

The image shows the interior of a large, modern dairy barn. The structure is primarily made of light-colored wood, with a prominent wooden truss system supporting the roof. The floor is covered in straw bedding. Several cows are visible, some lying down in metal stalls and others standing. The lighting is bright, likely from skylights or large windows. The overall atmosphere is clean and well-maintained.

# Ratgeber Klimafreundlicher Stallbau

Klimaneutrale  
Landwirtschaft  
Graubünden

Bündner Bäuerinnen  
und Bauern engagieren sich  
für den Klimaschutz.





## Inhaltsverzeichnis

### **4 Einleitung**

**4** Klimafreundlich baue(r)n

### **6 Planung**

**6** Gebäude

**8** Konstruktion

**10** Interview mit Christian Manser

### **12 Materialien**

**12** Beton

**14** Holz

**15** Exkurs Holz

**16** Mauerwerk

**17** Exkurs Eternitfassade

**18** Stahl

**20** Glas

**21** Exkurs Glas und Fenster

### **22 Stallhaltung, Stallsysteme**

**22** Kleine Gase, grosse Wirkung

**23** Exkurs Weidehaltung

**24** Fressbereich

**25** Laufflächen

**26** Interview mit Mario Bühler

**28** Entmistungsroboter

**28** Exkurs Mistroboter

**30** Lagerung Mist und Gülle

**31** Exkurs Pflanzenkohle

**32** Interview mit Rut Janett

### **34 Energie**

**34** Power vom Bauer

**35** Solarstrom

**35** Exkurs Eigenverbrauchsoptimierung

**36** Wärme-Kraft-Koppelung (WKK)

**37** HTC

**38** Interview mit Michael Sattler

**40** Milchkühlung

**41** Beleuchtung

**41** Heubelüftung

**42** Stromproduktion und Elektromobilität

### **44 Recycling**

**44** Kreislaufwirtschaft

**45** Aus Alt mach Neu

**45** Second-Hand

**45** Recycling

### **46 Zu guter Letzt**

**46** Klimafreundlich bauen

**47** 10 Gebote für klimafreundliches Bauen

### **Impressum**

**Copyright** Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden, Cazis 2023

**Text** Ruedi Hunger, Landquart

**Bilder** Ruedi Hunger, Giorgio Hösli oder angegeben

**Gestaltung** Giorgio Hösli, Mollis

**Korrektur** Emilia Fromm, Malans

**Druck** Tipografia Menghini SA, Poschiavo





# Einleitung



Der Einfluss des Bauens auf den Ressourcenverbrauch und das Klima ist immens. Gebäude erstellen und betreiben, inklusive Rückbau verursachen vierzig Prozent des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstosses, den der Mensch verantwortet. Folglich hat die Bauwirtschaft hohes Potenzial für einen wirkungsvollen Klimaschutz. Der Ratgeber will erklären, neugierig machen, Lösungen aufzeigen und zum Handeln anregen.

## Klimafreundlich baue(r)n

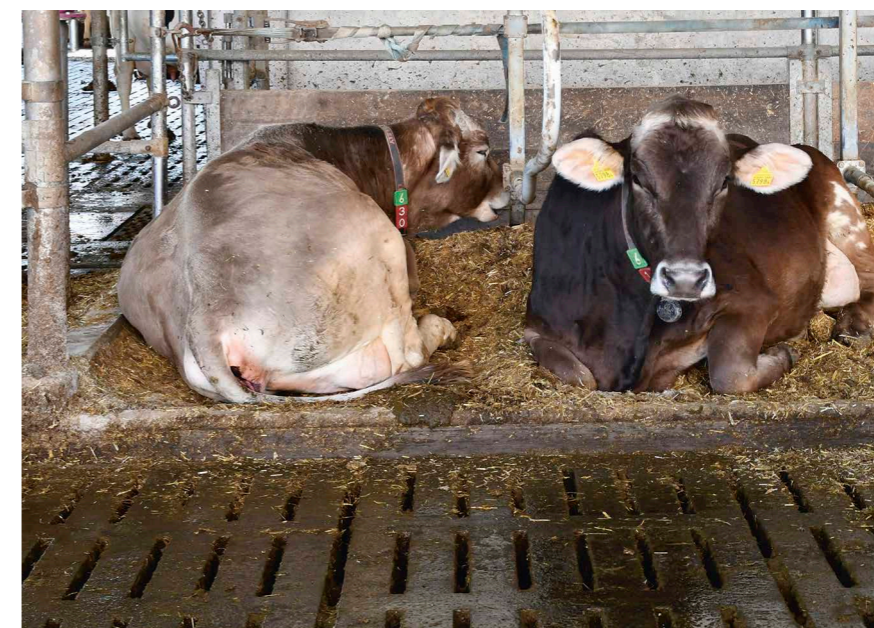
Klimagerecht bauen heisst: Es geht nicht um Energie, obwohl diese oft im Vordergrund steht, sondern um Treibhausgase. Bis ein Gebäude steht, wird gegraben, werden Rohstoffe abgebaut, transportiert, Baumaterialien gemischt, verklebt und mit unterschiedlichsten Zusätzen versehen. Dazu werden grosse Mengen an Energie benötigt. Meistens stammt diese Energie noch aus fossilen Quellen. Entsprechend viele Treibhausgase werden freigesetzt. Postfossiles Bauen sieht anders aus als das in der Vergangenheit, vom Fundament bis zum Dach. Doch klimafreundlicheres Bauen und effiziente Technologien reichen noch nicht aus, um den Klimawandel wirkungsvoll anzupacken. Ebenso wichtig ist die Umstellung unserer Lebensstile in Richtung «Suffizienz».<sup>1</sup> Es ist eine Suche, nach dem was wirklich notwendig ist. Die Frage nach dem rechten Mass und einer massvollen Selbstbegrenzung wird in diesem Ratgeber immer wieder gestellt.

### Alles ist im Fluss

Die Landwirtschaft lebt mit und von Veränderungen. Die allgemeinen Grundsätze eines klimagerechten oder klimafreundlichen Bauens gelten auch für die Schweizer Landwirtschaft. Denn auch hier wird viel gebaut: beispielsweise sind allein für die derzeit rund 1,5 Millionen Rinder zwischen 2010 und 2020 etwa 120'000 neue Kuhplätze geschaffen worden. Als landwirtschaftliche Besonderheit kommen in Verbindung mit dem Stallbau biologische Prozesse hinzu, welche die Umwelt und das Klima je nach Stallsystem und Haltungsförm der Tiere zusätzlich beeinflussen. Diese zusätzlich klimarelevanten Einflussfaktoren sind gleichzeitig eine Stellschraube, um vor allem die beiden Treibhausgase Methan und Lachgas in ihrer Entstehung und Verbreitung zu hindern.

### Nachhaltig und klimafreundlich baue(r)n

Ein Stall muss zahlreichen Anforderungen entsprechen. Landwirtschaftliche Bauten müssen die Anforderungen von Arbeitswirtschaft, Gewässerschutz und Tierwohl erfüllen. Ebenso sollen die Gebäude den Ansprüchen von Konsumenten



Ein planbefestigter Laufhof kann entsprechend sauber gehalten werden.

betreffend Erscheinungsbild, Lärm und Geruchsemissionen gerecht werden. Schliesslich dürfen die Kosten sowohl bei einem Neubau als auch bei einem Umbau ein tragbares Limit nicht überschreiten. Aufgrund ihrer meist grossen Volumen benötigen landwirtschaftliche Bauten viele klimarelevante Ressourcen. Auf dem Weg in Richtung Netto-Null haben landwirtschaftliche Bauten allerdings auch ein paar wichtige Trümpfe im Ärmel. Ökonomiegebäude sind prädestiniert dafür,

mit unbehandeltem Holz als nachwachsender Rohstoff gebaut zu werden. Zudem verfügen die Gebäude meist über grosse freistehende Dachflächen, welche sich hervorragend für die Produktion von Solarstrom eignen. Und aus der Vergärung von Biomasse lässt sich zusätzlich erneuerbare «Power vom Bauernhof» gewinnen. Kurz auf den Punkt gebracht: Ställe bieten eine grosse Chance, für die Energiewirtin oder den Energiewirt, um klimafreundlich zu baue(r)n. ■



«Klimafreundlich Bauen ist wie abnehmen, nur dass man CO<sub>2</sub> statt Kalorien zählt: Am weitesten kommt, wer an vielen Stellschrauben dreht. Man kann weniger essen oder sich mehr bewegen. Am besten tut man beides.»

In Anlehnung an Vorwort «Ausgepufft» Hochparterre 5/2020 CM



Buchtipps

### Klima bauen

Das Buch will aufzeigen, wie wir klimagerecht planen und bauen können – von der Architektur über die Landschaftsarchitektur bis zur Raumplanung. Es enthält konkrete Tipps von A wie Asphalt bis Z wie Zusatzstoffe, welche die Branche auf dem Weg zu Netto-Null unterstützen sollen. Es ist kurz und leicht verständlich geschrieben. Sehr empfehlenswerte Literatur, auch oder vor allem für den Bauherrn. Denn Klimakrise geht uns alle an.

Edition Hochparterre: Klima bauen. ISBN 978-3-909928-70-5 | CHF 29.–  
www.shop.hochparterre.ch

<sup>1</sup> Material und Energie sparen, das richtige Mass finden, Änderung vorherrschender Konsummuster.



# Planung

«Gut geplant ist halb gebaut». Die Planung ist eine erste Nagelprobe für die Suche nach dem, was wirklich notwendig ist und der Frage nach dem richtigen Mass. Genügsamkeit ist bezogen auf den klimafreundlichen Stallbau die grösste Stellschraube. Nur ein gut genutzter Quadratmeter ist ein klimaschonender Quadratmeter.

## Gebäude<sup>2,3</sup>

Vor der Definition von Zielen und Rahmenbedingungen liegt der Focus auf der Standortwahl. Terrainverschiebungen und Erschliessungsflächen sind zu minimieren. Ein An- oder Umbau an bestehende Gebäude ist ebenso zu prüfen wie ein Neubau. Ein Abbruch vernichtet immer Substanz, auch wenn die graue Energie bei einem mehr als sechzigjährigen Gebäude rechnerisch bereits abgeschrieben ist. Generell sind Umbauten und Gebäudesanierungen für das Klimaziel vorteilhafter als Neubauten. Neben den funktionalen Anforderungen sind auch gestalterische Qualitäten und Nachhaltigkeit anzustreben. Dimensionen und Proportionen des Gebäudes sind auf die Umgebung abzustimmen. Situationsangepasste Dachform wählen und Potenziale für die Produktion erneuerbarer Energien ausschöpfen. Für die Bauprojekt-Begleitung stehen Baucoaches<sup>4</sup> zur Verfügung, die von der Idee über das Vorprojekt, der Detailplanung bis zur Ausführung eine unabhängige Beratung anbieten.

### Jeder Quadratmeter zählt

Eine Kuh braucht heute inklusive Futterlager-raum im Schnitt 190 Kubikmeter Raum. Obwohl die Tierschutzgesetzgebung zur Sicherstellung von Tierwohl und Tiergesundheit Mindestmasse vorschreibt, ist ein Bauvorhaben so kompakt wie möglich vorzusehen. Beispielsweise kann der Futtertisch ohne Einschränkung des Tierwohls durch den Einbau eines Futterbandes oder durch die Verwendung eines Fütterungs-Roboters relativ schmal gestaltet werden.

### So wenig wie möglich ...

... und nur so viel wie notwendig. Ein Fundament braucht jeder Stall. Aber Aushub und Fundament machen schnell einmal mehr als zehn Prozent der Treibhausgase, verursacht durch die Erstellung, aus, bei komplizierten Baugruben auch mehr. Der Eingriff ins Terrain soll so klein wie möglich sein. Im Untergrund braucht es dicke Betonmauern und robuste Aufbauten. Das trifft bei landwirtschaftlichen Bauten insbesondere bei Güllegruben zu. Ohne Fundament oder mindestens Streifenfunda-

ment geht's beim landwirtschaftlichen Stallbau nicht. Ein Geschoss aus dem Fundament zu machen, ist dann sinnvoll, wenn Kellerräume, Garagen oder/und Werkstatt nötig sind. Meistens gilt aber: unten ohne Geschoss.

