000) Heft 1, S. 26–30
- Richter, T.: Instandsetzen von Gärfutter-Flachsilos. Bauen für die Landwirtschaft 37 (1999) Heft 1, S. 22–24
- Boxberger, J. u.a.: Stallmist fest und flüssig, Entmisten – Lagern – Ausbringen. Beton-Verlag. Düsseldorf 1994

#### Anmerkungen zu den Preisangaben

Die angegebenen Preise verstehen sich einschl. MwSt. und können je nach Konjunktur, Region, Jahreszeit oder Auftrags-umfang erheblich voneinander abweichen. Sie sind somit nur Anhaltswerte.

## BetonMarketing Deutschland

BetonMarketing Deutschland GmbH  
Steinhof 39  
40699 Erkrath  
bmd@betonmarketing.de

## Kontakt und Beratung vor Ort

### BetonMarketing Nord

BetonMarketing Nord GmbH  
Anderter Straße 99D  
30559 Hannover  
Telefon 0511 554707-0  
hannover@betonmarketing.de

### BetonMarketing Ost

BetonMarketing Ost  
Gesellschaft für Bauberatung und Marktförderung mbH  
Teltower Damm 155  
14167 Berlin-Zehlendorf  
Telefon 030 3087778-0  
mailbox@bmo-berlin.de

### BetonMarketing Süd

BetonMarketing Süd GmbH  
Gerhard-Koch-Straße 2+4  
73760 Ostfildern  
Telefon 0711 32732-200  
info@betonmarketing.de

Beethovenstr. 8  
80336 München  
Telefon 089 450984-0  
info@betonmarketing.de

### BetonMarketing West

BetonMarketing West  
Gesellschaft für Bauberatung und Marktförderung mbH  
Annastraße 3  
59269 Beckum  
Telefon 02521 8730-0  
info@bmwest.de