

1 | 2009



Bauen für die Landwirtschaft

Schweinemastanlage Schortewitz / Wegebau / Biogas

Bauen für die Landwirtschaft

Heft Nr. 1, 47 (2009)
ISSN 0171-7952

Autoren:

Anke Koch
Graakjaer GmbH
Berliner Str. 2
07545 Gera

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Meißner
Leiter Arbeitsausschuss Ländliche Wege der
Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Verkehrswesen
Vogelrainstr. 5
70199 Stuttgart

Dr.-Ing. Thomas Richter
BetonMarketing Ost
Gesellschaft für Bauberatung und
Marktförderung mbH
Teltower Damm 155
14167 Berlin

Guido Runkel
Dennert Poraver GmbH
Veit-Dennert-Str. 7
96132 Schlüsselfeld

Dipl.-Ing. Claudia Wolfgram
Landgesellschaft Sachsen-Anhalt mbH
Große Diesdorfer Str. 56/57
39110 Magdeburg

Herausgeber:
BetonMarketing Deutschland GmbH
Steinhof 39, 40601 Erkrath
Tel.: 0211 28048-1, Fax: 0211 28048-320
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

Andrea Koenen
Verlag Bau+Technik GmbH
Tel.: 02 11 / 9 24 99-52

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 Rück-
sendung.

Druck und Litho: Loose-Durach GmbH, Remscheid

Themenheft: Schweinemastanlage Schortewitz / Wegebau / Biogas

S. 3

Stallbauplanung am Beispiel der Schweinemastanlage Schortewitz

Claudia Wolfgram

Am Beispiel einer in Sachsen-Anhalt errichteten Schweinemastanlage für 3 840 Tierplätze werden aus Sicht des Planers und Betreuers des Landwirts die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Genehmigung von Tierhaltungsanlagen erläutert. Am Standort Deutschland neue Ställe zu errichten, wird immer schwieriger. Der Beitrag zeigt Lösungsansätze für eine trotzdem erfolgreiche Genehmigungs- und Bauplanung auf.

S. 7

Schlüsselfertiger Stallbau am Beispiel der Schweinemastanlage in Schortewitz

Anke Koch

Die Schweinemastanlage wurde schlüsselfertig für die Landwirte erstellt. Die baulichen und verfahrenstechnischen Lösungen werden beschrieben. Zur Ausführung kam eine Stallhülle aus Beton-Fertigteilwänden und ein Vollspaltenboden auf Güllewannen. Die notwendigen Luftwechselraten sichert eine Unterdrucklüftung über den Dachraum. Die Fütterung erfolgt über ein Flüssigsystem.

S. 10

Ställe mit Leichtbeton-Massivwänden

Guido Runkel

Seit einigen Jahren bewähren sich in Norddeutschland Ställe mit Leichtbeton-Massivwänden, die unter Verwendung von leichtem und wärmedämmendem Blähglas hergestellt werden. Sie werden sowohl für die Schweinemast als auch die Geflügelhaltung eingesetzt.

S. 11

Bau und Erhaltung ländlicher Wege

Hans-Dieter Meißner

Ländliche Wege erschließen den ländlichen Raum und dienen überwiegend dem land- und forstwirtschaftlichen Verkehr. Für den Entwurf, den Bau und die Unterhaltung sind eigene Regelwerke erforderlich. Wegen der immer größeren und breiteren in der Landwirtschaft eingesetzten Maschinen und Transportfahrzeuge ist eine Fortschreibung des Regelwerks zur Bemessung und Konstruktion ländlicher Wege erforderlich.

S. 15

Beton für Behälter in Biogasanlagen – Zement-Merkblatt Landwirtschaft LB 14

Thomas Richter

Die Vergärung organischer Produkte wie Gülle oder nachwachsende Rohstoffe stellt besondere Anforderungen an die für Fermenter (Gärbehälter) eingesetzten Baustoffe. Ausgehend von den Beanspruchungen beim Gärprozess werden technisch günstige und dauerhafte Betonbauweisen vorgestellt.

Titelbild:

Schweinemastanlage Schortewitz, siehe Beiträge auf S. 3 und 7

(Foto: Thomas Richter, BetonMarketing Ost)

Stallbauplanung am Beispiel der Schweinemastanlage Schortewitz

Von Claudia Wolfgram, Magdeburg

Zwölf Jahre war Landwirt Gerhard Meyer aus Schortewitz (Sachsen-Anhalt) in der Sauenhaltung und Ferkelaufzucht tätig. Mit den Jahren sanken die Erlöse für Ferkel allerdings immer stärker – so stark, dass Sohn Gerrit Meyer nicht ohne Weiteres bereit war, den Betrieb mit 490 Sauen und 11 500 abgesetzten Ferkeln im Jahr zu übernehmen. Um auf Marktschwankungen in der Schweinehaltung besser reagieren zu können und eine zusätzliche Einkommensquelle zu erschließen, wollten Meyers die im Sauenzuchtbetrieb des Vaters erzeugten Ferkel selbst mästen – Stichwort „geschlossenes System“. Als Standort für den Neubau der Mastanlage bot sich ein betriebseigenes Grundstück an. Zur Bewältigung des Vorhabens wurden zwei eigenständige Landwirtschaftsbetriebe gegründet (Einzelunternehmen; Vater-Sohn-GbR).

Das Konzept

Meyers entschlossen sich dazu, eine neue Schweinemastanlage mit insgesamt 3 840 Tierplätzen im Außenbereich der Gemeinde Schortewitz zu errichten, Bilder 1 bis 3. Schortewitz mit seinen rund 700 Einwohnern gehört zum sachsen-anhaltischen Landkreis Anhalt-Bitterfeld. Als Standort konnte ein betriebseigenes Grundstück genutzt werden, das am Rand der Gemeinde liegt. Der Neubau der Schweinemastanlage umfasste folgende Einzelmaßnahmen:

- Neubau von zwei Mastställen in Beton-Fertigteilbauweise mit jeweils 1 920 produktiven Tierplätzen, Bild 4
- Neubau eines Güllelagers mit 3 500 m³ Nutzvolumen als Spannbeton-Hochbehälter
- Umbau eines vorhandenen A-Bock-Betonfahrteils zur landwirtschaftlichen Mehrzweckhalle einschließlich integriertem Sozialbereich mit Hygieneschleuse für die Schwarz-Weiß-Trennung mit Dusche und Umkleieräumen, Büro, Futterküche für die geplante Flüssigfütterung, Hausanschlussraum sowie Futterlager, Bild 5



Bild 1: Mit dem Bau der Schweinemastanlage schließt Gerrit Meyer die Produktionskette von der Ferkelerzeugung bis zur Schweinemast.

- Errichtung eines Brunnens zur Wasserversorgung (Tränkwasser)
- Feuerlöschteich
- Fahrzeugwaage

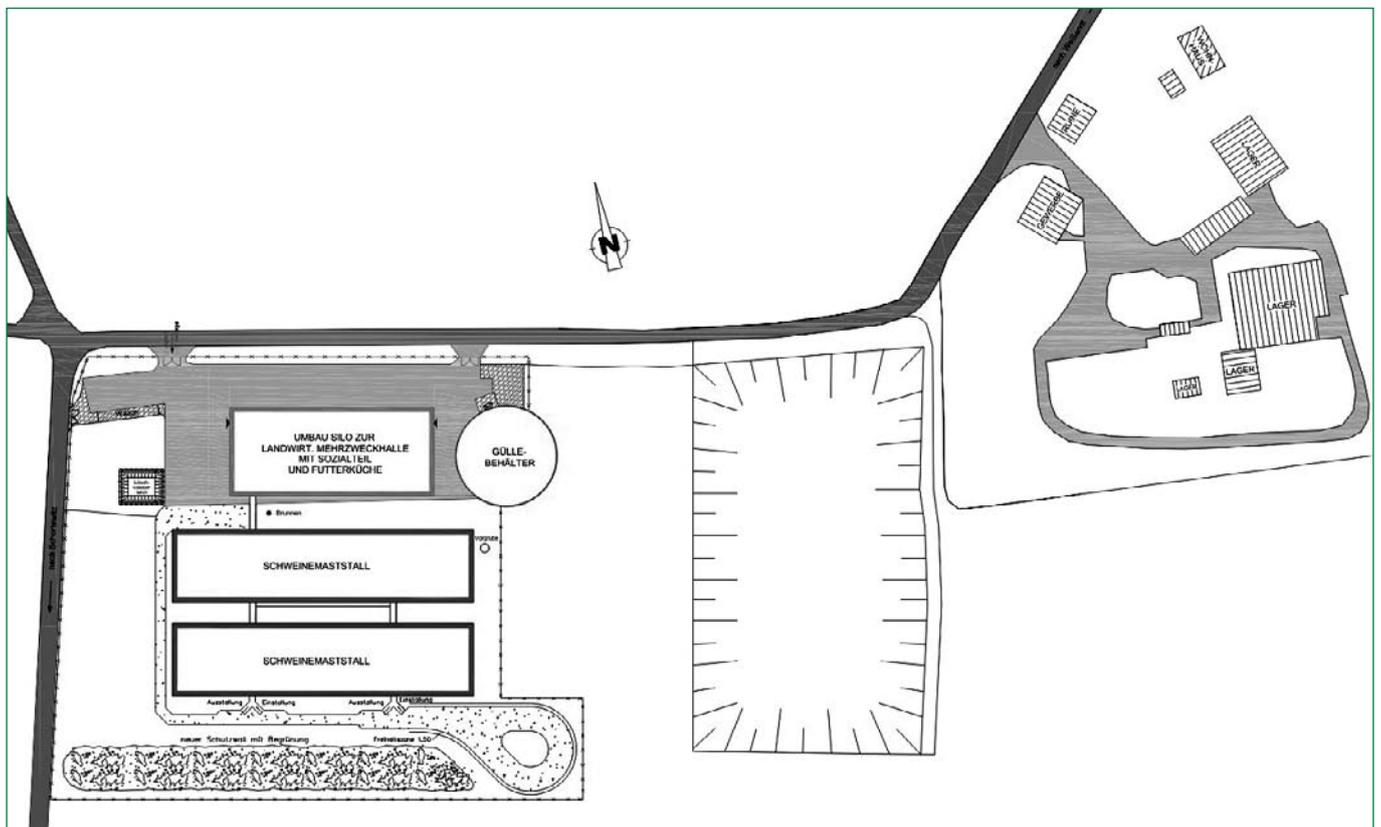


Bild 2: Lageplan der Schweinemastanlage in Schortewitz

Tafel 1: Betriebsspiegel

Gründung der Betriebe	2006
Gesamtfläche	267 ha
Mastplätze	3840
Anbaustruktur im Betriebsverbund (Wirtschaftsjahr 2007/2008)	
Winterweizen	107 ha
Wintergerste	70 ha
Mais	50 ha
Raps	25 ha
Rüben	15 ha
Arbeitskräfte im Betriebsverbund	
Fremdarbeitsplätze	3 Voll-AK
Familienarbeitsplätze	2 Voll-AK
Lehrlinge	2
Standortbedingungen	
Lage	ca. 10 km südlich von Köthen
mittlere Jahrestemperatur	8,3 °C
mittlerer Jahresniederschlag	ca. 508 mm
Boden	Standorteinheiten LÖ1

Tafel 1 gibt einen Überblick auf die betrieblichen Rahmenbedingungen der Schweinemast Schortewitz GbR (Gesellschafter Gerhard Meyer und Sohn Gerrit Meyer), des Landwirtschaftsbetriebs Gerrit Meyer sowie des Landwirtschaftsbetriebs Gerhard Meyer.