### Eine schlanke Tragstruktur

Die Tragstruktur ist die wichtigste Stütze einer klimaverträglichen Konstruktion. Die Schwerkraft fordert einen direkten Lastabtrag (Ableitung horizontaler oder vertikaler Kräfte). Komplizierte Abfangungen (Hilfskonstruktionen) und grosse, stützenfreie Spannweiten benötigen mehr und stärker belastbares Baumaterial. Beides erhöht im Fall von Stahlbeton die graue Energie markant. Im Nutzbereich gibt es konstruktive Vorteile, wenn im Bereich des Laufstalls die üblicherweise senkrechten Holzstützen V-förmig zusammengefasst werden und sich daraus mehr Stützenfreiheit ergibt. Holztragwerke können heute in nahezu beliebiger Form und Dimension hergestellt werden. Bei einer Abkehr von hochbelastbaren Systemen – und damit vom industriellen Holzbau – muss weniger Spannweite in Kauf genommen werden. Weil die Tragstruktur steht, bis das Gebäude rückgebaut wird, ist sie von anderen, kurzlebigeren Bauteilen zu trennen.

### Potenziale und Hürden<sup>5</sup>

Stallbauten haben das Potenzial zur Nutzung von Holz als nachwachsendem Rohstoff. Holz ist CO<sub>2</sub>-neutral und wird beim Einbau als CO<sub>2</sub>-Speicher angerechnet. Durch die Verwendung von Holz werden die Waldwirtschaft und das lokale Gewerbe unterstützt. Die Wertschöpfung bleibt in der Region – Ihrer Region. Daher: Holz ist das bevorzugte Material für klimafreundlichen Stallbau (siehe Kapitel «Holz»).

Neben den Vorschriften für das Tierwohl zählen stützenfreie Gebäudekonstruktionen zu den Kostentreibern beim Bau. Das Dilemma besteht darin, dass beispielsweise ein arbeitserleichternder Heukran eine stützenfreie Dachkonstruktion benötigt.

Alternativ können beispielsweise für trockene Aussen- oder Trennwände stabilisierte Lehmsteine (Terrabloc) verwendet werden.<sup>6</sup> Gibt es Schwierigkeiten beim nachhaltigen Stallbau? Nein, wenn die Prioritäten richtig gesetzt werden. Nachhaltigkeit ist zeitintensiv. Bei guter Planung ist nur die Planung teurer – und dies nur, wenn der betrachtete Zeithorizont zu kurz gefasst wird oder wenn das Geld mehr zählt als die Nachhaltigkeit. ■



«Holz isch heimelig» und ein hervorragender Baustoff.

<sup>2</sup> ALG/ARE: «Landwirtschaftliches Bauen in Graubünden» | [www.gr.ch](http://www.gr.ch) → Suchbegriff: Landwirtschaftliches Bauen → Globale Treffer

<sup>3</sup> Hochparterre «Ausgepufft» | [www.hochparterre.ch/nachrichten/themenfokus/klimatipps](http://www.hochparterre.ch/nachrichten/themenfokus/klimatipps)

<sup>4</sup> Siehe: [www.ammoniak.ch](http://www.ammoniak.ch)

<sup>5</sup> G+P Ingenieure, Workshop «Klimafreundlicher Stallbau», 23. Juni 2022, Plantahof Landquart

<sup>6</sup> Beispiel: Innenwände für die Renovierung eines landwirtschaftlichen Gebäudes in Chouilly



## Konstruktion

«Dauerhaft, aber nicht für die Ewigkeit», lautet das Motto. Eine dauerhafte Konstruktion ist eine klimaschonende Konstruktion. Der Grund liegt auf der Hand: Je länger ein Bauwerk steht, desto weniger Kilogramm CO<sub>2</sub> werden in Zukunft emittiert. Ganz wichtig ist in diesem Zusammenhang die Trennung von Bauteilen mit unterschiedlicher Lebensdauer und Funktion. Damit wird ermöglicht, Elemente mit kürzerer Lebenserwartung früher zu ersetzen. Die Dauerhaftigkeit darf aber nicht auf unbestimmte Zeit in die Zukunft verlagert werden. Berechnungen zur grauen Energie gehen deshalb von einer Amortisationsdauer von maximal 60 Jahren aus.

### Tiefbau

Auch hier gilt die Devise «so wenig wie möglich». Ein durchschnittlicher Aushub verursacht pro m<sup>3</sup> Aushubvolumen Treibhausemissionen in der Höhe

von 0,438 kg CO<sub>2</sub>-eq. Die Transportleistung mit einem Lastwagen (7,5 – 16 t) verursacht je tkm nochmals 0,232 kg CO<sub>2</sub>-eq.<sup>7</sup>

**Fazit:** ein Stallneubau ohne Aushub ist nicht möglich. Versuche daher, den Aushub vor Ort zu lagern und später wiederzuverwenden. Damit entfallen THG als Folge von Transportleistungen mit Lastwagen.

### Tragende Elemente

«Führe Kräfte nicht spazieren» soll heissen: Weil die Schwerkraft einen direkten Lastabtrag fordert, sollten keine komplizierten Abfangungen und riesige Spannweiten realisiert werden. Beides führt dazu, dass mehr und stärker belastbares Baumaterial erforderlich wird und sich der Anteil grauer Energie erhöht. Die Tragstruktur ist die wichtigste Stütze einer klimaverträglichen Konstruktion.

*Ein planbefestigter Laufhof kann entsprechend sauber gehalten werden.*



<sup>7</sup> Ökobilanzdaten im Baubereich, KROB/ecobau/IPB 2009/1:2022

<sup>8</sup> Hochparterre, Lexikon «Klima bauen»

Mit einem optimierten Tragwerk können bis zu 25 Prozent der Eigenlasten (= Ressourcen) eingespart werden.<sup>8</sup> Ein Grundsatz für Baufachleute lautet: «Nur Masse verbauen, wo auch Kräfte wirken». Diese Worte sollte sich auch der Bauherr merken, damit er auf gleichem Niveau mitdenken und mitreden kann.

### Haut statt Panzer

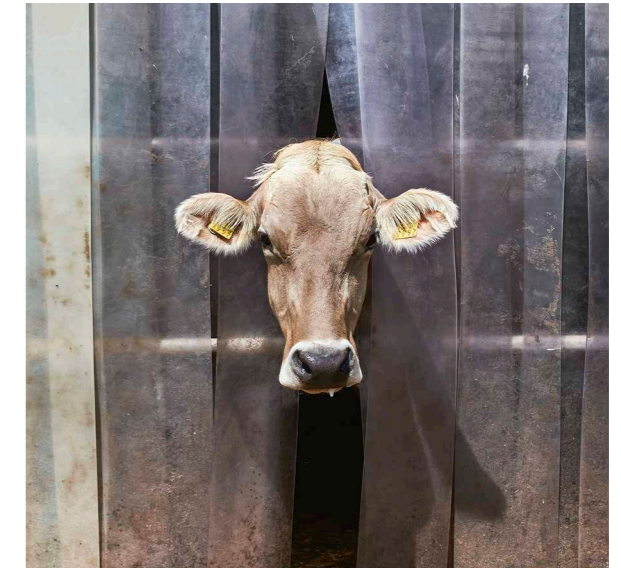
Für Fassaden gilt: «Baue leicht aber beständig». Entsprechend soll die Verkleidung aus guter, gleichbleibender Qualität, aber wenig Masse bestehen. Schwer bedeutet in der Regel viel CO<sub>2</sub>. Zweischalige Konstruktionen sind im Klimazeitalter out. Beispiel: eine Unterkonstruktion aus Metall kann bis zu einem Drittel der grauen Energie einer Aussenwand ausmachen, aus Holz hingegen ist der Anteil verschwindend klein.

### Licht, Luft und Klima

Licht ist essenziell für Mensch und Tier. Licht bedeutet Lebensqualität und Wohlbefinden. Beim Stallbau bringen grosse Öffnungen und offene Baukonstruktionen Licht ins Gebäudeinnere. Deshalb verfügen moderne Laufställe im Gegensatz zu früheren Anbindeställen über offene Fassaden, geschlitzte Wände (Spase board) oder Windschutznetze (Curtains), was nicht nur Luft, sondern auch Licht ins Innere bringt. Bei Altbauten empfiehlt es sich ebenfalls, die Wände unter Berücksichtigung der Statik zu öffnen.

### Laufhof als Verbindung

Heute gehört zu jedem Stall ein Laufhof. Allerdings ist ein Laufhof aus Klimasicht nicht un-



*Wenn Wände geöffnet werden, verhindern Streifenvorhänge und Windschutznetze unerwünschten Durchzug.*

problematisch. Es liegt in der Natur der Sache, dass ein Laufhof mit Kot (Mist) verschmutzt wird. Solche verschmutzten Flächen sind immer eine Emissionsquelle. Im Durchschnitt verursacht jeder Quadratmeter Laufhof zusätzliche Ammoniak-Emissionen von acht Gramm je Tier und Tag. Bei 20 Kühen auf 200 m<sup>2</sup> sind dies täglich 32 kg – diese Menge ist mehr als die Stickstoff-Menge in zwei Sack Ammonsalpeter.

Der Laufhof als Verbindungsglied zwischen (überdachten) Liegeboxen auf der einen Seite und überdachtem Fresstisch mit vorgelagerten erhöhten Fressplätzen auf der anderen Seite bietet den Kühen viel Komfort. Der Laufhof soll idealerweise nach Süden oder Südosten ausgerichtet sein. Eine Ausrichtung nach Osten oder Westen erfordert zusätzlichen Windschutz. ■

### Ausgepufft

33 Ideen in 6 Kapiteln, wie Architekten und Bauherren klimaschonend entwerfen sowie bauen können. In erster Linie geht es um eine sorgfältige Planung, danach enthält das Heft aber auch viele Tipps rund um Materialien, die Konstruktion und die Energietechnik. Die Tipps drehen sich nicht primär um den Stallbau, aber viele Anregungen können einem bei der Planung weiterhelfen. Leicht verständlicher Einstieg ins Thema «Klimafreundlich Bauen».

Edition Hochparterre: Sonderdruck «Ausgepufft». Leider vergriffen.

Webversion: [www.hochparterre.ch/nachrichten/themenfokus/klimatipps](http://www.hochparterre.ch/nachrichten/themenfokus/klimatipps)





## Interview mit Christian Manser

**Christian Manser, Ing. Agr. ETH, arbeitet am Landwirtschaftlichen Zentrum in Flawil (SG), wo er den Fachbereich Rindvieh betreut. Gesunde Tiere stehen im Mittelpunkt einer erfolgreichen Tierhaltung. Christian Manser kennt sich bestens aus mit den Bedürfnissen der Tiere haben und den Zielkonflikten, die bei einem Stallbau entstehen können.**

*Gibt es aus ihrer Sicht Zielkonflikte zwischen klimafreundlichem und tierfreundlichem Bauen?*  
Christian Manser: Klimafreundliches Bauen verfolgt das Ziel, die Ammoniakemissionen zu reduzieren. Dazu werden weniger verschmutzte Flächen angestrebt und gleichzeitig wird mit mehr Gefälle gebaut, damit der Harn rasch abfließen kann. Dies kann zu engeren Stallverhältnissen führen und andererseits kann durch das schnelle Austrocknen eine Schmierschicht entstehen.

*Welches sind die grössten Herausforderungen, um beide Aspekte «unter einen Hut» zu bringen?*

Für mich besteht aktuell die grösste Herausforderung darin, dass gewisse Beratungsstellen den Fokus ihrer Arbeit nur noch oder sehr stark auf Ammoniakemissionen legen. Ein Stall hat aber noch ganz viele andere Bedürfnisse zu erfüllen. Gesunde und langlebige Tiere sind für das Klima auch sehr wertvoll. Wenn wir den Fokus nur noch auf die Umwelt legen, dann verdrängen wir wichtige Aspekte rund um die Tiergesundheit und um die effizienten Arbeitsabläufe des Tierhalters. Ältere Kühe haben Probleme, wenn sie rückwärts über Stufen hinuntergehen müssen. Das mögen sie nicht. Genau diese Kühe strebe ich auf meinen Betrieben an.

*Generell, wohin geht der Trend beim Stallbau?*  
Bei Stallbauten wird heute fast ausschliesslich auf Laufställe gesetzt. Aus Sicht der Ammoniakreduktion hat aber der Anbindestall klare Vorteile. Dennoch, wenn man die Entwicklung im Tier- und Konsumentenverhalten anschaut, dann wird sich wohl der Laufstall durchsetzen. Ställe werden grösser, und grosse Tierbestände brauchen explizit im Fressgang verhältnismässig mehr Fläche. Die Weidewege werden länger, die klimafreundliche Weidehaltung wird aufwändiger. Die Stallflächen werden kompakter, zum Beispiel durch den Einsatz von Futterbändern.

Die Automatisierung ist ein weiterer Trend beim Stallbau. Es wird automatisch gemolken, automatisch gefüttert und automatisch entmistet. Generell steigt in neuen Ställen zudem die Frequenz der Entmistung. Wo früher der stationäre Schieber vielleicht fünf bis sechs Mal täglich den Mist weggebracht hat, werden heute die Flächen alle zwei Stunden gereinigt.

**«Es wird automatisch gemolken, automatisch gefüttert und automatisch entmistet. Generell steigt in neuen Ställen die Frequenz der Entmistung.»**

*Was steht bei den Landwirten auf der Wunschliste?*

Das sind in erster Linie kostengünstige, tierfreundliche Ställe mit optimalen Arbeitsabläufen. Kostengünstiges Bauen wird immer schwieriger, weil sich die Preise für Arbeit und Material nach oben bewegt haben. Landwirte wollen automatisierte Ställe. Viel Geld fliesst in die Technik und in spätere Service- und Unterhaltskosten. In meiner Beratungstätigkeit sehe ich, dass vermehrt Futterbänder nachgefragt sind. Diese sind sowohl bei Umbauten als auch bei Neubauten ein Thema.

*Ist klimafreundliches Bauen im Vorfeld eines Neubaus bei Landwirten ein Thema?*

Die allermeisten Landwirte bringen von sich aus nicht den Wunsch nach klimafreundlichem Bauen ein. Die Landwirte machen schon heute extrem viel Gutes für die Natur – freiwillig oder aufgrund der

**«Für Kühe bauen wir grundsätzlich zu grosse «Stehhöfe». Diese verursachen einen höheren Baulandbedarf, höhere Baukosten und führen zu mehr verschmutzter Fläche.»**

ökologischen Auflagen. Sie setzen sich für ein gesundes Umfeld ein und fragen sich manchmal, ob Betriebe mit klimafreundlichen Ställen und bodenaher Gülleausbringung tatsächlich einen Mehrertrag auf ihren Flächen erbringen. Dies konnte bislang noch nicht bestätigt werden und macht die Landwirte dann halt stutzig.

*Wo sehen Sie Probleme beim klimafreundlichen Bauen?*

Ein Problem beim klimafreundlichen Bauen sehe ich beim schnellen Harnabfluss. Das kann zu Schmierschichten führen, welche dann wieder mit Wasser in Trinkqualität gereinigt oder angefeuchtet werden. Zusätzliche Stufen und Podeste führen zu zusätzlichen Reinigungsarbeiten. Das händische Putzen von Harnsammelrinnen ist nicht zeitgemäss. Offene Ställe mit gutem Luftaustausch sind nicht gern gesehen, weil mehr Ammoniak aus dem Stall getragen wird. Auf der anderen Seite ist ein gut durchlüfteter Stall für die Kühlung der Kühe enorm wichtig. Immer wieder zu Diskussionen führt der Anspruch nach 2,5 Quadratmeter unüberdachter Fläche pro GVE. Für Kühe bauen wir grundsätzlich zu grosse «Stehhöfe». Diese verursachen einen höheren Baulandbedarf, höhere Baukosten und führen zu mehr verschmutzter Fläche. Sogar die Forscher haben festgestellt, dass Stehhöfe in neuen, offenen Ställen nicht mehr die gleiche Bedeutung haben wie noch zu Anfang des Baus von Laufställen. Mit einem in den Fressgang integrierten Laufhof mit weniger unüberdachter Fläche könnte für die Tiergesundheit und bezüglich gesamthaft verschmutzter Flächen einiges verbessert werden.

*Ist klimafreundliches Bauen aus Ihrer Sicht teurer?*

Klimafreundliches Bauen ist teurer. Häufig wird heute im Fressbereich auf einer Breite von etwa 4,5 Meter gebaut. Wenn vorne dann das Podest mit den Abtrennungen steht, gehen uns auf einen



«Glückliche Kühe – glückliche Bauern» dieser Grundsatz begleitet Christian Manser seit 25 Jahren. Seit 14 Jahren befasst er sich intensiv mit Kuhsignalen. Dabei stehen gesunde Tiere und optimierte Arbeitsabläufe immer im Fokus.

Schlag wieder rund 1,5 Meter verloren. Diesen Platz können die Kühe nicht zum Ausweichen nutzen. Dann bleiben hinten noch 3 Meter. Das ist – weil es gerade im wichtigsten Bereich des Stalles ist, wo wir die meisten Konflikte haben – für die Landwirte zu schmal, und sie setzen freiwillig nochmals einen halben Meter oder ein bisschen mehr an. Bei klimafreundlichen Ställen wird deshalb oft mehr Fläche verbaut. Oder die Fläche wird an einem Ort angebracht, wo sie der Tiergesundheit nichts bringt. Ich denke da konkret an den «Rindviehstall der Zukunft», der in den Medien präsentiert wurde. Dort ist die Fläche zwischen den gegenständigen Boxenreihen unverhältnismässig gross. Diese Mehrfläche bringt gar nichts und geht den Tieren zu Gunsten der Ammoniakreduktion verloren. Da müssen wir uns ernsthaft fragen, ob es richtig ist, Flächen zu verbauen, damit die für BTS-Tauglichkeit geforderten 10 Quadratmeter pro Tier vorhanden sind und diese Flächen den Tieren für die permanente Nutzung umgehend entzogen werden, nur damit weniger verschmutzte Böden im Stall sind. ■



# Materialien

Baumaterialien haben es bezüglich ihrer Umweltwirkung in sich. Beton hat neben einem gravierenden Klimaproblem, auch ein Imageproblem. Holz ist das Zugpferd der Nachhaltigkeit. Bei einem Mauerwerk kommt es auf den Stein an. Im Naturstein steckt die natürliche Energie aus Jahrtausenden. Stampflehm hat Potenzial, aber beschränkte Anwendungsmöglichkeiten.

## Beton

«Verbétoniert» ist die Welt. Beim Stallbau heisst die Devise deshalb, so wenig wie nötig. Für viele Konstruktionen, insbesondere im Tiefbau, ist Stahlbeton unverzichtbar. Wo hohe Kräfte wirken, ist er auch heute das Material der Wahl. Andere Baustoffe stossen pro Tonne Lastabtrag in der Regel mehr CO<sub>2</sub> aus. Beton ist omnipräsent verfügbar, ein Grund mehr, weshalb sein Klimahebel entsprechend gross ist. Ins Gewicht fällt – neben der Armierung – vor allem der Zement. Die Zementherstellung verursacht rund acht Prozent der globalen Treibhausgasemissionen, die der Mensch verursacht.

### Betonbestandteile

Die Herstellung von Beton in seiner einfachsten Form ist allgemein bekannt: Durch Mischen von Zement und Wasser entsteht der «Zementleim», der in Beton oder Mörtel die Gesteinskörnung (Kies) umhüllt und durch sein Erhärten fest miteinander verbindet. Kies ist ein unabdingbarer Bestandteil von Beton. Gleichzeitig ist Kies der einzige Rohstoff, der in der Schweiz in grossen Mengen zur Verfügung steht. Regional abgebauter und verarbeiteter Kies (Mischgranulat, Rundkies oder

Sand) ist ein klimagünstiges Material. Es verursacht bei der Verarbeitung jedoch Treibhausmissionen zwischen 1,4 und 1,8 kg CO<sub>2</sub>-eq je Tonne. Wird Kies transportiert, verursacht die Transportleistung (tkm) mit einem 32–40 t-LKW, Treibhausmissionen von 0,118 kg CO<sub>2</sub>-eq/tkm.

### Zement-Herstellung

Ausgangs- oder Rohmaterial für die Zementherstellung sind Kalk und Ton. Für die Herstellung von Zement muss man die steinernen Rohstoffe fast bis zur «Sinterung»<sup>9</sup> erhitzen. Die Klinkerherstellung ist der energieintensivste Vorgang im Herstellungsprozess. Dabei wird Rohmehl bei Temperaturen von 1000 °C zu Ofenmehl und wandelt sich anschliessend im Drehofen bei 1450 °C zu «Klinker» (Kalzium-Silikat-Kristalle). Bei diesem Vorgang entstehen steinartige Kügelchen, die so genannten Zement-Klinker, die anschliessend zu Pulver gemahlen werden (Zementpulver). Wird eine Tonne Zement hergestellt, steigen laut Empa rund 700 kg Kohlendioxid in die Atmosphäre. Das Problem ist der Kalkstein. Durch seine chemischen Reaktionen während der Zementherstellung ist er für einen Grossteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Für den klassischen Portlandzement gibt es keine Alternativen. Das für die Her-



## Fragen zum Bau mit Beton

### Was bedeutet Nachhaltigkeit beim Bau mit Beton?

Bei der Abwägung, ein Bauwerk zu erhalten oder es zurückzubauen, ist im Sinn der Nachhaltigkeit immer zunächst der erhaltende Ansatz zu verfolgen.

### Gibt es ressourcenschonende Optimierungen bei der Betonbauweise?

Eine statische Optimierung der Bauweise oder von Bauteilen aus Stahlbeton mit einfachen, gradlinigen Lastpfaden führt zu Material- und Gewichtseinsparungen.

### Welchen Einfluss hat eine statische Optimierung der Bauteilquerschnitte?

Eine Optimierung mit dem Ziel eines geringeren Materialeinsatzes beeinflusst die Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit der Tragstruktur. Gegebenenfalls wird auf Tragreserven verzichtet.

### Wie verhalten sich Optimierungen auf Nutzlaständerungen?

Nutzlaständerungen erfordern unter Umständen grössere Querschnitte. Diese wirken sich auf die Ökobilanz in der Herstellphase aus.

stellung wichtige Kalziumoxid bekommt man nur über Kalk, chemisch gesagt: Kalziumkarbonat. Bei der Umwandlung zu Kalziumoxid entsteht also zwangsläufig das Treibhausgas CO<sub>2</sub>, das dann in der Regel in die Atmosphäre entweicht. Das globale Erwärmungspotenzial (Umweltauswirkung) einer Tonne Portland-Zement liegt bei 665 kg CO<sub>2</sub>-Äq. Bei der Ökobilanzierung wird der Ressourceneinsatz für 1 Tonne Zement mit 644 MJ erneuerbarer Primärenergie bzw. 2060 MJ nicht-erneuerbarer Primärenergie beziffert.

### Beton ist hart, aber «bewegt sich doch».

Eine bereits existierende Alternative zum Portland-Zement ist der so genannte CSA-Zement. CSA-Zement wird aus den Rohstoffen Kalkstein, Gips und Bauxit hergestellt. Die um 200 °C niedrigere Brenntemperatur senkt den CO<sub>2</sub>-Ausstoss pro Tonne CSA-Zement um rund 200 kg. Statt 700 kg CO<sub>2</sub>, sind es also «nur noch» etwa 500 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne. Die deutlich geringeren THG-Emissionen

bei CSA-Zement hängen aber nicht nur mit der niedrigeren Brenntemperatur zusammen, sondern auch mit der geringeren Menge an Kalkstein in der Rohstoffmischung.

Bei Beton ist einiges im Fluss: Beispielsweise lassen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Zementproduktion senken, wenn der Anteil Kalkstein als Bindemittel verringert wird oder wenn durch Rezepturanpassungen eine geringere Brenntemperatur notwendig ist. ■

<sup>9</sup> Sintern: Pulvrige Stoffe unterhalb ihrer Schmelzgrenze verdichten.