Der Standort

Der ausgewählte Anlagenstandort liegt circa 900 Meter nördlich von Schortewitz im Trinkwassereinzugsgebiet in einer typischen Ackerbauregion. Etwa 260 Meter östlich vom Emissionsschwerpunkt befindet sich ein Wohnhaus im Außenbereich. Die verkehrstechnische Anbindung ist durch eine Kreisstraße gegeben. Eine Zufahrt war vorhanden. Für die Stromversorgung wurde eine neue Trafostation errichtet. Die Trinkwasserversorgung wurde über die Erweiterung des vorhandenen Netzes gesichert. Das Tränkwasser für die Tiere und das Brauchwasser kommt aus einem eigenen Brunnen.



Bild 3: Gesamtansicht der Schweinemastanlage (Blick vom Osten)



Bild 4: Schweinemaststall in Beton-Fertigteilbauweise

Das Abwasser des Sozialteils wird in eine zugelassene Dreikammer-Grube eingeleitet. Ein Teil des anfallenden Niederschlagswassers wird im Löschwasserteich aufgefangen. Darüber hinaus anfallendes Niederschlagswasser versickert auf dem Grundstück.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen

Die Planung und Genehmigung von Tierhaltungsanlagen umfasst die Einhaltung einer Vielzahl von Gesetzen und Verordnungen, Tafel 2.

Das Konfliktpotential bei Tierhaltungsanlagen

Bevölkerung

Landesweit ist eine wachsende Abneigung der Bevölkerung gegen Tierhaltungsanlagen zu spüren – selbst in ländlichen Regionen, wo Landwirtschaftsbetriebe oftmals die einzigen Arbeitgeber sind. In weiten Teilen ist die Bevölkerung negativ eingestellt, verunsichert und befürchtet auch völlig unbegründet ständige Belästigungen, gleichgültig welche Anzahl von Tierplätzen errichtet werden soll. Negativschlagzeilen in der Presse, Unterschriftenaktionen, Bürgerbewegungen und selbst Androhungen von Pachtvertragskündigungen sind die Folge.



Bild 5: Umbau eines A-Bock-Silos zur landwirtschaftlichen Mehrzweckhalle

Tafel 2: Wichtige Rechtsvorschriften beim Bau von Tierhaltungsanlagen

Baugesetzbuch BGB	Bundeswaldgesetz	Tierseuchenschutzgesetz
Bauordnung des jeweiligen Bundeslandes	Wasserhaushaltsgesetz	Schweinehaltungsverordnung
Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG	Bodenschutzgesetz	Schweinehaltungshygieneverordnung
Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz UVPG	Düngemittelgesetz	Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI-Richtlinien)
Raumordnungsgesetz	Tierschutzgesetz	Geruchsimmissionsrichtlinie GIRL
Bundesnaturschutzgesetz	Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft TA-Luft
		Anlagenverordnung des jeweiligen Bundeslandes VAWS

Schutzgüter

Einschränkungen sind nicht nur durch angrenzende Wohnbebauungen gegeben, sondern verstärkt auch durch Schutzgebiete (Naturschutz, Landschaftsschutz, Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, Trinkwasser). Hinsichtlich Geruchsimmissionen, Stickstoffeintragungen und Lärmbelastigungen sowie zur Beurteilung deren Auswirkungen auf die Schutzgüter werden in der Regel nur Sachverständigengutachten akzeptiert.

Das Genehmigungsverfahren

Wesentliche Bestandteile des Genehmigungsverfahrens nach Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG sind

- Erarbeitung der Tischvorlage
- Scopingtermin
- Bearbeitung der Antragsunterlagen gemäß BImSchG, Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfungs UVPG, Bauordnung, Statik, Brandschutz, Wasserrecht, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen
- Erstellung geforderter Gutachten
- Antragstellung bei der Genehmigungsbehörde
- Eingangsprüfung auf Vollständigkeit durch die Genehmigungsbehörde
- Beteiligung aller Fachbehörden
- Entscheidungsfindung/Stellungnahmen
- Veröffentlichung (Amtsblatt/Tagespresse)
- Öffentliche Auslegung (4 Wochen)
- Einwendungsfrist (weitere 2 Wochen)
- Erörterungstermin
- Erarbeitung vollständiger Antragsunterlagen
- Bearbeitung in der Genehmigungsbehörde

Wesentliche Grundlagen für das Genehmigungsverfahren werden durch die so genannte Tischvorlage und das Scoping geschaffen. Der vom englischen Begriff „scope“ (Anwendungsbereich, Ausmaß, Umfang) abgeleitete Rechtsbegriff Scoping beschreibt die Festlegung des Untersuchungsumfangs, der Untersuchungsmethode und des Detaillierungsgrads des Umweltberichts, bezogen auf die verschiedenen Schutzgüter (Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Klima, Luft, biologische Vielfalt, Mensch, Kultur und Sachgüter) und mögliche Wechselwirkungen. Hierzu werden die Fachbehörden und sonstigen Träger öffentlicher Belange konsultiert. Die

daraus folgenden Stellungnahmen werden in dem Scopingtermin erörtert.

Für die Vorbereitungen zum Scopingtermin sind grundlegende Ausarbeitungen hinsichtlich der Festlegung des Untersuchungsrahmens für die Umweltverträglichkeitsprüfung UVP notwendig:

- Anlagen-, Betriebs- und Verfahrensbeschreibung
- Emissionsquellen, Ermittlung der Emissionen und anderer umweltrelevanter Eingriffe
- Lärmschutz
- Anlagensicherheit und Arbeitsschutz
- Brandschutz allgemein
- Abfälle und Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
- Betrachtung der Umwelt im Wirkungsbereich hinsichtlich Mensch, Atmosphäre, Geologie und Hydrologie, Boden, Flora und Fauna
- Wirkungsprognosen betroffener Schutzgüter
- Maßnahmen zur Vermeidung, Minderung oder zum Ausgleich umweltrelevanter Auswirkungen
- Zeichnerische Unterlagen

Die Erfahrungen in der Genehmigungsplanung zeigen, dass Landwirten ständig höhere Hürden zur Genehmigungsfähigkeit von Tierhaltungsanlagen auferlegt werden. Die Betrachtung sämtlicher Umweltmedien zur Überprüfung der Genehmigungsvoraussetzungen und deren Auswirkungen ziehen eine Ausweitung des Prüfungsrahmens sowie den erhöhten Umfang immissionsschutzrechtlicher Genehmigungspflichten und zusätzliche Kosten für Viehhalter nach sich.

Immer wieder standen die Bauherren in Schortewitz vor Problemen, die vorher nicht abzusehen waren: Widerstand aus der Bevölkerung, Forderungen von Seiten des Naturschutzes. Während des Genehmigungsverfahrens kam es leider immer wieder zu Verzögerungen. Beispielsweise lagen die Informationen der Unteren Wasserbehörde zum örtlichen Trinkwasserschutzgebiet erst circa zwei Monate nach Abfrage vor. Auf Grund der Unvollständigkeit der bereitgestellten Daten kam es dann im Genehmigungsverfahren wiederholt zu Nachforderungen mit entsprechendem Zeitverzug.

Diverse Sachverständigengutachten hinsichtlich Ammoniak, Geruch und Lärm wurden notwendig. Außerdem musste

nachgewiesen werden, dass keine Feldhamster am Standort vorkommen, die durch den Bau des Stalls gestört werden könnten. Das hierzu notwendige Gutachten verzögerte die Genehmigung um knapp sechs Monate – Hamster wurden jedoch nicht gefunden.

Als endlich alle Gutachten vorlagen und diese positiv für die Bauherren ausfielen, verweigerte die Gemeinde ihr Einvernehmen. Letztendlich ersetzte das Landesverwaltungsamt als Genehmigungsbehörde das Einvernehmen der Gemeinde. Erst danach konnte die Genehmigung erteilt werden. Tafel 3 verdeutlicht den zeitlichen Ablauf des Bauvorhabens.

Die Förderung

Für die Errichtung der Schweinemastanlage in Schortewitz konnten Fördermittel in Anspruch genommen werden. Nach Erstellung des Betriebskonzeptes wurde der Antrag für die Zuwendung des Landes Sachsen-Anhalt zur Förderung einer umweltverträglichen und tiergerechten Schweinehaltung (Veredlungsprogramm) gestellt. Auf das bauliche Investitionsvolumen gab es einen Zuschuss von 35 Prozent. Dieses Landesprogramm ist jedoch mit dem Ende der Förderperiode 2006 ausgelaufen. Mit der neuen Förderperiode (2007 bis 2013) kann das Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP) als einzelbetriebliche Förderung genutzt werden.

Mit der Kreditzusage der Bank und der Erteilung des vorzeitigen Maßnahmebeginns durch die Bewilligungsbehörde konnte die öffentliche Ausschreibung der Baumaßnahme gemäß VOB erfolgen. Nach Erhalt des Zuwendungsbescheids waren die Fördermittel freigegeben. Zum Abschluss der Maßnahme wurde der Verwendungsnachweis erstellt und die Kontrolle durch die Bewilligungsbehörde konnte erfolgen.

Tafel 3: Zeitlicher Ablauf der Baumaßnahme

Frühjahr 2004	Standortprüfung
2004/2005	Konzeptionelle Planungen
August 2005	Gründung der Bauherrenschaft, Anlaufgespräch im Landesverwaltungsamt
November 2005	Einreichung der Förderanträge im Amt für Landwirtschaft und Flurneuordnung Anhalt
Dezember 2005	Scopingtermin im Landesverwaltungsamt
Frühjahr 2006	Erarbeitung der geforderten Sondergutachten
Mai 2006	Einreichung des Antrages nach BImSchG im Landesverwaltungsamt
Juni 2006	Gründung der zwei Landwirtschaftsbetriebe
August 2006	Bewilligung der Fördermittel
1. Quartal 2007	Durchführung der Ausschreibung
Mai 2007	Genehmigungsbescheid nach BImSchG und Baubeginn
Oktober 2007	Rohbaufertigstellung und Richtfest
Februar 2008	Fertigstellung und Abnahme des Bauvorhabens
5. März 2008	Stalleinweihung
März 2008	Einstallung der ersten Läufer, Bild 6



Bild 6: Die Läufer werden auf Beton-Vollspaltenböden mit einer Masse von 30 kg eingestallt.