<sup>10</sup> [www.empa.ch/de/web/s604/a-recipe-for-eco-concrete](http://www.empa.ch/de/web/s604/a-recipe-for-eco-concrete)

<sup>11</sup> Umwelt-Produktedeklaration Portlandzement (CEM I), Verein Deutscher Zementwerke | [www.vdz-online.de](http://www.vdz-online.de)

<sup>12</sup> [www.baustoffwissen.de](http://www.baustoffwissen.de)



## Holz

Holz wächst nur mit Sonnenlicht, CO<sub>2</sub>, Wasser und Nährstoffen aus dem Boden heran – dies in Wäldern, die seit Generationen bewirtschaftet werden. Holz zeichnet sich durch Langlebigkeit aus. Die regionale Verfügbarkeit macht Holz zu einem zukunftsträchtigen Baustoff für Stallbauten. Holz wirkt sich gleich doppelt auf die Treibhausgasemissionen aus: bei der Verarbeitung und als CO<sub>2</sub>-Speicher.<sup>13</sup> Regionales Denken und Handeln hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Deshalb ist die Nachhaltigkeit beim Bauen, von der Regionalität über die Ökologie bis zur CO<sub>2</sub>-Neutralität, ein wichtiger Treiber.



### Warum ist Holz klimaneutral?

Die Verwendung von Holz zum Bauen senkt temporär das CO<sub>2</sub>, weil das Gas dem natürlichen Zyklus besonders lang entzogen wird. Deshalb wird Holz beim Einbau als CO<sub>2</sub>-Speicher angerechnet. Allerdings berücksichtigen Klimabilanzen diesen Effekt zum Teil nicht, weil der im Holz gespeicherte Kohlenstoff beim Verbrennen oder Verrotten (in einigen Jahrzehnten) wieder freigesetzt wird.<sup>14</sup> Doch wir handeln jetzt und hier. Eine Studie der ETH spricht von 25 Prozent geringerer Klimabelastung als bei Massivbau.<sup>15</sup> Unbestritten sind die Vorteile des geschlossenen Kreislaufs von nachwachsendem Material. Ein Holzbau ist jedoch nicht einfach zum vornherein klimaneutral. Je nach Verarbeitungstiefe verursacht auch die Holzverarbeitung Treibhausgase.

### Holz steht für Regionalität

Global denken – lokal handeln, soll heissen, die Umweltproblematik ist ein weltumspannendes Problem, das lokal angegangen werden muss. Damit die Vorteile von Holz zum Tragen kommen, sollten die Bauteile nicht hunderte von Kilometern durch die Gegend gefahren werden. Lokales Holz nutzen heisst, die Wertschöpfung bleibt in der Region. Mit regionaler Holznutzung wird das lokale Gewerbe unterstützt, und es werden lokale Arbeitsplätze geschaffen oder erhalten. Die Verwendung von lokal geschlagenem Holz schafft einen ganz anderen Bezug zum Bauwerk, insbesondere wenn das Holz aus dem eigenen oder einem benachbarten Wald stammt.

### Stall aus Holz oder Holz am Stall

Bei der Verwendung von Holz als Baustoff schneidet Massivholz am besten ab. Einerseits weil es nicht aufwendig verarbeitet wird, andererseits weil keine zusätzlichen Stoffe eingesetzt werden. Bin-

*Holz ist klimaneutral und steht in der Region zur Verfügung.*

<sup>13</sup> Edition Hochparterre, Themenheft «Prix Lignum 2021» → Stimmen

<sup>14</sup> Bundesamt für Energie: «Klimapositives Bauen» | [www.pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10767](http://www.pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10767)

<sup>15</sup> Edition Hochparterre: «Klima bauen»

<sup>16</sup> MDF = mitteldichte Faserplatten | Edition Hochparterre «Klima bauen»

<sup>17</sup> Markus Brunner: WaldSchweiz («die umwelt» 2/2018)

## Exkurs Holz

Der Schweizer Wald ist bekannt dafür, dass er Leistungen wie den Schutz vor Naturgefahren erbringt. Die Forstwirtschaft ist bestrebt, die Wälder durch nachhaltige Nutzung in ihren Funktionen als Schutzwald, Energie-, Wasser- und CO<sub>2</sub>-Speicher sowie Erholungsfunktion zu unterstützen. Wer einheimisches Holz nutzt, verhindert anderswo auf der Welt eine schlechte Waldwirtschaft. Im Gegensatz zur Landwirtschaft ist die Schweizer Wald- und Holzwirtschaft vollständig dem freien Markt ausgesetzt.<sup>17</sup>

Die im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms «Ressource Holz» der ETH erarbeiteten Ergebnisse zeigen, dass die Schweiz durch die Verwendung von Holz ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoss jährlich um rund 2,2 Millionen Tonnen reduziert. Effekte sowohl im Inland als auch im Ausland sind mitberücksichtigt. Zu zwei Dritteln erfolgt die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses durch die Umstellung von Gas und Öl auf Holz bei den Heizungen. Der Rest ist auf den Einsatz von Holz im Bau und bei der Möbelherstellung zurück-

zuführen, wo Holz Beton, Stahl, Aluminium und Plastik ersetzt. Neue Innovationen zeigen, dass Holz als Bau- und Werkstoff auf immer grösseres Interesse stösst. Ein Beispiel sind Anstriche mit mikrofibrillierter Zellulose als Additiv, damit Gebäudefassaden nicht ergrauen. Sogar als Leuchtturm bezeichnet wird die Wohneinheit am Forschungs- und Innovationsgebäude (NEST) der Empa, die mit Buchenspertholz gebaut wurde.

demittel wie Leim können bei Holzwerkstoffen bis zu 60% der grauen Energie ausmachen. Beispiel: Die graue Energie von sägerohem, luftgetrocknetem Schnittholz ist bis zehnmal niedriger als von MDF-Platten.<sup>16</sup> Deshalb: Verwende sägerohes Holzbretter statt verleimte Holzplatten. Eine Vorfabrikation im Werk ermöglicht genauere Details, schlankere Bauteile, höhere Qualität und letztlich weniger Abfälle auf der Baustelle. Die Vorfabrikation zwingt zum Elementbau, was letztlich die Wiederverwendung vereinfacht. Weil die Tragkonstruktion bis zum Ende der Gebäudelebensdauer steht, sollten kurzlebige Bauteile auch bei Holzkonstruktionen einfach trennbar sein.

### Holzarten

Holz ist nicht gleich Holz. Als Faustregel gilt: Je stärker zerkleinert, desto mehr Bindematerial ist notwendig. Je nach Verwendungsort wird Weisstanne- oder Fichtenholz eingesetzt. Für Stallrichtungen eignet sich Esche. Bei hoch beanspruchten Teilen kommt Furnierschichtholz aus Baubuche zur Anwendung. Unabhängig von der Holzart muss beim Bauen mit Holz beachtet werden, dass im Hinblick auf Langlebigkeit, Holz und Feuchtigkeit strikt getrennt werden. ■

### Ausgezeichnete Projekte

Der Prix Lignum wird gesamtschweizerisch verliehen. Er will zukunftsweisende Arbeiten mit Holz bekannt machen und fördern. «Prix Lignum 2021» würdigt nicht nur Ästhetik und Innovation, sondern achtet auch auf Nachhaltigkeit. Die ausgezeichneten Projekte sind nicht zuletzt Botschafter einer klimafreundlichen Wirtschaft und ein Bekenntnis zu einem der wenigen erneuerbaren Rohstoffe der Schweiz.

Edition Hochparterre: Sonderdruck «Prix Lignum 2021».

Als E-Paper unter: [www.shop.hochparterre.ch](http://www.shop.hochparterre.ch) → Suchbegriff «Lignum»





## Mauerwerk

Wenn das Wörtchen «wenn» nicht wäre. Eine Backsteinwand ist die klimafreundlichere Alternative zu einer Betonwand, sofern die Statik, der Brand- und der Schallschutz keine hohen Anforderungen stellen. Der Leichtbau – vor allem aus Holz – schneidet allerdings nochmals deutlich besser ab. Als Aussen- und Innenwand dient ein Mauerwerk als Tragschicht oder Trennwand. Backstein enthält mehr graue Energie als der Kalksand- und der Zementstein. Hier wirkt sich der Herstellungsprozess, das Backen, nachteilig aus. Die beiden anderen Materialien, die im Gegensatz zum Backstein nur abbinden müssen, enthalten weniger graue Energie.

### Backstein, Kalksandstein, Zementstein

Auch bei den Mauersteinen gibt es Unterschiede. Energie Schweiz empfiehlt Kalksandstein oder Zementsteine zu verwenden, weil darin bis zu dreimal weniger Energie steckt. Beim Zementstein wird nur der Zement gebrannt und Kalksandstein

wird bei 200°C getrocknet. Beim Backstein erfordert der Brennvorgang allerdings Temperaturen von rund 1000 Grad. Einmal mehr zeigt sich, mehr Masse und mehr Hitze bedeuten mehr CO<sub>2</sub>. Generell gilt das Gebot der kurzen Distanzen oder mit anderen Worten: Verwende keinen Backstein aus Dänemark oder Norddeutschland. Die Ökobilanzdaten für jeweils 1 Tonne lauten wie folgt:

**Backsteine** (900 kg/m<sup>3</sup>) verursachen Treibhausgasemissionen in der Höhe von 267 kg CO<sub>2</sub>-eq.

**Kalksandsteine** (1400 kg/m<sup>3</sup>) verursachen Treibhausgasemissionen von 162 kg CO<sub>2</sub>-eq.

**Zementstein** (1700 kg/m<sup>3</sup>) verursachen Treibhausgasemissionen von 127 kg CO<sub>2</sub>-eq.

Die Wiederverwertung ist bei Backstein etwas eingeschränkt. Anders als früher die Vollsteine können die meisten Backsteine heute nicht mehr als Ganzes wiederverwendet werden, weil sie schnell kaputt gehen oder die Bearbeitung zu aufwendig ist (siehe Seite 44 Kreislaufwirtschaft).

### Mauerwerk nichttragend D=15 cm

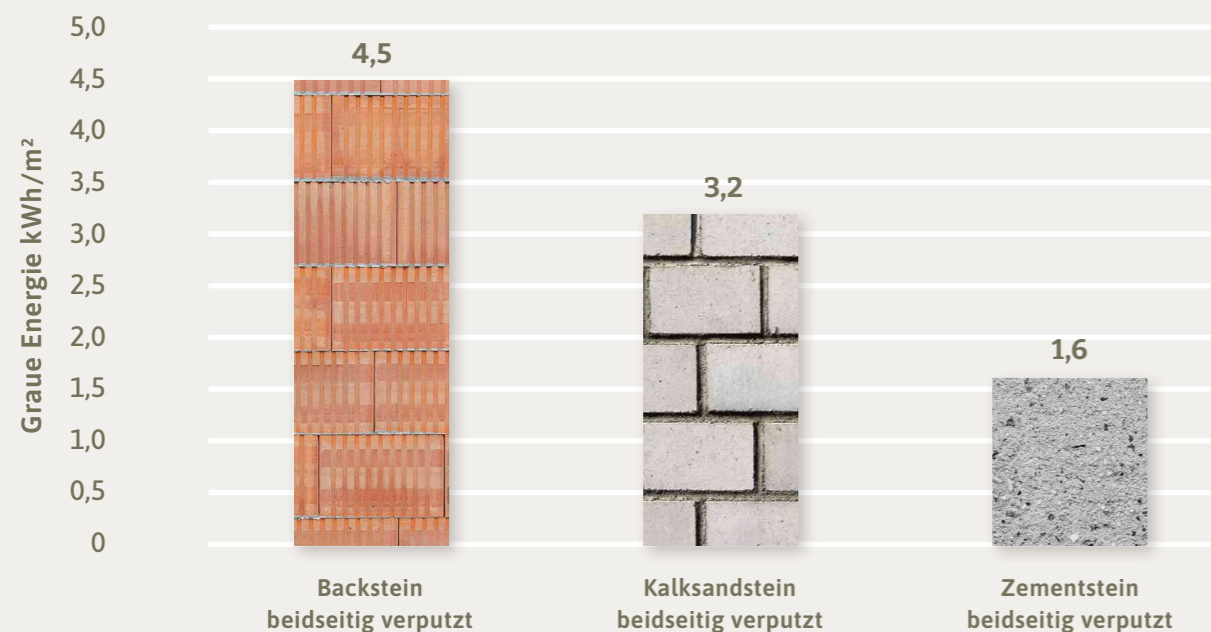


Abbildung 1 Die Graue Energie von Mauersteinen | Quelle: «Graue Energie von Neubauten» Ratgeber für Baufachleute