Die Bauüberwachung

Im Rahmen der acht Monate dauernden Bauzeit erfolgte die Überwachung der Ausführung der Objekte auf Übereinstimmung mit der Genehmigung, den Ausführungsplänen und der Ausschreibung sowie mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik und den einschlägigen Vorschriften. Daneben war die Koordinierung aller an der Objekterstellung fachlich Beteiligten und die Einhaltung des Bauzeitenplans eine wesentliche Aufgabe. Aufmaße und die Rechnungsprüfung der bauausführenden Unternehmen erfolgten kontinuierlich. Die Abnahme der Bauleistungen sowie deren Prüfung auf Mängel erfolgten vor den Anträgen auf behördliche Abnahmen und der Teilnahme daran.

Die Landgesellschaft Sachsen-Anhalt übernahm als Projektmanagerin und Erfüllungsgehilfe der Bauherren folgende Leistungen:

- Standortuntersuchung
- Erarbeitung der Tischvorlage
- Genehmigungsplanung nach Bundesimmissionsschutzgesetz und Bauordnung des Landes Sachsen-Anhalt
- Umweltverträglichkeitsuntersuchung nach UVP-Gesetz
- Brandschutzkonzept
- Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmenplanung
- Antragsstellungen für wasserrechtliche Genehmigungen
- Einholung der erforderlichen Gutachten
- Ausschreibungsverfahren nach Vergabe- und Vertragsordnung für Bauwesen VOB
- Bauüberwachung
- Fördermittelmanagement

Das Fazit

50 Ordner umfassen die Unterlagen zum Genehmigungsverfahren beim Landwirt. Das Hinzuziehen von kompetenten Spezialisten ist für Bauherren eine Grundvoraussetzung für den erfolgreichen Ablauf von Genehmigungsverfahren. Die Antragstellung für Tierhaltungsanlagen nach BImSchG und UVP, Förderfragen, Bauüberwachung und vor allem die immer wieder notwendige Funktion eines Vermittlers verlangen Betreuer mit viel Erfahrung und Detailwissen.

Schlüsselfertiger Stallbau am Beispiel der Schweinemastanlage in Schortewitz

Anke Koch, Gera

Um zukünftig in der Schweinezucht wettbewerbsfähig zu sein, ist es immer wichtiger, auf die Rentabilität der Anlagen zu setzen und die Produktionsstabilität zu optimieren. Wer nach vorn schaut, setzt in Zeiten tiefer Preise die Grundlagen, um bei Konjunkturspitzen vorn dabei zu sein. Genau das hat Familie Meyer dazu bewogen, ihr Schweineproduktionssystem zu schließen.

Die Ausgangssituation

Die Entscheidung, in die Schweinemast einzusteigen, kam für die Landwirtfamilie Meyer nicht von ungefähr. Vater Gerhard Meyer ist seit 1991 in der Ferkelproduktion tätig. In Libehna, nicht weit vom Baustandort der neuen Schweinemastanlage entfernt, erzeugt er seit 1991 Ferkel. Vor fünf Jahren stand die Familie vor der Entscheidung, den Betrieb aufzugeben oder in die Zukunft zu investieren. Sohn Gerrit hatte zu dieser Zeit eine sichere Anstellung als Fachberater für Schweinehaltung. „Festes Gehalt, Dienstwagen, Mobiltelefon und 34 Tage Urlaub – das gibt man normalerweise nicht so einfach auf“, sagt er. Doch was hat das alles für einen Wert, wenn man die Vision hat, etwas Eigenes auf die Beine zu stellen? Gerrit Meyer entschied sich zur Mast der im elterlichen Betrieb erzeugten Ferkel. Als Standort hierfür bot sich eine familieneigene Ackerfläche in Schortewitz an. Hier gab es vor Baubeginn nur ein offenes Fahrsilo.

Nach erfolgter Ausschreibung durch die Landgesellschaft Sachsen-Anhalt erhielt die Graakjaer GmbH den Zuschlag für den schlüsselfertigen Bau der Schweinemastanlage, d. h. alle Bauleistungen kamen aus einer Hand und eine kurze Bauzeit war gewährleistet.

Die neue Mastanlage besteht aus zwei Gebäuden sowie zwei Verbindern, Bilder 1 und 2. Jedes Gebäude ist in acht Mastabteile und zwei Krankenabteile aufgeteilt und bietet Platz für 1920 Mastschweine, Bild 3. Jede Woche werden 240 Ferkel aus dem elterlichen Betrieb für 16 Wochen eingestallt, je 15 in einer Bucht, Bild 3. Danach beginnt der Zyklus von vorn.



Bild 2: Mastställe, Blick vom Osten



Bild 3: Stallinnenansicht mit Buchten für jeweils 15 Mastschweine

Foto: Thomas Richter



Bild 1: Schweinemastanlage, Blick vom Süden

Foto: Thomas Richter



Bild 4: Geschosshohe Betonfertigteile für die Außenwände mit Waschbetonoberfläche

Die Bauhülle

Die Außenwände der neuen Gebäude bestehen aus geschosshohen Stahlbeton-Fertigteilelementen der Brandenburger Firma Praefa, die in kürzester Zeit montiert werden konnten. Die 2,60 m hohen Elemente bestehen aus einer 12 cm dicken Leichtbeton-Innenschale, einer 8 cm Hartschaum-Wärmedämmung und einer 6 cm dicken Wetterschutzschale mit Waschbetonoberfläche. Die Innenseiten der Wände sind geglättet, so dass sie gut zu reinigen sind. Die Wand hat einen Wärmedurchgangskoeffizienten U von $0,39 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ und ist somit „einfamilienhausartig“ wärmegeklämt. Zur Minimierung der Energieverluste entsprechen die Wärmedämmwerte den Vorgaben der für Wohngebäude verbindlichen Energieeinsparverordnung EnEV, obwohl Stallbauten vom Geltungsbereich der EnEV ausgenommen sind. Basis des wärmedämmenden, druckfesten und nicht brennbaren Leichtbetons sind Tonkügelchen mit winzigen Luftporen, so genannter Blähton. Leichtbeton kombiniert hervorragende Wärmedämmung mit ausgezeichneter Wärmespeicherung und verhindert die Bildung von Kondenswasser an den Innenwänden. Für die Fassade standen für den Bauherren verschiedene Waschbetonoberflächen zur Auswahl. Dabei sind die groben Gesteinskörnungen an der Betonoberfläche sichtbar (der Zementstein wird ausgewaschen). So können mit Granit, Marmor oder Seekies attraktive, dauerhafte und verschmutzungsunempfindliche Oberflächen erzielt

werden. Landwirt Meyer wählte für die sichtbaren Gesteinskörnungen in Schortewitz Naturkies aus, Bilder 3 und 4.

Im Inneren der Anlage kamen Leichtbetonwände mit geglätteter Oberfläche zum Einsatz.

Das Dach aus polyesterbeschichteten Trapezblechplatten wird von vorgefertigten Nagelbrettbindern bei einer Dachneigung von 15° getragen. Die Decke in den Mastabteilen besteht aus diffusionsoffenen, zementgebundenen Holzwolle-Leichtbauplatten mit 25 mm Dicke, Bild 5. Auf diese Platten wurden stoßversetzt zwei Lagen Mineralwolle mit je 50 mm Dicke im Dachbereich aufgelegt. Zwischen Decke und Binderuntergurt liegt eine Dampfsperre. In Anschlussbereichen (Ventilatoren, Wände) verhindern Folien Falschluff. Die Fenster haben jeweils eine Lichtfläche von $0,77 \text{ m}^2$ (Rohbaumaße Höhe $0,81 \text{ m}$, Breite $1,21 \text{ m}$).

Der Stallboden

Die Bodenflächen aller Buchten sind im Mastbereich mit hochwertigen Betonspalten ausgelegt, Bild 6. Um das Kotverhalten der abgesetzten Ferkel zu steuern, kommt eine so genannte „Abkothilfe“ zum Einsatz. Hierbei werden die Spalten im vorderen Teil der Buchten regelmäßig mit Wasser besprüht. So werden die Absetzer dazu angehalten, nur in diesem Bereich ihr „Geschäft“ zu machen. Der hintere Buchtenbereich, die Ruhezone, bleibt somit sauber und trocken. Die anfallende Gülle wird in einem 40 cm tiefen Wannensystem unter den Spalten des Stalls gesammelt und über Stöpsel und Kanalrohre aus den Abteilen geleitet. Je vier Buchten stehen auf einer Wanne. Die Güllewannen sind aus wasserundurchlässigem Beton und mit dichten Fugen ausgeführt, so dass der Boden- und Grundwasserschutz gewährleistet wird. Das angeschlossene Leitungssystem mündet in die Vorgrube und wird von hier aus in den Güllebehälter weitergeleitet.

Die Fütterungs- und Lüftungstechnik

Familie Meyer gewinnt den größten Teil des Futters aus eigener Produktion. Hier entschieden sich die Landwirte für eine Flüssig-Fütterung der Firma WEDA. In zwei 3000 Liter fassenden



Foto: Thomas Richter

Bild 5: Detail Waschbetonoberfläche mit Naturkies und dauerelastisch verschlossener Fuge



Foto: Thomas Richter

Bild 6: Stalldecke aus Holzwolle-Leichtbauplatten



Foto: Thomas Richter

Bild 7: Bucht mit Längströgen



Bild 8: Computergesteuerte Futterküche für die Flüssigfütterung

Anmisch tanks wird das Futter für die Schweine vorbereitet. Es wird dreimal täglich ausgefüttert. Die Anlage bietet die Möglichkeit, jedes Abteil individuell und bedarfsgerecht mit Futter zu versorgen. Zur optimalen Tankhygiene werden die Tanks in der einen Woche mit einem Säuregemisch mit niedrigem pH-Wert ($\text{pH} = 4$) desinfiziert, in der nächsten Woche dann mit einer basischen Seifenlauge mit hohem pH-Wert ($\text{pH} = 12$). Zusätzlich sind die Behälter der Flüssigfütterung mit UV-Licht zur Entkeimung und Reinigung ausgerüstet, Bild 8. Dieser regelmäßige Wechsel von pH-Werten und UV-Licht dient der sicheren Entfernung von Biofilmen und der optimalen Bekämpfung von Keimen. Um den Polyesterbetontrögen einen optimalen Halt zu geben, werden im ersten Arbeitsschritt speziell dafür hergestellte Betonfertigteile auf die Spalten geklebt, um im zweiten Schritt die Tröge mit Epoxidharz auf die Fertigteile zu kleben, Bild 7.

Die Lüftung erfolgt durch eine Unterdrucklüftung im Multi-Step-Verfahren (System Skov), wobei die Abluft über Kamine mit Drosselklappe gesteuert wird. Die Zuluftführung über die Traufe und den Dachraum ermöglicht einen fließenden Übergang von der Mindestlufrate bis zu sehr großen Luftmengen im Sommer. Durch die wärmegeämmte „Rieseldecke“, bestehend aus einer speziellen Mineralwollgedämmung und diffusionsoffenen Holzwolle-Leichtbauplatten, wird die Zuluft gleichmäßig ohne Zugluft in alle Bereiche des Stalls geleitet. Die Klimacomputer werten ständig alle notwendigen Parameter aus und steuern das komplette Lüftungssystem.

Des Weiteren besitzt der Stall eine Flüssiggasheizung aus dem Hause Schröder-Gas. Zum Aufheizen des Stalls vor dem Aufstellen können die Abteile mit schwenkbaren Gaskanonen beheizt werden.

Die Futterhalle

Für den Bau der Futterhalle wurde das auf dem Baugelände vorhandene Fahrsilo umgenutzt. Hier wurden die Stahlrahmen der Halle in das Silo gestellt, so dass die Beton-Silowände die Hallenbegrenzung bilden. Die fehlenden Außenwände wurden mit Betonfertigteilen und Betonstein-Mauerwerk geschlossen. In die Futterhalle integriert ist der Sozialtrakt mit Büro und Futterraum sowie sechs Futtersilos mit einem jeweiligen Fassungsvermögen von 16,6 t. Außerdem können rund 3500 t Getreide gelagert werden, Bilder 9 und 10. Zur Verbesserung der Lagerfähigkeit dient ein Säuredosierer mit einer Leistung von 25 t Getreide pro Stunde, der das Getreide vor Einlage-

rung mit einem Säuregemisch behandelt. Der Säurezusatz beträgt ca. 4 l/t Getreide, was eine ganzjährige Lagerung sichert. Auf 350 ha werden Gerste, Weizen und Mais angebaut. Der Rapsanbau soll dem Anbau von Futtergetreide weichen. Die Erträge betragen in diesem Jahr 85 dt/ha Gerste und 75 dt/ha Weizen.

Mit einer Beton-Außenwaage werden jede Lieferung Futtergetreide und auch die Schweineauslieferungen gewogen, Bild 11.

Erste Mastergebnisse

Die Schweinemastanlage ist nun fast ein dreiviertel Jahr in Betrieb. Die Familie Meyer ist sehr zufrieden mit der Funktionalität des Stalls und den Mastzunahmen ihrer Tiere. Die Massezunahme in der Mast lag schon am Anfang bei über 800 g/Tag, trotz Startproblemen bei der Fütterung. Inzwischen werden 850 bis 900 g Tageszunahmen erzielt. Gemästet werden Nachkommen des Pietrainebers db.77. Landwirt Meyer arbeitet dabei als Testbetrieb des Bundeshybridzuchtprogramms BHPZ.



Bild 9: Außenansicht der Futterhalle



Bild 10: Futtersilos



Bild 11: Fahrzeugwaage

Ställe mit Leichtbeton-Massivwänden

Von Guido Runkel, Schlüsselfeld

Seit 2005 bewähren sich in Norddeutschland Stallanlagen mit Leichtbeton-Massivwänden, wobei leichtes und wärmedämmendes Blähglas (Poraver[®]) als Gesteinskörnung im Beton eingesetzt wird. Allein in Voltlage (Niedersachsen) und in Tramm bei Hamburg stehen sieben Ställe in den Grundmaßen von 20 m Breite und 100 bis 165 m Länge. Genutzt werden diese Gebäude sowohl für die Geflügelzucht als auch für die Schweinemast, Bild 1.

Die Vetra Betonfertigteile GmbH aus Neermoor liefert die bis zu fünf Meter hohen Wände nach den individuellen Vorgaben des Kunden: Öffnungen für Ventilatoren, Belüftungsanlagen, Türen und Fenster werden im Fertigteilwerk in die Wände integriert. Die Montage der Fertigteilwände erfolgt unabhängig vom Wetter. Durch den hohen Vorfertigungsgrad kann der Rohbau bereits in drei Tagen errichtet sein. Zum Rohbau kommen die Zeiten für die Erstellung der Baugrube und der Fundamente sowie für die Innenausrüstung der Ställe. Nach Bauzeiten von etwa drei Monaten können die Tiere einziehen.

Neben Zement und Wasser bestehen die Leichtbetonwände aus der leichten Gesteinskörnung Poraver. Poraver ist ein Blähglasgranulat aus Recyclingglas. Nach einem patentierten Verfahren wird Altglas gemahlen, granuliert und bei ca. 900 °C zu kleinen creme-weißen Kügelchen aufgebläht. Die porigen, geblähten Kügelchen (Blähglas) dämmen hervorragend und sind sehr stabil. Sie sind frostbeständig, schallabsorbierend, nichtbrennend, schimmel- und schädlingsresistent sowie tierphysiologisch unbedenklich, Bild 2.

Neben Beschichtungen, die auch farbliche Gestaltungen der Wände ermöglichen, sind auch mineralische Leichtputze oder Klinkerschalen auf der Außenseite und mineralische Dünnlagenputze möglich.

Die Leichtbetonwände sind diffusionsoffen und können damit feuchteregulierend auf das Stallklima wirken. Austrocknungszeiten wie im Mauerwerksbau entfallen, da die Fertigteile weitgehend durchgetrocknet auf die Baustelle kommen. Bei

Wanddicken von 31 bis 40 cm können Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,40 bis 0,28 W/(m²·K) erreicht werden. Mit dieser Wärmedämmung werden die Anforderungen der Energieeinsparverordnung für Wohngebäude eingehalten und sogar unterboten. Energieverluste durch die Wände werden minimiert und Kondenswasserbildung (Schwitzwasser) wird verhindert. Die Vorteile der Leichtbeton-Massivwände lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

- Die Wandfertigteile werden individuell und rastermaßfrei in den Abmessungen nach Kundenvorgabe gefertigt.
- Aufgrund der sehr guten Wärmedämmung der Fertigteile selbst sind zusätzliche Wärmedämmungen, wie z.B. Wärmedämmverbundfassaden, unnötig.
- Die Wände sind voll massiv und schlucken Umwelt- und Innenraumschall gleichermaßen.
- Der Leichtbeton ist mineralisch, diffusionsoffen und schadstofffrei, also ökologisch unbedenklich.
- Die großflächigen, geschosshohen Elemente minimieren Fugen und Wärmebrücken.
- Die computergestützte Fertigung ermöglicht eine hohe Maßgenauigkeit sowie planebene und qualitativ hochwertige Oberflächen, handwerkliche Fehler auf der Baustelle werden weitgehend ausgeschlossen.
- Auf Wunsch können Innen- und Außengrundputze im Werk aufgebracht werden.
- Elektro-Leerrohrsysteme können bei der Herstellung integriert werden; bauseitige Wandbeschädigungen durch Schlitzen oder Stemmen entfallen.
- Fenster und Türen können bereits im Fertigteilwerk eingesetzt werden.
- Die Speichermasse der Wände puffert Temperaturspitzen und sorgt für ein tiergesundes Klima.

Die Leichtbetonwände können mit Hochdruckstrahlern einfach gereinigt werden. Die Wandflächen sind beidseitig schalungsglatt und porenfrei. Eine Beschichtung, z. B. auf Natriumsilikatbasis (Wasserglas), verbessert die Reinigungsfähigkeit zusätzlich.



Foto: Vetra Betonfertigteilewerke, Neermoor

Bild 1: Schweinemaststall im niedersächsischen Voltlage



Bild 2: Blähglas als Ausgangsstoff für Leichtbeton

Bau und Erhaltung ländlicher Wege

Von Hans-Dieter Meißner, Stuttgart

Ländliche Wege erschließen den ländlichen Raum, soweit dies nicht durch Straßen erfolgt, und dienen überwiegend dem land- und forstwirtschaftlichen Verkehr. Sie sind nach den Erfordernissen der Land- und Forstwirtschaft aber auch unter Berücksichtigung der Belange der Kulturlandschaft zu gestalten und so zu planen und auszubauen, dass sie sowohl den Anforderungen einer Anbindung an das überörtliche Verkehrsnetz als auch einer zweckmäßigen Bewirtschaftung der land- und forstwirtschaftlichen Grundstücke gerecht werden. Für den Entwurf und den Bau ländlicher Wege sind aus vielerlei Gründen eigene Regelwerke erforderlich. Neben den grundsätzlich dünneren Schichten sind die wesentlichen Merkmale, dass ländliche Wege in aller Regel nicht frostsicher und nur zum Teil mit einer gebundenen Oberfläche ausgebaut werden, weil ein anderer Ausbau weder erforderlich noch wirtschaftlich vertretbar wäre. Auch ist eine Mehrfachnutzung der ländlichen Wege durch Erholungs- und Freizeitverkehr zu berücksichtigen. Derzeit sind, quasi als Trilogie für den Bau und die Erhaltung ländlicher Wege, folgende Regelwerke aktuell: die „Richtlinien für den ländlichen Wegebau“ der DWA (Planung und Bemessung), die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege“ der FGSV (Bautechnik und Bauvertrag) und das „Merkblatt für die Erhaltung ländlicher Wege“ der FGSV (Bauliche Erhaltung und Verbreiterung). Wegen der immer größeren und breiteren in der Landwirtschaft eingesetzten und auch auf öffentlichen Straßen zugelassenen Maschinen und Transportfahrzeuge ist eine Fortschreibung der Bemessung ländlicher Wege erforderlich.

Einleitung

Ländliche Wege dienen im funktionalen Sinn überwiegend dem land- und forstwirtschaftlichen Verkehr, sind im technischen Sinn keine Straßen und sind im landschaftlichen Sinn als gestaltende, gliedernde und vernetzende Elemente wesentliche Bestandteile von Kulturlandschaften. Sie haben die Nachhaltigkeit der Landnutzung zu gewährleisten und zur langfristigen Sicherung ökologischer Funktionen beizutragen. Entwurf, Bau und Erhaltung ländlicher Wege richten sich nach eigenen Regelwerken.

Richtlinien für den ländlichen Wegebau (RLW)

Wesentlicher Inhalt der von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) herausgegebenen Richtlinien für den ländlichen Wegebau [1] sind die Planung und Bemessung ländlicher Wege sowie ihre Einbettung in die Landschaft, Bild 1. Die Wege haben im ländlichen Wegenetz unterschiedliche Funktionen und müssen daher verschiedene Anforderungen an Linienführung, Breite, Tragfähigkeit und Oberflächengestalt erfüllen.

Ländliche Wege werden entsprechend ihrer Funktionalität hierarchisch eingeteilt:

- **Verbindungswege** verbinden landwirtschaftliche Betriebsstätten oder Ortsteile, können aber auch der unmittelbaren Erschließung land- und forstwirtschaftlicher Flächen dienen. Sie werden unterschieden in Verbindungswege mit größerer und mit geringerer Verkehrsbedeutung. Verbindungswege mit größerer Verkehrsbedeutung sind ganzjährig auch mit hohen Lasten befahrbar und daher im Gegensatz zu allen anderen ländlichen Wegen wie Straßen zu bauen.
- **Feldwege** dienen der Erschließung und teilweise der Bewirtschaftung land- und forstwirtschaftlicher Flächen. Sie werden unterteilt in befestigte Wirtschaftswege und in unbefestigte Grünwege.
- **Waldwege** dienen der Walderschließung und sind entweder befestigte Fahrwege oder unbefestigte Rückewege.
- **Sonstige ländliche Wege** stellen Fußwege, Wanderwege, Radwege, Reitwege oder Viehtriebe dar.