## Exkurs Eternitfassade

Eternit ist ein Faserzement Verbundwerkstoff aus Zement und zugfesten Fasern. Aus Sicht des klimafreundlichen Stallbaus leuchten beim Wort «Faserzement» bereits die roten Lampen. Es ist hinlänglich bekannt, wie energieaufwendig und damit klimaschädlich die Zementproduktion ist. Insbesondere an Stallfassaden haben deshalb Faserzement-Verbundwerkstoffe nichts zu suchen. Holz steht für diesen Zweck dem

Stallbau viel näher. Auch wenn Asbest 1990 von jeglichen Baustellen verboten wurde, verschwunden ist er deshalb nicht. Zahlreiche Dächer und Fassaden an landwirtschaftlichen Gebäuden, die vor 1990 erstellt wurden, sind mit asbesthaltigen Faserzementplatten verkleidet. Bei Abbruch-, Umbau- und Sanierungsarbeiten an Gebäuden ist deshalb die EKAS Richtlinie Asbest (auch Suva) einzuhalten.<sup>19</sup>

### Ist Lehm eine Alternative?

Lehm ist ein Material, das vor Ort verfügbar ist und nicht gebrannt wird, ergo ist es so gut wie klimaneutral. Ganz so einfach ist es jedoch nicht, wenn es um den Stallbau geht. Seine Stärke kann (Stampf)Lehm dort ausspielen, wo die Kräfte gering sind, beispielsweise für nicht tragende Mauern oder als thermische Masse in Holzbauten. Weil Lehm nicht wasserfest ist, wird er oft mit Zement stabilisiert. Damit verschlechtert sich natürlich die Treibhausbilanz erheblich. Neue Verarbeitungstechniken und Produkte wie beispielsweise ein Erdbeton oder Lehmziegel, die mit mineralischen Zusatzmitteln und mittels Zugaben von Naturfasern, Bambus oder Holz armiert werden, wecken Hoffnungen. Noch sind dies Nischenprodukte, und das Potenzial des wiederentdeckten Baustoffs ist noch lange nicht ausgeschöpft.<sup>19</sup>

räte, Betankungsplatz und Tanklager für Treibstoffe und Schmiermittel, Befüll- und Waschlätze für Spritzgeräte usw. ist ein dichter Bodenbelag notwendig. Alternativ zur Betonplatte bietet sich eine Asphaltdeckschicht an. Im Unterschied zu Beton mit Zement als Bindemittel dient bei Asphalt Bitumen als Bindemittel. Bitumen ist ein Destillationsrückstand aus Erdöl. Laut der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa fallen jährlich rund drei Millionen Tonnen Asphalt bei Strassensanierungen an. Der zu Granulat verarbeitete Abbruchasphalt wird beispielsweise als Kaltmischfundation wieder eingesetzt. Das spart zwar im Vergleich zu herkömmlichem Asphaltbeton Material und Energie, weil die kalte Mischung aber mehr Bitumen und Zement benötigt und beim Einbau stärker verdichtet werden muss, ist die Ökobilanz trotzdem negativ. ■

### Asphaltdeckschichten

Befestigte Hof- und Vorplätze sind ein Muss. Sauberkeit ist Teil des Images, mit welchem sich ein Betrieb nach aussen präsentiert. Für einzelne Bereiche wie Reinigungsplatz für Maschinen und Ge-

<sup>19</sup> www.suva.ch/asbest

<sup>18</sup> Oxara Erdbeton, ETH Zürich; News «Aus Lehm betoniert» | Kibeco Lehmbeeton/Terrabloc SA (Schweizer Baumuster-Centrale) www.baumuster.ch



## Stahl

Stahl ist als Baustoff aus unserer Welt nicht mehr wegzudenken. Stahl besteht hauptsächlich aus Eisen, einem spröden Material, das empfindlich auf Wasser und Sauerstoff reagiert. Deshalb ist unlegiertes Eisen für die Bauindustrie uninteressant. Die Ursache für die negativen Eigenschaften ist der im Eisen enthaltene Kohlenstoff. In Stahlwerken wird das Eisen so stark erhitzt, damit der Kohlenstoff verbrennt. Dieser Prozess dauert so lange, bis der Kohlenstoffanteil unter 2 Prozent gesunken ist. Zu den Vorteilen von Stahl zählen beispielsweise die hohe Belastbarkeit und die gute Verarbeitungsfähigkeit. Die Festigkeit von Stahl wird unter Hitzeeinwirkung bei einem (Gebäude-)Brand erheblich verringert und führt zur Verformung.

### Von A wie Armierung ...

Ohne Armierung kein Stahlbeton. Beton weist eine hervorragende Druckfestigkeit auf, aber nur eine sehr beschränkte Zugfestigkeit. Bei Betonkonstruktionen wie Fundamenten, Wänden, Stützen, Balken

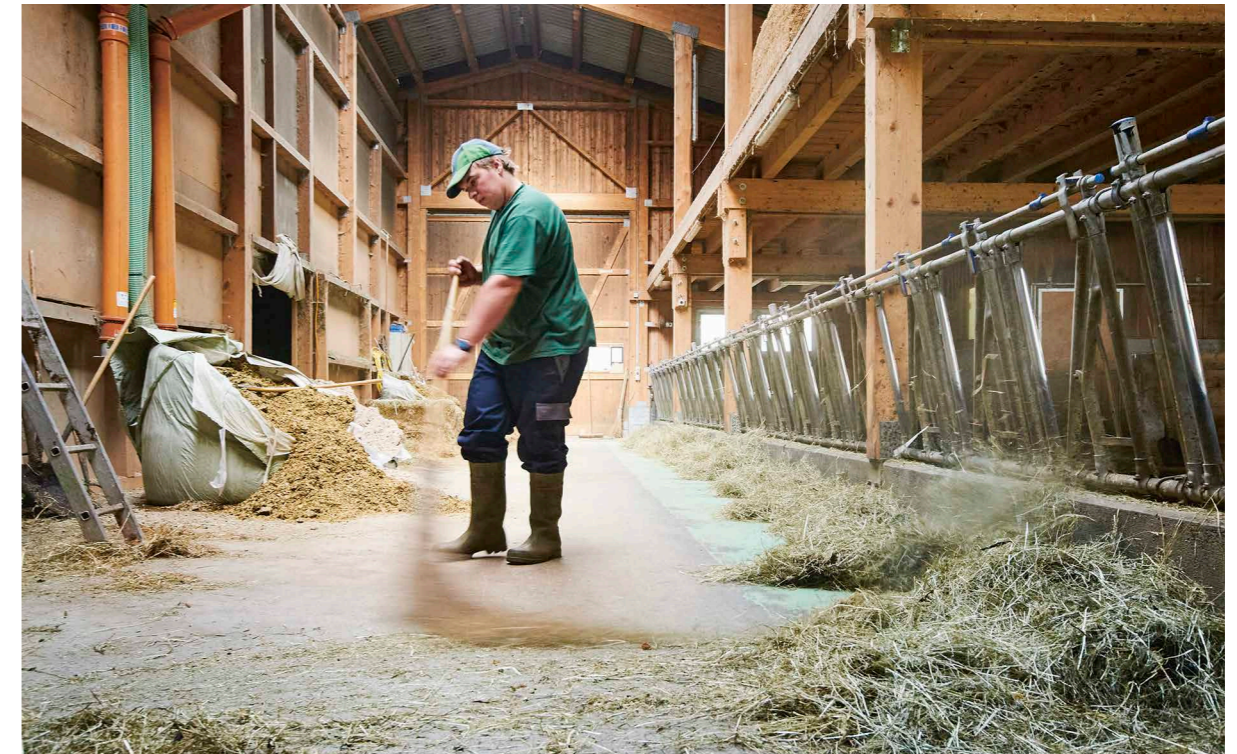
und Decken müssen daher Armierungseisen eingebaut werden, um die auftretenden Zugkräfte aufzunehmen. Armierungsstahl, auch als Beton- oder Bewehrungsstahl bezeichnet, wird als Stahlbetonbauteil eingesetzt. Im Tiefbau, beim Fundamentbau, bei der Herstellung von Güllegruben und Ähnlichem muss Beton stabilisiert werden. Mittels Armierungseisen werden Schwundrisse und Spannungen reduziert und Gebäude erdbebensicher gemacht. Armierungseisen werden einzeln oder als Gitter in Schalungen montiert und anschließend in Beton gegossen. Als Bewehrungsmittel (Armierung) gewinnen technische Geotextilien an Bedeutung. Beispielsweise alkaliresistentes Glas, Basalt und Carbon. Geforscht wird an Textilebewehrungen aus Aramid- und Flachfasern. Über die Klimawirkung dieser alternativen Bewehrungsmittel ist noch wenig bekannt.

### ... bis E wie Energiefresser

Für die Stahlproduktion wird Eisenerz zum Schmelzen gebracht. Dazu sind je nach Verfahren sehr hohe Temperaturen und entsprechend viel Ener-



Stahl ist gut bearbeitbar, aber ein Energiefresser.



Stahl wird im Stall vor allem für Stalleinrichtungen verwendet, Tragkonstruktionen macht man besser aus Holz.

gie notwendig. Damit verbunden ist der sehr hohe CO<sub>2</sub>-Ausstoss. Der gesamte Weltverbrauch an Stahl liegt bei rund 800 Millionen Tonnen pro Jahr. Die Gewinnung von Eisenerzrohstoff bedeutet stets auch Flächenverbrauch (Abbau und Abraum), Stoffverlagerung und Energieverbrauch. Da Eisenerz im Ausland gefördert und zu Roheisen verarbeitet wird, fallen im Lieferland bereits bedeutende Umweltbelastungen an.

Die Ökobilanz von Armierungsstahl ist bedenklich: Bei einer Rohdichte von 7850 kg/m<sup>3</sup> erfordert die Herstellung pro Kilogramm 5,42 kWh oil-eq Primärenergie oder mit anderen Worten, pro m<sup>3</sup> Armierungsstahl den Heizwert von 4342 Liter Dieselöl (Heizwert 1 l Dieselöl 9,8 kWh). Die Treibhausgasemissionen belaufen sich pro Kilogramm auf total 1,52 kg CO<sub>2</sub>-eq.

Zum Vergleich: Luftgetrocknetes, gehobelltes einheimisches Nadelholz enthält lediglich 0,69 kWh oil-eq/kg (fast 8x weniger) und 0,157 kg CO<sub>2</sub>-eq THG-Emissionen (fast 10x weniger).

### Stall- oder Stahlbau

Stahl wird oft für den Hallenbau eingesetzt. Die Vorteile liegen bei den stützenfreien Tragkonstruktionen. Beim klimafreundlichen Stallbau hat Stahl in Form von Tragkonstruktionen nichts (mehr) verloren. Holztragkonstruktionen sind klimafreundlicher. Noch verwenden Stallbauunternehmen überwiegend Stahl für Stalleinrichtungen. ■

20 [www.rime.de/de/wiki/stahl](http://www.rime.de/de/wiki/stahl)

21 FNB, Stahl-Ökobilanz | [www.nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/stahl](http://www.nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/stahl)



## Glas

Im Vergleich zum Wohnungsbau hat Glas beim Stallbau eine untergeordnete Bedeutung. Bei der Verwendung von Glas lautet das Motto «nur so viel Glas wie nötig». Das Problem liegt bei der Herstellung! Zum Vergleich, in einer Glasfassade inkl. Tragkonstruktion steckt mehr Energie als in einer Betonmauer.<sup>22</sup>

### Glasfenster

Beim Fenster selbst entscheidet neben dem Glas, auch der (Fenster)-Rahmen über die Treibhausgasmenge. Ein Rahmen aus Holz ist klimafreundlicher als einer aus Plastik oder Metall. Ein Kunststoff-Fensterrahmen verursacht mit 63,5 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup> rund doppelt so viele Treibhausgase wie einer aus Holz. Ein Alu-Fensterrahmen ist zwar dauerhafter, macht damit die wesentlich höhere Erstellungsenergie aber nicht wett, denn der Alu-Rahmen<sup>23</sup> verursacht rund 133 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>. Es kann allerdings sinnvoll sein, einen

Holzrahmen mit Metall zu verkleiden. Ein paar Millimeter Aluminium erhöhen die Witterungsbeständigkeit und damit die Lebensdauer des Fensters erheblich. Dies trifft insbesondere bei Aussenfenstern und Fenstern von Feucht- und Nassräumen zu.