Neben besonderen Trassierungselementen lassen sich für den Bau ländlicher Wege unter anderem folgende Leitsätze formulieren:

- Es werden keine Straßen in der Feldflur benötigt, denn ein frostsicherer Ausbau ist weder erforderlich noch wirtschaftlich vertretbar. Unter diesem wirtschaftlichen Aspekt genügen grundsätzlich dünne Schichten.
- Eine Fahrbahn mit 3 m Breite ist ausreichend – plus beiderseitig ungebunden befestigtem Seitenstreifen. Ob dies auch heute wegen der breiter gewordenen und im öffentlichen Straßenverkehr allgemein zugelassenen landwirtschaftlichen Fahrzeuge grundsätzlich immer noch gilt, wird vermehrt in Frage gestellt. Als Folge hiervon sind die Randausbildung der Fahrbahn und ihre Einbettung mit den ungebunden befestigten Seitenstreifen von ganz besonderer Bedeutung.
- Die Tragschicht muss die zu erwartenden Lasten schadlos aufnehmen können, denn sonst tritt das Phänomen der Glasplatte auf dem Sofa ein: Bei Belastung kommt es zum Bruch. Die logische Folgerung, die Tragfähigkeit tatsächlich zu messen, muss sich allerdings im ländlichen Wegebau erst noch durchsetzen.

Foto: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, Stuttgart



Bild 1: Landschaftsangepasster Weg im Hang mit einer hydraulisch gebundenen Tragdeckschicht (HGTD)

Tafel 1: Standardbauweisen ländlicher Wege

Wegebefestigungen ohne Bindemittel	vollflächig
Wegebefestigungen mit Asphalt	vollflächig oder Spuren
Wegebefestigungen mit hydraulischen Bindemitteln	vollflächig oder Spuren
Wegebefestigungen mit Pflasterdecken	vollflächig oder Spuren
Wegebefestigungen mit Spurplatten	Spuren

- Die ungebundene Bauweise, d. h. ohne gebundenen Deckschluss, genügt grundsätzlich den landwirtschaftlichen Anforderungen. Diese Bauweise eignet sich auch für Wege mit starker Beanspruchung, also für Wege mit häufigen Überfahrten, mit zentraler Funktion im Wegenetz und mit einer maßgebenden Achslast von 11,5 t. Vielfach ist jedoch ein Schutz von ungebundenen Wegeoberflächen vor äußeren Einflüssen durch eine gebundene Decke erforderlich, z. B. zum Schutz vor Erosion in Steilstrecken.
- Der Wegeaufbau muss unbedingt trocken gehalten werden. Wasser im Wegekörper vermindert die Tragfähigkeit. Daher darf es keinen wasserdurchlässigen Weg geben! Daraus ergeben sich zwei Folgerungen. Zum einen ist das Oberflächenwasser schnell zur Seite abzuführen, flächig oder im Wegseitengraben, und zum anderen ist der Weg höher als die angrenzenden Bewirtschaftungsflächen zu legen.

Die in Tafel 1 dargestellten Standardbauweisen haben sich für die Befestigung ländlicher Wege bewährt und werden daher empfohlen. Neben den Standardbauweisen werden in einigen Regionen zusätzliche standardnahe Bauweisen angewandt.

Wesentlicher Teil der Richtlinien ist die Bemessung des Schichtenaufbaus für die einzelnen Standardbauweisen in Abhängigkeit von der Bauweise, der Beanspruchung, der Tragfähigkeit des Untergrunds und des zur Verwendung kommenden Gesteinsmaterials.

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege (ZTV LW)

Das von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) herausgegebene Regelwerk ZTV LW [2] beschreibt die Anforderungen an die zur Verwendung vorgesehenen Materialien und an die technische Bauausführung der Oberbauschichten sowie die jeweiligen Vertragsbedingungen für die einzelnen Standardbauweisen.

Im ländlichen Wegebau haben sich bei den Wegebefestigungen einige Besonderheiten herausgebildet und bewährt.

Wegebefestigungen ohne Bindemittel sind

- Tragschichten aus unsortiertem Gestein, d. h. mit Material aus ortsnahen Entnahmestellen ohne vorgegebene Korngrößenverteilung und
- Deckschichten ohne Bindemittel, allgemein als Schotter- oder Kiesweg bezeichnet.



Foto: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, Stuttgart

Bild 2: Naturverträglicher Betonspurweg

Bei *Wegebefestigungen mit hydraulischen Bindemitteln* sind neben den klassischen Betondecken zu erwähnen:

- hydraulisch gebundene Tragdeckschichten (HGTD) bzw. Deckschichten (HGD) und
- Betonspuren.

Unter einer *hydraulisch gebundenen Tragdeckschicht* (HGTD) versteht man eine mit Fertiger fugenlos hergestellte Schicht mit einem Bindemittelgehalt von mindestens 4 M.-%, einer Schichtdicke von 12 bis 15 cm und einer rauen und körnigen Oberfläche. Sie begünstigt an der Oberfläche eine geringe Boden-anreicherung und damit ein naturnahes Erscheinungsbild. Die HGTD ist geeignet für Wege mit mittlerer bis geringer Verkehrsbeanspruchung und ist beständig gegen Erosion. Sie ist eine durchaus bewährte Bauweise, doch empfindlich bei Herstellungsfehlern.

Auch der Einbau von *Betonspuren* erfolgt in einem Arbeitsgang mit Fertiger. Betonspurwege haben sich als außerordentlich haltbare und naturverträgliche Bauweise über Jahrzehnte sehr bewährt, Bild 2.

Bei *Wegebefestigungen mit Asphalt* hat sich die Asphalttragdeckschicht bewährt. Sie wird einlagig mit einer Schichtdicke von 7 bis 8 cm sowie mit geringerem Hohlraumgehalt und mit höherem Bindemittelgehalt als bei einer reinen Tragschicht eingebaut. Auch der Einbau in Spuren hat sich bewährt.



Foto: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, Stuttgart

Bild 3: Verlegen eines Spurwegs mit Verbundsteinen in Eigenregie

Bei *Wegebefestigungen mit Pflaster* handelt es sich um Betonsteinpflaster im Verbund, Rasenverbundsteine und Platten aus Beton. Sie sind für alle Wege geeignet. Außerdem vereinen sie die Vorteile der starren Bauweise und die Vorzüge der flexiblen Befestigung. Sie sind auch in Eigenregie herzustellen. Dies ist zum Beispiel wichtig in Flurneuordnungsverfahren, wo Teilnehmer ihre finanziellen Verpflichtungen durch Eigenleistungen erbringen können, Bild 3.

Für alle Standardbauweisen und deren Oberbauschichten werden in der ZTV LW

- das jeweilige Anwendungsgebiet,
- die Baugrundsätze,
- die Baustoffe und Baustoffgemische,
- das Herstellen der Schichten,
- die Anforderungen wie Ebenheit, Querneigung oder Einbaudicke sowie
- die Prüfungen sowie Abnahme, Gewährleistung und Abrechnung

im Einzelnen beschrieben. Die im Text mit Randstrich gekennzeichneten Absätze sind Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen, wenn die ZTV LW Bestandteil des Bauvertrags ist. Die im Text kursiv gedruckten und nicht mit Randstrich versehenen Absätze sind Richtlinien und sind daher vom Auftraggeber bei der Aufstellung der Leistungsbeschreibung sowie bei der Überwachung und Abnahme der Bauleistungen zu beachten.

Merkblatt für die Erhaltung ländlicher Wege

Bauliche Maßnahmen zur Erhaltung ländlicher Wege setzen Kenntnisse über Umfang und Art von Mängeln und Schäden sowie deren Ursachen voraus. Mängel und Schäden sind an bestimmten Zustandsbildern erkennbar, Bild 4. Ziel des von der FGSV herausgegebenen Merkblatts [3] ist es, dem nicht immer fachkundigen Unterhaltungspflichtigen einfache und verständliche Handlungsempfehlungen zu geben.

Im Hauptteil des Merkblatts werden für die bauliche Erhaltung der Standardbauweisen Arten und Ursachen von Schäden (teilweise illustriert durch typische Schadensbilder) und die für deren Behebung erforderlichen baulichen Maßnahmen sowie Anforderungen bei einer Wegeverbreiterung beschrieben.

Bei allen Vorschlägen für Maßnahmen zur Erhaltung und Verbreiterung von ländlichen Wegen steht die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Daher wird bei manchen Schadensbildern insbesondere an der Oberfläche ausdrücklich festgehalten, dass sie lediglich zu einer optischen und zu keiner substantiellen Beeinträchtigung führen.

Weitere Inhalte des Merkblatts sind:

- Erneuerung von Wegen durch Verwertung der vorhandenen Materialien der Wegebefestigung mit oder ohne Bindemittel (Kaltrecycling in situ),
- sonstige Wegebestandteile wie Zwischen- und Seitenstreifen, Seitengräben, Brücken und Durchlässe,
- ökologische und landschaftsästhetische Aspekte und
- grundsätzliche Hinweise zu einer Systematik der Wegeerhaltung.

Die Erneuerung eines in der Substanz zerstörten, ehemals mit Asphalt gebundenen Weges kann erfolgreich im Baumischverfahren durch *Fräsrecycling* mit hydraulischen Bindemitteln durchgeführt werden. Die vorhandene, meist zu dünne Deck- und Tragschicht wird nach Zugabe von Zement und ggf. weiterer Baustoffgemische aufgefräst, mit dem Grader eingeebnet und anschließend verdichtet. Nachdem der Vorgang des Abbindens beendet ist, kann auf diese zementverfestigte Tragschicht eine neue gebundene Deckschicht aufgebracht werden.

Erstmals werden in der 2008 erschienenen Neufassung des Merkblatts Empfehlungen für ein Wegeerhaltungsmanagement gegeben, stellen doch die ländlichen Wegenetze einen erheblichen Vermögensbestand für die meist unterhaltungspflichtigen Kommunen dar.

Ausblick

Durch vermehrte bauartbedingte Überbreiten und durch größere Achslasten landwirtschaftlicher Fahrzeuge sowie durch eine zunehmende Mehrfachnutzung der ländlichen Wege gilt es betriebsbedingt oder regional neue Anforderungen an das ländliche Wegenetz zu berücksichtigen, Bild 5.