### Glasklarer Durchblick – eine Todesfalle

Vögel und Glas – ein Problem von unterschätzter Dimension. Vögel können auf ihrer Flugbahn sichtbare Hindernisse leicht umfliegen. Aber auf unsichtbare Hindernisse in Form von Glasscheiben sind sie nicht vorbereitet. Wer schon unvorbereitet gegen Glastüren gelaufen ist, weiss, wie sich dies anfühlt.

Laut der Schweizerischen Vogelwarte in Sempach ist pro Jahr und Gebäude mit mindestens einem Todesopfer zu rechnen. Bei landwirtschaftlichen Stallgebäuden sind es vermutlich wesentlich mehr. Auch wenn Vögel nach einem Aufprall unverletzt erscheinen, geht dennoch jeder zweite Vogel später an inneren Verletzungen ein.



Glas lässt Licht in den Stall und über Fenster zirkuliert Luft ... Wenn nur die Herstellung nicht wäre!



## Exkurs Glas und Fenster

Fensterglas und Glasfenster, Glas ist in jedem Fall durchsichtig. Wie kommt es, dass aus den natürlichen Rohstoffen Quarzsand, Kalkstein, Dolomit, Feldspat sowie Eruptivgesteinen ein durchsichtiger Feststoff wird? Das Geheimnis liegt in der Glasschmelze. Alle erwähnten Glaszutaten werden in einem bestimmten Verhältnis im Schmelzofen auf 1600 Grad erhitzt, bis sie schmelzen. Die Erzeugung einer Glasschmelze verschlingt folglich Unmengen von Energie. Diese stammt heute noch zu einem weit überwiegenden Anteil aus fossilen Quellen. Eine einfache Rechnung zeigt, wie hoch der Energiebedarf für die Herstellung von Fensterglas mit 2-facher Isolierverglasung ist. Dieser beträgt 216 kWh/eq/m<sup>2</sup>, was dem Heizwert von 22 Liter Dieselöl entspricht. Der Energiebedarf für ein ganzes Fenster mit Alu-Rahmen entspricht je m<sup>2</sup> dem Heizwert von 78 l Dieselöl (mit PVC-Fensterrahmen 55 l, mit Holzfensterrahmen 39 l).

Der Grund: Vögel gelangen ins Gebäudeinnere und finden dort Fliegen und Futterresten oder sie nisten in einem geschützten Bereich. Aufgeschreckt durch eintretende Personen, aufspringende Tiere, einschaltende Geräte und Maschinen suchen sie fluchtartig einen Ausweg ins Freie. Naturgemäss fliegen Vögel auf dem Fluchtweg dorthin, wo das natürliche Licht einfällt.

**Glas ist durchsichtig:** Der Vogel sieht den Baum hinter der Scheibe und will sich dort in Sicherheit bringen. Dabei sieht er das Hindernis in Form einer Fensterscheibe nicht.

**Glas reflektiert die Umgebung:** Wenn ein Vogel von aussen gegen den Stall fliegt, spiegeln sich Bäume und der Himmel im Fensterglas und täuschen einen Lebensraum vor.

### Schutzmassnahmen

Ganz grundsätzlich stellt sich die Frage, ob Glas notwendig ist oder ob Streifenvorhänge und Windschutznetze die Anforderungen auch erfüllen. Wenn Glas, dann ein möglichst wenig spie-

gelndes Produkt mit einem Aussenreflexionsgrad von max. 15 %. Alternative Glasarten sind geripptes, geriffeltes, mattiertes, sandgestrahltes, geätztes oder bedrucktes Glas (min. 25 % Bedeckung). Nur handelsüblich getöntes Glas ist nicht empfehlenswert, da dieses normalerweise die Umgebung stark reflektiert.<sup>24</sup>

### Nachträglicher Schutz

Nur eine flächig wirkende, sich möglichst von der Umgebung abhebende Markierung bringt den nötigen Schutz. Wirkungsvoll sind Lösungen mit Streifen, also vertikale (min. 5 mm Breite) oder horizontale (min. 3 mm Breite) Linien mit max. 5 cm Abstand.

Dazu Klebefolien von guter Qualität (Streifen für Auto-Tuning) verwenden. Entsprechende Produkte sind bei BirdLife Schweiz<sup>25</sup> oder bei der Schweizerischen Vogelwarte<sup>26</sup> erhältlich. ■

<sup>22</sup> Edition Hochparterre Themenheft 5/2020 «Ausgepufft»

<sup>23</sup> KBOB-Ökobilanzdaten Baubereich

<sup>24</sup> Merkblatt «Vogelkollisionen an Glas vermeiden» | [www.vogelwarte.ch](http://www.vogelwarte.ch)

<sup>25</sup> [www.birdlife.ch/shop](http://www.birdlife.ch/shop)

<sup>26</sup> [www.vogelwarte.ch/shop](http://www.vogelwarte.ch/shop)



# Stallhaltung, Stallsysteme

Anbindestall, Laufstall, Kompoststall, Tiefstreu, Liegeboxen, Planflächen oder perforierte Laufgänge, das Stallsystem hat grossen Einfluss auf die Emissionen. Es gilt neben Tierwohl, Emissionen, Bau- und Betriebskosten auch arbeitswirtschaftliche Fragen zu berücksichtigen.

## Kleine Gase, grosse Wirkung

Beim klimafreundlichen Stallbau sind frühzeitige Überlegungen zu möglichen Emissionen angebracht. Die zentrale Frage ist deshalb: Wie beeinflussen baulich-technische Massnahmen die Emissionen. «Einmal gebaut – und schon verhaut» darf nicht passieren. Vor der definitiven Wahl des Stallsystems, soll man sich vor Augen führen, wo und warum Ammoniak, Lachgas, Methan – die kleinen Gase mit der grossen Wirkung – entstehen.

### Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

Die Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung betragen 2020 laut Agrarbericht 38'400 t N, dies entspricht vereinfacht gesagt, rund 140'000 t Ammonsalpeter (27 % N). Damit könnte die gesamte Getreidefläche der Schweiz (2021)<sup>27</sup> zweimal mit Stickstoff versorgt werden. Ammoniak entsteht bei der Hydrolyse von Harnstoff mittels Urease. Urease ist auf verschmutzten Stallböden reichlich vorhanden, sodass die Entstehung von Ammoniakemissionen vorwiegend durch die vorhandene Harnstoffmenge bestimmt wird. Die Harnstoffhy-

drolyse beginnt etwa eine halbe bis eine Stunde nach dem Kontakt des Harns mit dem Kot bzw. den emittierenden Oberflächen und ist nach wenigen Stunden abgeschlossen. Daher ist es so wichtig, dass mit Harn und Kot verschmutzte Flächen rasch gereinigt werden. Bei Temperaturen über 15 °C steigt die Umwandlung von Harnstoff in Ammoniak an.

**Fazit:** N-Ausscheidungen und verschmutzte Flächen minimieren. Rascher Harnabfluss sicherstellen. Saubere, trockene Aktivitäts- und Liegeflächen, tiefe Temperaturen und Windgeschwindigkeit. Die Minimierung der Ammoniakemissionen setzt sich zusammen aus einer Kombination von baulichen, technischen und organisatorischen Massnahmen.

### Lachgas (N<sub>2</sub>O)

Lachgas wird bei der mikrobiellen und chemischen Umwandlung von Stickstoff-Verbindungen gebildet. Hauptemissionsquelle ist die Liegefläche, soll heissen: Mist und/oder Kompost. Die Mischung von Stroh (Kompost) und Exkrementen mit einer teilweisen Verdichtung bietet optimale Bedingungen für die Lachgasbildung. Temperatur und wechselnde Feuchteverhältnisse haben grossen Einfluss auf die Lachgasfreisetzung. Bei

höheren Temperaturen können in einem Tiefstreu-System ansteigende Lachgas-Emissionen gemessen werden. Aus Haltungssystemen mit Flüssigmist sind im Vergleich zu eingestreuten Systemen geringere Lachgasemissionen zu erwarten.

**Fazit:** Lachgas entsteht in Liegeflächen aus Tiefstreu oder Kompost. Bei der Emissionsminderung gibt es eine negative Korrelation zwischen Lachgas- und Ammoniakemissionen. Daraus entsteht ein Zielkonflikt.

### Methan (CH<sub>4</sub>)

Methanemissionen entstehen zu zirka 80 % im Verdauungssystem des Wiederkäuers. Die Höhe der CH<sub>4</sub>-Emissionen ist von der Tierart, vom Energiebedarf nach Tierleistung und von den Futter-

eigenschaften abhängig. CH<sub>4</sub>-Emissionen entstehen auch durch Freisetzung aus dem im Stall lagernden Flüssigmist (20 %). Dies insbesondere bei perforierten Laufflächen. Im Güllelager wird mehr Methan produziert als im Festmistlager. Voraussetzung für die Methanbildung sind die Abwesenheit von Sauerstoff und absolute Dunkelheit (Flüssigmistlagerung). In Festmistsystemen entstehen geringere CH<sub>4</sub>-Emissionen, dafür sind die Lachgasemissionen deutlich höher.

**Fazit:** Weil die Fütterung am Anfang der C-/N-Stoffkette in der Tierhaltung steht, ist die Optimierung der Nährstoffeffizienz bei allen Tierarten eine wirksame Klimaschutzmassnahme. Weil aus dem darunterliegenden Güllelager Methan aufsteigt, wirkt sich der Verzicht auf perforierte Laufflächen positiv aus. ■

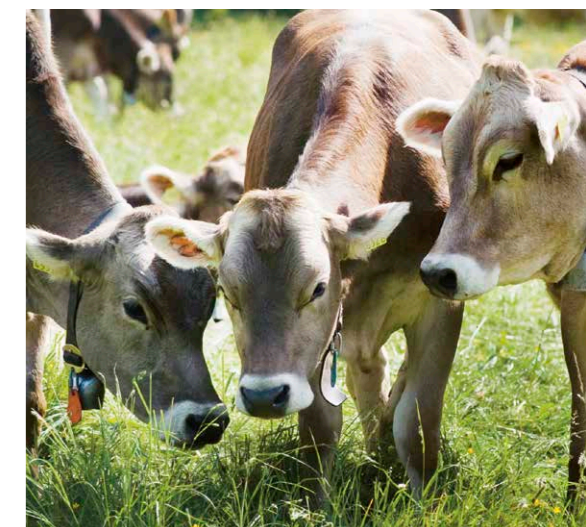
## Exkurs Weidehaltung

Wiederkäuer sind Weidetiere, und Weidetiere setzen ihre Ausscheidungen (Harn und Kot) räumlich getrennt auf der Weide ab. Der Harn kann rasch in den Boden einsickern. Das bei der Harnstoffspaltung entstehende Ammoniak (NH<sub>3</sub>) wird als Ammonium an Bodenpartikel gebunden und nicht freigesetzt. Durch nachhaltige Beweidung entsteht eine geschlossene Grasnarbe und darunter viel Biomasse (Humus). Eine Tonne Humus enthält über 500 kg Kohlenstoff und mehr als 50 kg Stickstoff. Die Biomassebildung und damit der Humusaufbau hängen direkt von der Weideintensität ab. Zu extensive oder zu intensive Beweidung sind nicht nachhaltig.

Bei Ausscheidungen auf der Weide fallen bis zu achtmal geringere NH<sub>3</sub>-Emissionen<sup>28</sup> an als bei der Stallhaltung, auch wenn die relativ

hohen Eiweissgehalte im Weidegras verhältnismässig hohe NH<sub>3</sub>-Emissionen erwarten lassen. Während der Melkphasen im Stallbereich und beim Auf- und Abtrieb auf den Triebwegen zur Weide bzw. Stall entstehen ebenfalls Emissionen. Im Stall kann erst von geringen Emissionen ausgegangen werden, wenn die emittierenden Flächen vollständig abgetrocknet sind. Um eine relevante Minderung zu erreichen, ist eine Weidedauer von mindestens 6 Stunden pro Tag erforderlich. Mit einem Vollweidesystem (min. 150 Tag/Jahr) wird insgesamt eine Emissionsminderung von 25 bis 30 % erreicht.

Allgemein wird die Landwirtschaft für zwei Drittel der Lachgasemissionen in der Schweiz verantwortlich gemacht. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen auf, dass die Lachgasemissionen von Weiden stark von



den lokalen Gegebenheiten abhängig sind. Mitbestimmend sind die Bodenart und die Bodenfeuchtigkeit. In nassen Jahren sind die Emissionen höher. Insgesamt geht man heute davon aus, dass weidende Kühe nur für etwa 5 % der landwirtschaftlichen N<sub>2</sub>O-Emissionen verantwortlich sind.

<sup>27</sup> Agrarbericht 2022: [www.agrarbericht.ch](http://www.agrarbericht.ch) → Produktion → Pflanzliche Produktion

<sup>28</sup> Agrammon 6.0.0, Emissions-Faktor | [www.agrammon.ch](http://www.agrammon.ch) → Downloads

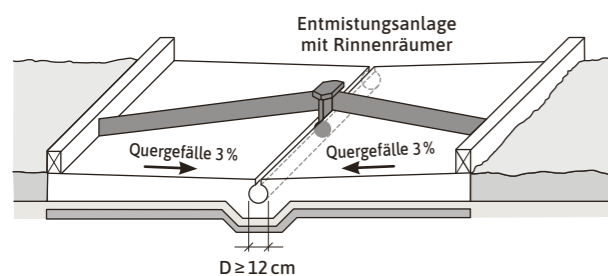


## Fressbereich

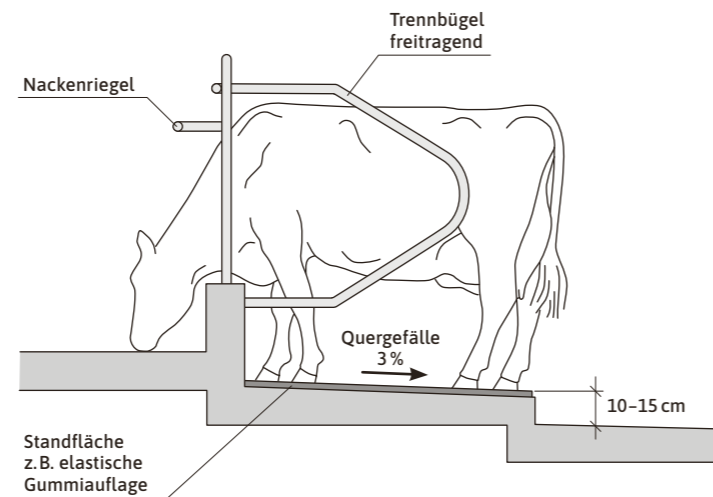
Der moderne Laufstall bietet den Kühen ein grosses Mass an Tierkomfort. Das grosse Platzangebot ist mit dem Nachteil behaftet, dass mehr Fläche mit Kot-Harn-Gemisch verschmutzt wird. Zur Reduktion der stark verschmutzten Fläche bietet sich der Einbau eines um ca. 10 cm höheren Fressbereichs mit einem Quergefälle (3%) und Fressplatzabtrennungen an. Die gezielte Erhöhung der auf das Fressen ausgerichteten Standfläche ist notwendig, damit die Kühe die Standfläche auch als solche erkennen. Die Tiere akzeptieren diese Standfläche nach kurzer Zeit, weil sie vom Entmistungssystem nicht gestört werden. Ein «erhöhter Fressbereich mit Fressplatzabtrennungen», reduziert die Ammoniak-Emissionen im Vergleich mit «Laufflächen im Fressbereich ohne Fressstände» die stark verschmutzte Fläche um bis zu 9%.<sup>29</sup>

Durch die Trennung der erhöhten Fress-Standfläche vom Laufgang mit Entmistungsschieber können die Reinigungsintervalle erhöht werden, dies ohne die Tiere zu stören. Damit die Fress-Standflächen sauber und trocken bleiben sind Fressplatzabtrennungen bei mindestens jedem zweiten Fressplatz anzubringen. Die Abtrennungen steuern die Kühe so, dass sie im rechten Winkel zur Fressachse stehen. Der hinter den Fressständen anfallende Kot und Harn kann durch einen Schieber rasch entfernt werden.

Die Chance, eine weitere Emissionssenkung durch vermehrte Reinigungsintervalle zu erreichen, darf nicht ungenutzt bleiben. Eine erhöhte und damit trockene Standfläche verbessert zudem die



Planbefestigter Boden mit Quergefälle und Harnsammelrinne sowie Schieberentmistung.



Fressstand erhöht zum Laufgang. (Beide Illustrationen: Vollzugshilfe Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft, BAFU/BLW 2011/2021)

Klauensauberkeit und damit die Klauengesundheit. Ein zusätzliches 3%-iges Quergefälle mit Harnsammelrinne auf der Lauffläche trägt weiter dazu bei, die Umweltauswirkungen von Laufställen und die Haltungsbedingungen für Milchkühe im Laufstall zu optimieren.

### Wo Licht ist, gibt's auch Schatten

Die erhöhte Fress-Standfläche gibt es nicht zum Nulltarif. Je nach Stallgrundriss ist mit Mehrinvestitionen in der Grössenordnung von 200 bis 300 Fr. pro Kuhplatz<sup>29</sup> zu rechnen (Basis 2020). Neben den Kosten verschlechtert die grössere Betonmenge für das Podest die Klimabilanz beim Bauen, allerdings steht dies in keinem Verhältnis zu den Emissionseinsparungen beim Betrieb. Weiter gilt es zu beachten, dass durch das häufigere Entmisten bei warmen und windigen Witterungsbedingungen Schmierschichten entstehen können. Diese Schmierschichten führen zu vermehrtem Ausrutschen der Tiere. Aus Sicht der Emissionen ist das Vermeiden von Schmierschichten durch seltenes Entmisten keine Alternative. Durch gezielte Anfeuchtung mit Wasser direkt vor den Entmistungsvorgängen können Schmierschichten vermindert oder gar verhindert werden. ■

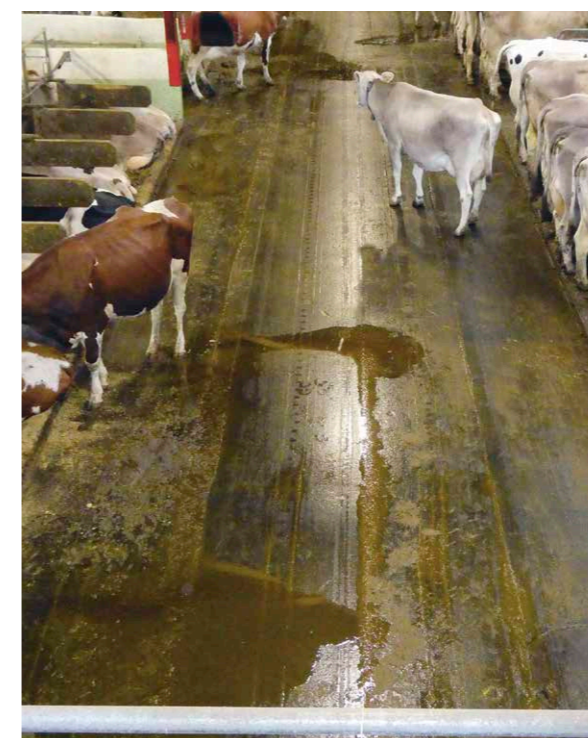
## Laufflächen

Ammoniak entsteht in Laufställen in erster Linie aus Feuchtigkeit (Harn), die auf Laufflächen liegen bleibt und von verschmutzten Flächen emittiert. Bereits unmittelbar nach dem Absetzen von Harn beginnt dieser Prozess und läuft sehr schnell ab. Er wird beschleunigt (oder verlangsamt) durch die Temperatur und die Windgeschwindigkeit über den Laufflächen. Über planbefestigten Flächen ohne eingebautes Entmistungssystem (oder Roboter) entstehen hohe Emissionen. Arbeitstechnisch ist es nicht möglich, wiederholt in den geforderten, kurzen zeitlichen Abständen sinnvolle Reinigungsintervalle einzuhalten (Handreinigung, Motormäher/Räumschild).

Mit einem automatischen Entmistungssystem (Schieber, Roboter) können planbefestigte Flächen ohne Gefälle zwar in kürzeren Abständen gereinigt werden. Das reicht aber für eine wirkungsvolle Reduktion der Emissionen nur bedingt, weil die Feuchtigkeit weitgehend erhalten bleibt.

### Perforierte Flächen (mit Profil)

Herkömmliche Loch- oder Schlitz-Betonelemente lassen den Harn und den Kot in den darunterliegenden Güllekasten (Kanal) fallen. Der «Selbst-



Die sofortige Kot/Harn-Trennung im Stall durch Laufflächen mit Quergefälle und Harnsammelrinne, hat ein Ammoniak-Reduktionspotential von 20 – 30 Prozent.

reinigungseffekt» erreicht aber nie 100%. Von den perforierten Flächen emittiert folglich immer noch Ammoniak. Und weil ein Luftaustausch zwischen Stallraum und Luftraum über der Gülle stattfindet, entstehen zusätzliche Emissionen aus dem darunterliegenden Gülle Raum.

Bei profilierten Betonelementen mit Dichtungsclappen aus Kunststoff fliesst das Harn/Kotgemisch durch die Schlitze, die sich nach dem Kotdurchtritt wieder schliessen und damit den freien Gasaustausch reduzieren<sup>30</sup>, aber nicht völlig unterbinden. Zur Reinigung der Profilirinnen braucht der Entmistungsschieber (oder Roboter) seinerseits eine dem Rillenprofil angepasste Struktur.

### Planbefestigte Flächen mit Harnsammelrinne

Durch den Einbau eines Quergefälles von 3% und einer (mittigen) Harnsammelrinne wird erreicht, dass der Harn rasch von den Laufflächen in die Rinne abfliesst, siehe auch Illustrationen auf Seite 24. Damit eine zuverlässige Rinnen-Reinigung gewährleistet ist, wird der Entmistungsschieber mit einem «Rinnenräumer», inkl. Pendelbereich für die seitlichen Schieberelemente, ausgerüstet.

Mit Quergefälle und Harnsammelrinne wird gegenüber der Referenz ohne Gefälle eine Reduktion der Ammoniak-Emissionen von 20 bis 30% erreicht. Beim Einbau von Laufflächen mit 3% Querneigung entstehen einerseits beim Baumeister, andererseits bei der Stalleinrichtung möglicherweise Mehrinvestitionen. Während beim Einbauen von Gefällen bis 5% gemäss Normpositionen-Katalog keine Mehrkosten berechnet werden, entstehen durch das Versetzen und Einbetonieren der Harnrinne und eines Wartungsschachts höhere Baumeisterkosten. ■

Die sofortige Kot/Harn-Trennung ist der Schlüssel zum Erfolg.

<sup>29</sup> Agroscope Merkblatt 81/2020 Bauen Rind 01.07 | www.blv.admin.ch → «Erhöhter Fressbereich mit Fressplatzabtrennungen (Fressstände) für Milchkühe»

<sup>30</sup> KTBL «Techniken zur Emissionsminderung in Stallbauten» 2022 | www.ktbl.de



## Interview mit Mario Bühler

**Mario Bühler, Ing. agr. FH, ist Leiter Ressort Tierhaltung am Plantahof und leitet den Stützpunkt des landwirtschaftlichen Beratungsdiensts Graubünden in Ilanz. Dank praxisnaher Verankerung fühlt er den Puls der Landwirtschaft.**

*Was sollte eine Bäuerin, ein Bauer tun und lassen, wenn ein klimafreundlicher Stallbau geplant wird?*

Mario Bühler: Bevor man eine solch grosse Investition tätigt, sollte man sich strategische Gedanken machen. D.h. sich damit auseinandersetzen, was man als Betriebsleiterfamilie will und sich über die Möglichkeiten des Betriebsstandortes bewusst werden. Eine standortgerechte Produktionsrichtung und -weise ist die Grundlage für eine klimafreundliche Landwirtschaft. In unserem grünlandlastigen Kanton mit seinen Wiesen und Alpen gehört die Haltung von Wiederkäuern zur Produktionsrichtung der meisten Betriebe.

*Das heisst bezogen auf einen Stallneubau?*

Häufig ist es sinnvoll, bestehende Bausubstanz weiterhin zu verwenden. Material, welches verwendet werden kann, muss nicht produziert werden und schont somit Ressourcen. Soviel Holz wie nur möglich einsetzen; vorzugsweise aus der Region und möglichst unverarbeitet. Einfache Stallkonzepte mit geringen Spannweiten können diesbezüglich helfen. Ohne Beton geht es nicht. In diesem Zusammenhang muss auch die verbaute Fläche beachtet werden, da diese in der Regel aus Beton ist. Bereits frühzeitig sollte auch daran gedacht werden, welche Möglichkeiten sich für die Energieproduktion bieten und wie sich diese mit dem eigenen Verbrauch kombinieren lassen. Nicht zuletzt sollte auch der Emissionsminderung die nötige Beachtung geschenkt werden.