Foto: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, Stuttgart

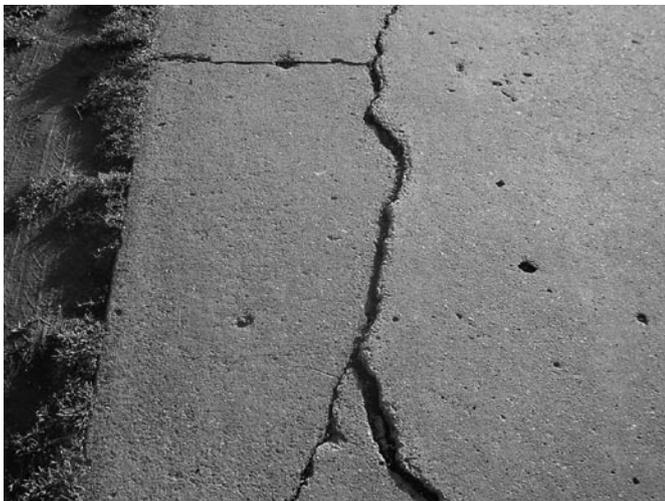


Bild 4: Risse im Randbereich einer Betonplatte mit Absackung infolge ungenügender Tragfähigkeit der Unterlage

Foto: Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, Stuttgart



Bild 5: Moderner Traktor und Gülleanhänger mit einer Breite von 3 m und einem Gesamtgewicht von über 30 t

Mögliche Folgen dieser Anforderungen werden sein, dass die Entwurfsgrundlagen und Standardbauweisen der RLW und die Vorgaben für die Befestigung von Standardbauweisen der ZTV LW nicht mehr ausreichen. Daher wird eine Anpassung beider Regelwerke in nächster Zeit unumgänglich sein. Vom Arbeitsausschuss ländliche Wege der FGSV sind für die ZTV LW bereits erste Konzepte entwickelt worden. Für die RLW wird durch die DWA zu Beginn des Jahres 2009 eine Arbeitsgruppe konstituiert werden.

Erste Ansätze einer Fortschreibung sind in den „Ergänzenden Grundsätzen für die Gestaltung ländlicher Wege zu den RLW“ enthalten, 2003 herausgegeben als Sonderheft von der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Landentwicklung [4]. Wesentliche Inhalte dieser Schrift sind erweiterte Fahrbahnbreiten von ländlichen Wegen und insbesondere von Wegebrücken vor allem dort, wo in besonderen Fällen auf Grund betriebswirtschaftlicher Verhältnisse größere Fahrzeuge und Geräte regelmäßig zum Einsatz kommen.

Teil dieses Sonderhefts sind die leider wenig bekannten „Grundsätze für die Gestaltung ländlicher Wege bei Baumaßnahmen an Bundesfernstraßen“, veröffentlicht 2003 durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen [5]. Wesentliche Aussage dieser Grundsätze ist, dass auch bei Baumaßnahmen an Bundesfernstraßen die Regelwerke für den ländlichen Wegebau anzuwenden sind, Bild 6.

Regelwerke

- [1] RLW Richtlinien für den ländlichen Wegebau. Arbeitsblatt DWA-A 904. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Ausgabe 2005.
- [2] ZTV LW 99/01 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2007.
- [3] M ELW Merkblatt für die Erhaltung ländlicher Wege. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2008.
- [4] Ergänzende Grundsätze für die Gestaltung ländlicher Wege zu den Regeln 137/1999 der Richtlinien für den ländlichen Wegebau. Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Arge Landentwicklung, 2003.
- [5] Grundsätze für die Gestaltung ländlicher Wege bei Baumaßnahmen an Bundesfernstraßen. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Ausgabe 2003 (eingeführt mit ARS 28/2003).



Foto: Thomas Richter

Bild 6: Betonspurweg entlang der Autobahn A 38

Die Nutzung erneuerbarer Energien gewinnt in Deutschland zunehmend an Bedeutung. Die Energiegewinnung durch Vergärung organischer Materialien ist seit langem bekannt. Eine nennenswerte Nutzung der Vergärung im landwirtschaftlichen Bereich ist seit Anfang der 1990er Jahre zu beobachten. Für Landwirtschaftsbetriebe kann die Biogasproduktion verbunden mit der Erzeugung von Strom und Wärme eine zusätzliche Einkommensquelle darstellen.

■ 1 Herkunft und Gewinnung von Biogas

Hauptbestandteil der zur Biogaserzeugung notwendigen Biomasse war bisher i. d. R. Gülle aus der landwirtschaftlichen Tierproduktion. Zunehmend werden speziell für die Biogaserzeugung angebaute nachwachsende Rohstoffe verwendet, kurz NawaRo genannt. Das kann z. B. „Energie“mais sein. Daneben können andere Reststoffe aus dem landwirtschaftlichen Betriebskreislauf, wie Festmist, Stroh, Rübenblatt, Gemüseabfälle oder Grüngut, eingesetzt werden. Die Mitvergärung anderer organischer Stoffe (Cofermentation), z. B. Reststoffe der Lebensmittelindustrie (Fette, Biotreber, Trester, Melasse, Bioabfall aus der Kommunalentsorgung), ist möglich. Zu beachten sind verschiedene gesetzliche Rahmenbedingungen auf Bundes- und Landesebene bei der Genehmigung von Biogasanlagen [1].

Die in den organischen Substraten gespeicherte Energie wird durch mikrobielle Fermentation (Vergärung, Ausfäulung) unter Luftabschluss bei 25 °C bis 55 °C nutzbar gemacht. Organische Stoffe (Fette, Kohlenhydrate, Eiweiße) werden durch Bakterienkulturen in niedermolekulare Bausteine zerlegt und dabei methanreiches, energiereiches Biogas freigesetzt. Bild 1 zeigt schematisch den stofflichen Vorgang beim Vergären. Tafel 1 verdeutlicht die chemische Zusammensetzung des entstehenden Biogases. Das Biogas kann

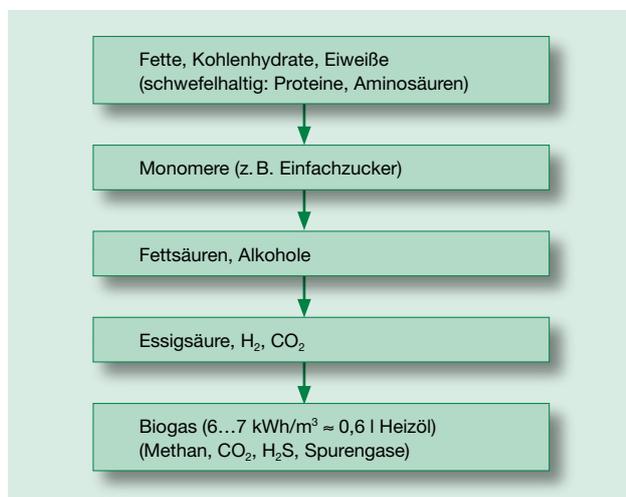


Bild 1: Stofflicher Ablauf der Biogaserzeugung durch Vergärung (vereinfacht)

Tafel 1: Zusammensetzung von Biogas

Inhaltsstoffe	Anteil in Vol.-% ¹⁾
Methan CH ₄	55 ... 75
Kohlendioxid CO ₂	25 ... 45
Schwefelwasserstoff H ₂ S	0,1 ... 0,6
Stickstoff N ₂ Sauerstoff O ₂ Chloride Cl ⁻	Wasserstoff H ₂ Ammoniak NH ₄ Fluoride F ⁻
	in Spuren

¹⁾ Anteile differieren je nach Gärsubstrat sowie Gärverfahren.

in Blockheizkraftwerken verbrannt und verstromt werden. Möglich ist auch – nach entsprechender Aufbereitung des Gases – die Einspeisung ins Erdgasnetz oder die Verwendung als Treibstoff für gasbetriebene Fahrzeuge [2].

■ 2 Anwendungsbereiche für Beton

In Biogasanlagen kommt Beton vor allem im Behälterbau zum Einsatz:

- Vorlagerbehälter zum Sammeln von Gülle und zum Einmischen von Cofermenten
- Biogasfermenter (Gärbehälter und Nachgärbehälter) mit Behälterdecke oder bei Gasspeicherung mit Folienabdeckung
- Lagerbehälter für vergorenes Substrat

Stahl- und Spannbetonbehälter in Ortbeton- und Betonfertigteiltbauweise eignen sich für alle Größen von Biogasanlagen bei den derzeit üblichen Verfahren (Speicher-Durchfluss-Anlagen, Speicheranlagen, Durchflussanlagen). Möglich sind sowohl Hoch- als auch Tiefbehälter. Als Vor- und Nachlagerbehälter eignen sich auch Behälter aus Betonform- oder Betonschalungssteinen.

■ 3 Beton für Biogasfermenter

3.1 Funktion

Die eigentliche Vergärung (Fermentation, Ausfäulung) erfolgt im Fermenter (Gärbehälter). Die mikrobiellen Abbauprozesse müssen unter Luftabschluss und ohne Lichteinfall stattfinden. Die Speicherung des entstehenden Biogases kann im Gasraum über dem Gärsubstrat erfolgen (gasdichte Folienabdeckung mit Unterkonstruktion) oder separat geschehen, Bilder 2 und 3. Dann werden die Behälter oft mit einer Betondecke geschlossen.

Der Temperaturbereich der Vergärung liegt bei 25 bis 55 °C (so genannte mesophile bzw. thermophile Anlagen). Zur Sicherung der Prozesstemperatur erhalten die Fermenter i. d. R. eine nagerfeste und feuchteunempfindliche Wärmedämmung (im Erdreich Perimeterdämmung) und eine Verklei-



Bild 2: Biogasfermenter mit Foliendach



Bild 3: Biogasfermenter mit Betondecke

ding. Werden im Gasbereich Wärmedämmungen im Behälterinneren angeordnet, müssen diese zusätzlich beständig gegen Säure- und Sulfatangriff sowie mikrobielle Einwirkungen sein. In die Bodenplatte oder Wände können Warmwassersysteme zur Aufheizung des Behälters integriert werden (eingelegte Heizschlangen). Alternativ kommen Heizschlangen im Gärsubstrat (vor den Behälterwänden liegend) zum Einsatz.

3.2 Bemessung

Bei der Tragwerksplanung der Behälter nach DIN 1045-1 [3] sind u. a. folgende Einwirkungen nach DIN 1055 [4] bzw. in Anlehnung an DIN 11622-1 [5] zu berücksichtigen:

- Eigenlasten des Betons
- Lasten durch die maschinentechnische Ausrüstung
- Lasten aus der Gärsubstratfüllung
- Lasten aus der Abdeckung des Behälters
- Erddruck bei Tiefbehältern oder Erdanschüttung
- Zwangsspannungen aus Hydratation (Betonhärtung) und Temperaturschwankungen
- Zwangsspannungen beim Aufheizen des Behälters
- temporäre Bauzustände im Winter (Frost)
- Auftrieb
- Verhinderung des Gleitens bei Behältern in Hanglage
- Rissbreitenbeschränkung (Dichtheit)
- Über- bzw. Unterdruck im Fermenter
- Einwirkungen infolge Erdbeben (standortabhängig)

Behördlicherseits wird i. d. R. ein Leckererkennungssystem unter den Behältern gefordert. Dies ist bei der Bemessung insbesondere von Behältern in Hanglage zu berücksichtigen (Gleitsicherheitsnachweis). Außerdem kann die Sohle im Wasser stehen, wenn die Dichtungsbahnen für die Leckererkennung nicht dicht an die Behälterwand angeschlossen sind.

3.3 Chemische Beanspruchung des Betons, Dauerhaftigkeit

Die landwirtschaftlichen Gärsubstrate und ihre Abbauprodukte stellen im flüssigkeitsberührten Bereich eine chemisch schwach angreifende Umgebung für Beton dar (Expositionsklasse XA 1). Werden zur Biogaserzeugung organische Stoffe eingesetzt, die ihren Ursprung außerhalb des landwirtschaftlichen Produktionskreislaufs haben, ist im Einzelfall über den Betonangriff zu entscheiden.

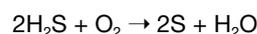
In den Ausgangsstoffen zur Biogaserzeugung können Eiweiße (Proteine, Aminosäuren) schwefel-, sulfat- oder sulfidhaltig sein.

Geringe Anteile enthalten Gärsubstrate aus Mais oder Gras, deutlich höhere Gehalte besitzen Rinder- und Schweinegülle sowie besonders Hühnermist. Bei NawaRos können Schwefeldüngungen zu deutlichen Erhöhungen der Schwefelanteile führen.

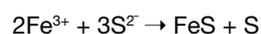
Das sich im Gasraum über dem Substrat bildende Biogas enthält Schwefelwasserstoff H_2S , Bild 4. Schwefelwasserstoff verursacht Probleme bei der Arbeitssicherheit und kann zur Korrosion von Bau- und Werkstoffen führen (Sulfidprobleme, Bildung von Schwefelsäure und schwefliger Säure), Bilder 4 und 5. Insbesondere sinkt die Lebensdauer der Biogasgeneratoren zur Stromerzeugung bei höheren Schwefelwasserstoffgehalten im Brenngas deutlich. Hohe Schwefelwasserstoffgehalte führen zu erhöhten Wartungskosten (spezielle Motorenöle mit hoher Basenzahl, häufiger Ölwechsel) sowie im Abgas der Generatoren zu aus Umweltgründen unerwünschtem höherem Schwefeldioxidgehalt. Schwefelwasserstoff ist giftig sowie bei höherer Konzentration lebensgefährlich und explosiv.

An den Oberflächen der Bauteile und der Ausrüstungstechnik können sich Thiobakterien ansiedeln, die zu einem Säureangriff auf Beton, Zementmörtel und fast alle metallischen Werkstoffe führen. Bei höheren Temperaturen beschleunigt sich die Säurebildung sehr stark. Ausführliche Erläuterungen zu Sulfidproblemen und zur Wirkungsweise der so genannten biogenen Schwefelsäurekorrosion enthält [7].

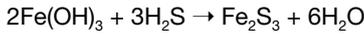
Die Entschwefelung des Biogases ist daher unbedingt erforderlich. Häufig eingesetzt wird die Entschwefelung im Gasraum des Fermenters durch Einblasen von 3 bis 8 Vol.-% Frischluft, bezogen auf die erzeugte Biogasmenge. Um das richtige Luftvolumen einzublasen, muss die erzeugte Gasmenge gemessen und der Schwefelwasserstoffgehalt im Gas bekannt sein. Chemisch wird Schwefelwasserstoff zu unlöslichem Schwefel umgesetzt:



Alternativ kann dem Gärsubstrat dreiwertiges Eisen (z. B. 3,2 g Eisen-III-chlorid / g H_2S) zugesetzt werden, so dass es nicht zur Freisetzung von Schwefelwasserstoff aus dem Gärsubstrat kommt:



Weitere Möglichkeiten der Entschwefelung bestehen bei der Leitung von Biogas durch Eisenkies (2,1 g $Fe(OH)_3$ / g H_2S):



oder durch Aktivkohle unter Sauerstoffzufuhr, wobei die Aktivkohle als Katalysator fungiert:



Selten angewendet wird die Nassentschwefelung, d. h. die Lösung von H_2S in Waschflüssigkeit.

Wenn die Entschwefelung im Gasraum unvollständig erfolgt oder bei ungleichmäßiger Verteilung des zugeführten Sauerstoffs im Gasraum geringe Mengen Sauerstoff im Gasraum verbleiben, muss mit einem starken chemischen Angriff auf den Beton im

Gasraum gerechnet werden, es können Sulfidprobleme und damit biogene Schwefelsäurekorrosion auftreten. Der Beton ist damit der Expositionsklasse XA 3 zuzuordnen, die einen Schutz des Betons (z. B. durch geeignete Beschichtungen oder Auskleidungen) erforderlich macht und einen hochwertigen Beton fordert, Bild 6. Hintergrund ist, dass Beschichtungen im Allgemeinen kürzere Lebensdauern als das Betontragwerk selbst aufweisen. Bei Fehlstellen oder Alterungserscheinungen der Beschichtung muss der dann ungeschützte Beton zumindest für eine gewisse Zeitspanne widerstandsfähig gegen die Säure- und Sulfatbeanspruchung sein. Der Einsatz von Zementen mit hoher Sulfatbeständigkeit (HS-Zemente, zukünftig SR-Zemente) hemmt und verlangsamt die biogene Schwefelsäurekorrosion, kann aber die Betonschädigung nicht dauerhaft verhindern.

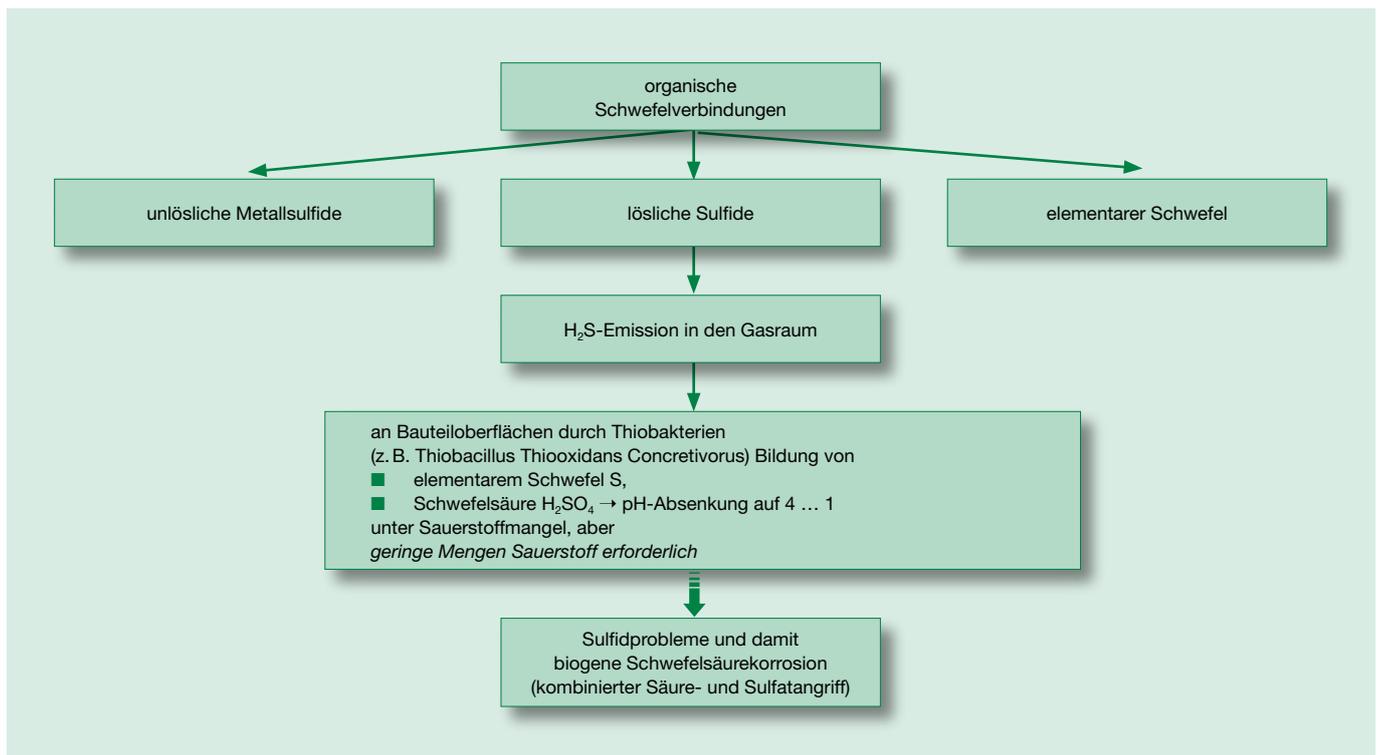


Bild 4: Chemische Prozesse beim Vergären, die zu Sulfidproblemen und damit zur biogenen Schwefelsäurekorrosion führen können

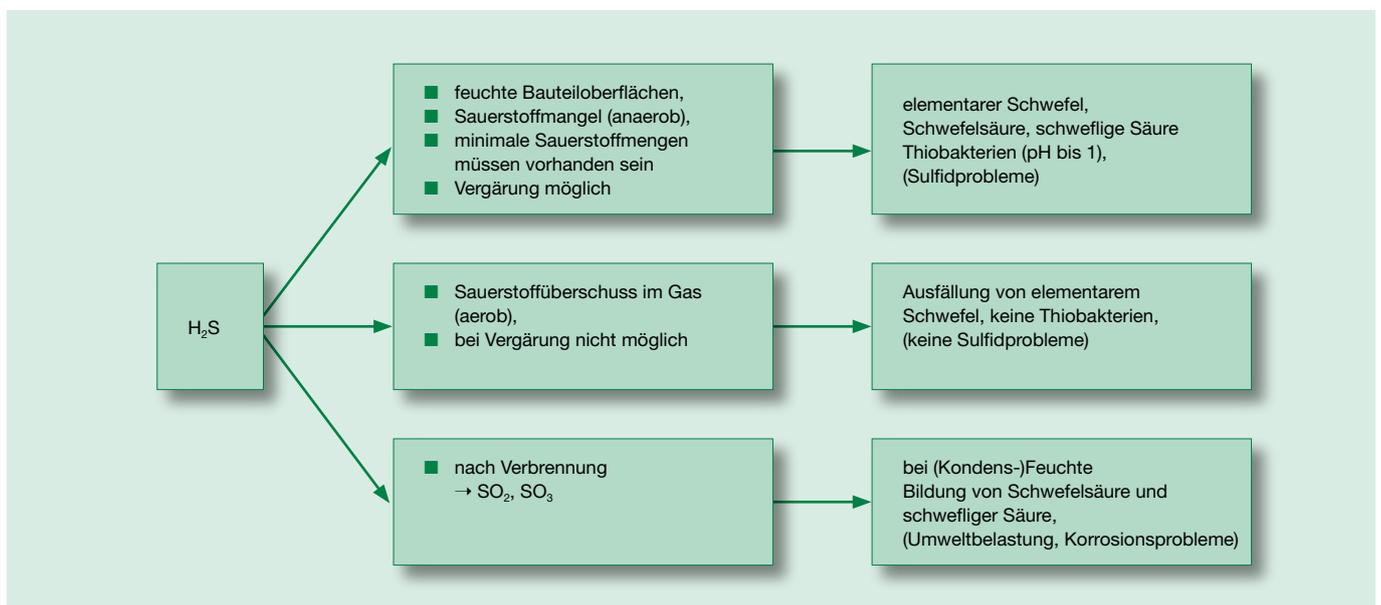


Bild 5: Verhalten von Schwefelwasserstoff im Gasraum bei unterschiedlichen Randbedingungen



Bild 6: Beschichtung und Wärmedämmung im Fermentergasraum

Alternativ kann konstruktiv eine Trennung von Tragfunktion (Beton) und Abdichtungsfunktion (z. B. durch Auskleidung) vorgenommen werden, wenn Tragkonstruktion und Abdichtung eine gleichwertige Nutzungsdauer besitzen. Beton wird dann keinem chemischen Angriff ausgesetzt. Bei Foliendächern kann die innere Folie bis in das Gärsubstrat geführt werden und an der Behälterinnenwand mit Edelstahl der Widerstandsklasse III nach bauaufsichtlicher Zulassung angeflanscht werden. Damit wird die Betonwand im Gasbereich vor biogener Schwefelsäurekorrosion geschützt und gleichzeitig das Abfließen von sauren, korrosiven Kondensaten vom Foliendach auf die Betonoberfläche verhindert.

Auf Schutzmaßnahmen im Gasbereich kann verzichtet werden (und die Expositionsklasse für den chemischen Angriff auf Beton abgemindert werden), wenn unter Berücksichtigung der konkreten Verfahrenstechnik und der eingesetzten Gärsubstrate ein starker chemischer Angriff auf Beton ausgeschlossen werden kann. Diese Voraussetzungen müssen für die Nutzungsdauer des Fermenters gegeben sein.

Damit ergeben sich folgende Expositionsklassen für Beton in Biogasfermentern

- Gärsubstrat (Flüssigphase) in Anlehnung an DIN 11622-2 [6]
 - XA1 chemisch schwach angreifende Umgebung für landwirtschaftliche Gärsubstrate; bei Cofermenten ist der chemische Angriff im Einzelfall festzulegen
 - WA bei Gärsubstrat Gülle; WF, wenn die Gärsubstrate keine Alkalien enthalten
 - XC2 Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung (innen, Betondeckung entsprechend XC4 in Anlehnung an DIN 11622-2, Abschnitt 3), XC3 (außen, unter Wärmedämmung)
 - Beton mit hohem Wassereindringwiderstand
 - Rechenwert der Rissbreite nach DIN 1045-1 [3]
- Gasphase
 - a) XA3 chemisch stark angreifende Umgebung (mit Schutz des Betons),

- b) alternativ Trennung von Trag- und Schutzschicht (z. B. chemisch beständige Auskleidung mit gleicher Nutzungsdauer wie der Betonbehälter)
- c) besondere verfahrenstechnische und betriebliche Maßnahmen zur Vermeidung von biogener Schwefelsäurekorrosion (dann ist eine geringere XA-Einstufung möglich)
 - WF Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäure-Reaktion
 - XC3 Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung (innen, Betondeckung entsprechend XC4 in Anlehnung an DIN 11622-2, Abschnitt 3 [6]), XC3 (außen, unter Wärmedämmung), XC4, XF1 (außen, direkt bewittert)
 - Beton mit hohem Wassereindringwiderstand und hoher Gasdichtheit ($w/z \leq 0,50$)
 - Rechenwert der Rissbreite nach DIN 1045-1 [3] sowie in Abhängigkeit von der gewählten Lösung zur Sicherung der Gasdichtheit (z. B. rissüberbrückende Beschichtung, Auskleidung, planmäßiges Schließen von (Trenn-)Rissen)

Im flüssigkeitsberührten Raum bedeutet dies eine Betonfestigkeitsklasse $\geq C25/30$, im Gasbereich (XA3) $\geq C35/45$ bzw. $\geq C30/37$ (LP) bei frostbeaufschlagten Bauteilen. Bei Trennung von Trag- und Dichtungsschicht im Gasraum oder technologischen Maßnahmen zur Vermeidung von biogener Schwefelsäurekorrosion kann nach Bewertung im Einzelfall die Mindest-Betonfestigkeitsklasse abgemindert werden [8].

Im flüssigkeitsberührten Bereich wird die Rissbreitenbeschränkung im Regelfall unter Nutzung der so genannten Selbstheilung des Betons festgelegt. Diese betontypische Eigenschaft bedeutet, dass Risse geringer Breite sich beim Durchfließen mit Wasser oder Gülle selbsttätig abdichten [6, 7, 8]. Die Selbstheilung kann je nach Randbedingungen (vorhandene Rissbreiten, Wanddicke, Wasserdruck, Temperatur) bis zu sechs Wochen benötigen. Nach dieser Zeit noch wasserführende Risse müssen durch Injektion abgedichtet werden [8].

3.4 Gasdichtheit

Die ausreichende Gasdichtheit des Betons ist im Regelfall gegeben, wenn der Wasserzementwert $w/z \leq 0,50$ eingehalten und eine fachgerechte Verarbeitung sowie Nachbehandlung sichergestellt ist [10]. Trennrisse sind i. d. R. gasdurchlässig und müssen geschlossen werden. Die Gasdichtheit kann auch durch Beschichtungen bzw. Auskleidungen sichergestellt werden. Verfahrensbedingt auftretende Über- und Unterdrücke können im Einzelfall zusätzliche Maßnahmen erfordern.

4 Konstruktive Durchbildung

In Anlehnung an DIN 11622-1 [5] sind die Bauteile mindestens 18 cm dick auszuführen.

Alle Bauwerksfugen und Durchdringungen sind wasserundurchlässig (flüssigkeitsberührter Bereich) bzw. gasundurchlässig (Gasraum) auszubilden. Die erforderlichen Verwendbarkeitsnachweise der Fugenabdichtungen sind z. B. in [14] beschrieben.

Die Sicherheitsregeln der Berufsgenossenschaft sind zu beachten [11]. Hinweise für die verfahrenstechnische Auslegung von Biogasanlagen und die notwendigen Anlagenkomponenten geben z. B. [12, 13].

■ 5 Beton für Vor- und Nachlagerbehälter

Behälter zum Sammeln und Vorlagern von Gülle, Gärfutter und anderen organischen Stoffen des landwirtschaftlichen Betriebskreislaufs sowie Lagerbehälter für die ausgefaulten Substrate können nach den Regeln für Güllebehälter und Gärfuttersilos DIN 11622-2 [6] geplant und gebaut werden. Bei Verwendung anderer organischer Stoffe (Cofermentate) ist die Festlegung über DIN 11622-2 hinausgehender Maßnahmen im Einzelfall zu prüfen (z. B. Einstufung XA, Rissbreitenbeschränkung). Nachgärbehälter (geschlossen) sind wie Fermenter auszuführen.

■ 6 Literatur

- [1] DWA-M 380: Merkblatt Co-Vergärung in kommunalen Klärschlammfaulbehältern, Abfallvergärungsanlagen und landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Bad Hoenef 2009.
- [2] Biogas. Bauen für die Landwirtschaft 37 (2000) Heft 3 und 40 (2003) Heft 1.
- [3] DIN 1045-1:2008-08 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Teil 1: Bemessung und Konstruktion.
- [4] DIN 1055 Einwirkungen auf Tragwerke (Normenreihe).
- [5] DIN 11622-1:2006-01 Gärfuttersilos und Güllebehälter. Teil 1: Bemessung, Ausführung, Beschaffenheit; Allgemeine Anforderungen.
- [6] DIN 11622-2:2004-06 Gärfuttersilos und Güllebehälter. Teil 2: Bemessung, Ausführung, Beschaffenheit – Gärfuttersilos und Güllebehälter aus Stahlbeton, Stahlbetonfertigteilen, Betonformsteinen und Betonschalungssteinen.
- [7] Zement-Merkblatt T 3: Sulfide in Abwasseranlagen, Ausgabe 1999-02.
- [8] DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Ausgabe 2001-10.
- [9] Lohmeyer, G.; Ebeling, K.: Weiße Wannen – einfach und sicher. Verlag Bau+Technik, Düsseldorf 2007.
- [10] Jacobs, F.: Dauerhaftigkeitseigenschaften von Betonen. beton 40 (1999) Heft 5, S. 276-282.
- [11] Sicherheitsregeln für Biogasanlagen. Technische Information 4. Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften. Kassel 2008.
- [12] VDMA 4330: Biogasanlagen. Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb. Einheitsblatt des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. Frankfurt/M., Ausgabe 2006-02.
- [13] DWA-M 376: Merkblatt Sicherheitsregeln für Biogasbehälter mit Membranabdichtung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Bad Hoenef 2006.
- [14] Hohmann, R.: Fugenabdichtung bei WHG-Anlagen. beton 58 (2008) Heft 6, S. 260-268.

Verfasser: Dr.-Ing. Thomas Richter, BetonMarketing Ost, Leipzig



www.lgsa.de

LANDGESELLSCHAFT
SACHSEN-ANHALT MBH

Landwirtschaft
Kommunen
Wirtschaft
Grundstücke

»Wir beraten und betreuen Landwirte.«

- Bauplanung und Baubetreuung
- Antragstellung nach BImSch- u. LVP-Gesetzen
- Betriebswirtschaftliche Beratung
- Begleitende Beratung zum BQM
- Finanz- und Fördermittelmanagement
- Flächenbevorratung für LW-Betriebe

Landgesellschaft
Sachsen-Anhalt mbH
Große Diesdorfer Str. 56/57
39110 Magdeburg
Telefon: 0391 / 7 36 16
e-Mail: info@lgsa.de

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
Telefax 0511 554707-15
hannover@betonmarketing.de

BetonMarketing Ost

BetonMarketing Ost
Gesellschaft für Bauberatung und Marktförderung mbH
Teltower Damm 155
14167 Berlin-Zehlendorf
Telefon 030 3087778-0
Telefax 030 3087778-8
mailbox@bmo-berlin.de

BetonMarketing Süd

BetonMarketing Süd GmbH
Gerhard-Koch-Straße 2+4
73760 Ostfildern
Telefon 0711 32732-200
Telefax 0711 32732-202
info@betonmarketing.de

Rosenheimer Straße 145 g
81671 München
Telefon 089 450984-0
Telefax 089 450984-45
muenchen@betonmarketing.de

BetonMarketing West

BetonMarketing West
Gesellschaft für Bauberatung und Marktförderung mbH
Annastraße 3
59269 Beckum
Telefon 02521 8730-0
Telefax 02521 8730-29
info@bmwest.de