*Fütterung: Welche Bedeutung hat die bedarfsgerechte Fütterung auf die Minderung von Treibhausgasen?*

Grundsätzlich scheint es mir wichtig, dass man die geniale Fähigkeit des Wiederkäuers, aus einem Futter, welches der Mensch für seine Energieversorgung nicht nutzen kann, sinnvoll ausnutzt. D.h. für mich einmal mehr, dass den Standortbedingungen entsprechende Tiere gehalten werden. Es wird nicht nur zu intensiv produziert, teils geschieht es auch zu extensiv, was einer Vergeudung von Produktionsressourcen gleichkommt. Daher kann es durchaus sinnvoll sein, eine nach Nährstoffen un- ausgeglichene Ration auszugleichen. Die Wirkung von Zusätzen, welche die Methanbildung reduzieren, ist gering und noch wenig erforscht.

*Trennen: Laufflächen mit Gefälle führen den Harn sofort ab und erhöhte Fressbereiche mit Abtrennungen reduzieren den Anteil stark verschmutzter Flächen. Wie praxistauglich sind diese Massnahmen?*

Diese Massnahmen sind praxistauglich und können die Ammoniakemissionen reduzieren. Die geneigten Laufflächen mit Harnrinne wertere ich als positiv. Jede geneigte Fläche erhöht für das Tier die Ausrutschgefahr. Folglich sollten diese Flächen mit einer weichen Gummimatte ausgelegt sein, bei welcher die Klaue leicht einsinken kann. Die erhöhten Fressstände und insbesondere die Tierabtrennungen sehe ich aus Sicht des Tierwohls

**«Die Ansprüche des Tieres, des Tierhaltenden, der Wirtschaftlichkeit und der Umwelt in Einklang zu bringen, stellt eine grosse Herausforderung dar.»**

kritisch. Damit der Tierverkehr funktioniert, muss im Vergleich zu einem herkömmlichen Fressplatz, bei erhöhten Fressständen mit Abtrennungen mehr Fressplatztiefe zur Verfügung gestellt werden.

*Laufhof: Was sollte hinsichtlich Klima bei der Laufhofgestaltung beachtet werden?*

Der Stall sollte so kuhfreundlich gebaut sein, dass die Tiere möglichst wenig Bedürfnis nach dem Laufhof haben und diesen folglich weniger verschmutzen! Der Laufhof sollte nicht grösser als

**«So kann zwar das nicht direkt klimarelevante Ammoniak reduziert werden, zugleich wird jedoch mehr klimaschädlicher Beton verbaut.»**

unbedingt nötig gebaut werden. Die betonierte Fläche kann markant reduziert werden, wenn sich der Laufhof in den Fress- und Liegebereich integrieren lässt. Diese Bauweise ist häufig auch aus Sicht des Sonnen- und Windschutzes und somit auch der Ammoniakemissionen vorteilhaft.

*Klimawirkung: Welches sind die Vor- und Nachteile von perforierten oder planbefestigten Laufflächen?*

Bezüglich Methanemissionen sind perforierte Flächen gegenüber planbefestigten im Nachteil. Beim Ammoniak zeigen Untersuchungen ein indifferentes Bild. Ein planbefestigter Boden, bei welchem der Harn schnell abgeführt werden kann und der häufig gereinigt wird, weist gegenüber einem perforierten Boden Vorteile auf. Ein planbefestigter Boden mit Harnpfützen und ungenügendem Reinigungsmanagement verursacht wiederum hohe Ammoniakemissionen.

*Hitzestress: Welchen Einfluss hat Hitze auf das Tier, und gibt es Massnahmen, die bei einem Neubau berücksichtigt werden sollten?*

Rinder haben es lieber kühl. Hitze v.a. in Kombination mit hoher Luftfeuchtigkeit dämpft den Appetit und das allgemeine Wohlbefinden. Dies kann zu schlechteren Leistungen und allen bekannten Krankheiten infolge Energiedefizit führen. Die Dächer sollten isoliert sein, und die Ställe sollten gut durchlüftet werden können. Einzig ein grosses



Mario Bühler ist in Domat-Ems aufgewachsen. Seine berufliche Laufbahn: Landwirtschaftliche Lehre, Fachschule Plantahof, BMS und Agronomie-Studium. Heute wohnt er mit seiner Familie in Luven.

Stallvolumen bringt wenig. Es muss eine hohe Luftaustauschrate gewährleistet werden können.

*Aktuell: Tierfreundlich, klimafreundlich, kostengünstig – wie passt das zusammen?*

Es passt nicht immer zusammen, aber es ist auch nicht immer ein Widerspruch. In unseren Breitengraden benötigen wir Ställe. Die Winterfütterungszeit ist je nach Region lang bis sehr lang. Einfache Stallkonzepte können für das Tier, für das Portemonnaie und v.a. auch mit Blick auf die verwendeten Baumaterialien klimafreundlich sein. Meiner Meinung nach sollte bei dieser Diskussion das Gesamtbetriebliche im Blick behalten werden. Ich bin mir bewusst, dass die Voraussetzungen für eine intensive Weidewirtschaft nicht auf jedem Betrieb gegeben sind. Sicher ist, dass Weide tierfreundlich, klimafreundlich und kostengünstig ist. ■



## Entmistungsroboter

Stationäre Entmistungsschieber sind im Laufgang eingebaut. Alle weiteren Flächen, (Quergänge) müssen manuell gereinigt werden, was neben der zusätzlichen Arbeitszeit auch dazu führt, dass diese Flächen weniger oft und weniger konsequent gereinigt werden.

### Der Roboter soll es richten

Akkubetriebene Entmistungsroboter sind nicht ortsgelunden und können alle Flächen reinigen, vorausgesetzt, es sind keine Stufen zu überwinden. Beim Einsatz eines Roboters stellen sich automatisch Fragen zum Tierschutz, denn die Tiere haben häufig Kontakt mit der Entmistungstechnik. Dank ihrer Anpassungsfähigkeit besteht grundsätzlich keine Überforderung und keine Unfallgefahr für die Tiere.<sup>31</sup> Die Reinigung im Fressbereich ohne erhöhten Fressplatz stört die Tiere nur kurz. Das Ausrutschen steht in engem Zusammenhang mit der Schmierschicht. Eine Reinigung mit Wasser verbessert die Reinigungsqualität. Eine mittlere Reinigungshäufigkeit ( $\pm 30$  Fahrten/Tag) ist gut, häufigere Reinigung verbessert die Reinigungsqualität nicht zusätzlich.

### Reinigungs- oder Sammelroboter?

Beim Roboter gibt es bereits einen Trend vom «Schieber zum Sammler». Reinigungsroboter sind für Spaltenböden entwickelt worden. Sie eignen sich für kleine und mittlere Betriebe mit einfachen Baulösungen. Sammelroboter hingegen ermöglichen die getrennte Aufnahme von festem und flüssigem Mist. Sie eignen sich besonders für planbefestigte Flächen mit und ohne Struktur. Nur bedingt geeignet sind sie für grob strukturierte Böden.

Eine hohe Entmistungshäufigkeit bei «verschmutzungsintensiven» Flächen wird beim Roboter durch die Ladezeit begrenzt. «Häufiger entmisten als mit Schieber» ist aufgrund der Akku-Ladedauer derzeit (noch) nicht realistisch umsetzbar. Der Entmistungsroboter hat keine bautechnische Bindung. Das heißt, er kann verkauft werden und einer Nutzungsänderung steht damit nichts im Weg.

### Spezielle Herausforderungen

Nebst dem Stallgebäude und der Routenplanung sind das Einstreumaterial und eventuelle Futterreste für den Entmistungsroboter eine spezielle Herausforderung. Es können Fehler passieren:

## Exkurs Mistroboter

So ein Mist mit dem Mist. Das Entmisten ist möglich durch Handschieber, handgeführte motorisierte Entmistungsschieber, Heck- oder Frontschieber an Traktoren, stationäre Schieberbahnen oder Roboter. Entsprechend unterschiedlich ist der Arbeitszeitbedarf. Mistroboter waren anfänglich nur zur Arbeitsentlastung gedacht. Mit zunehmendem Klimabewusstsein kommt ihnen eine neue Rolle zu, indem sie einen aktiven Beitrag zur raschen Trennung/Entfernung von Kot (Mist) auf den Laufflächen leisten. Es gibt Stimmen,

die prophezeien, dass stationäre Schiebersysteme bis in etwa 25 Jahren verschwinden und der Mistroboter endgültig das Zepter übernimmt. Ein «Smart Farming»-Lösungsansatz ist die künftige Vernetzung von Sensordaten der Kuh mit Fütterungsroboter, Futterstation, Entmistungsroboter und Melkroboter. Es ist davon auszugehen, dass ausgerechnet der Entmistungsroboter Teil dieser «Maschine-Maschine-Interaktion» wird und letztlich der Entscheidungsunterstützung im Rahmen von Smart Farming dient.



Bild: Innovated by Hanskamp

Bei der CowToilet wird in der Kraftfutterstation der Urin der Kuh separat aufgefangen, abgesaugt und getrennt (hier das Hanskamp-System).

**Fehlplanung beim Bau:** Sackgassen im Stallbereich erlauben den Tieren kein Ausweichen. Davon betroffen sind oft rangniedere Tiere.

**Fehlende bauliche Absturz-Sicherungen bei Mistabwürfen:** Im Zusammenhang mit dem Entmistungsroboter geben immer wieder Managementfehler zu reden. Beispielsweise: Fressgitter öffnen vergessen, Abkalbungen ausserhalb der Abkalbbucht, Kälber werden mitgeschoben. Die Ursachen von Schwanz- und Klauenverletzungen sind nicht restlos geklärt.

### Trennen, trennen, trennen ...

Innovative technische Neuheiten nutzen genau diesen Grundsatz, indem sie Harn und Kot «technisch» trennen. Die Systeme sind im Ansatz vorhanden, zum Teil fehlt die technische Reife.

**Sphere.** Ammoniakreduktion und Ressourceneffizienz dank Automatisierung – wie soll das funktionieren? Ammoniak entsteht auf allen Flächen, deshalb gilt auch hier: Trennung der Hofdüngerströme durch einen urindurchlässigen Bodenbelag und Mist-Sammel-Roboter. Lely/Sphere ist

ausbaufähig bis zu einer vollautomatischen Bindung von Ammoniakemissionen. Dazu wird durch gezieltes Absaugen der Luft im Güllelagererraum ein Unterdruck erzeugt, der kein Emittieren von Schadgasen mehr zulässt. Das Ammoniak in der abgesaugten Luft wird in (nicht flüchtiges) Ammonium umgewandelt und als Dünger gespeichert.

**CowToilet.** Kühe lassen sich mit Kraftfutter locken. Diese Chance wird genutzt, indem eine CowToilet an die Kraftfutterstation integriert wird. Nach dem Verzehr des Kraftfutters wird die Kuh über die natürlichen Nervenreflexe angeregt zu urinieren. Der Urin wird in einem Behälter aufgefangen, abgesaugt und getrennt. In Fachkreisen gibt man dem System echte Chancen, weil dank rascher Trennung und ohne Kontakt mit dem Boden ein Minderdungspotenzial bis 40% erreicht werden soll.

**Laufgangmatte.** Das 3%-Gefälle machen sich auch Hersteller von Laufgangmatten für planbefestigte Laufflächen zu Nutze. Entsprechende Gummimatten mit einem Querschnitt von 75 bis 15mm haben zur Laufgangmitte ein integriertes 3%-Gefälle. ■

<sup>31</sup> Agroscope WBK 2018: Bewertung der Entmistung mit einem Roboter auf perforierten Laufflächen.



## Lagerung von Mist und Gülle

Mist und Gülle fallen täglich an. Pflanzen können jedoch nur während der Vegetationszeit gedüngt werden, und die Ausbringzeiten werden durch diverse Voraussetzungen eingeschränkt. Heisst: jeder Bauernhof braucht Lagerraum für Hofdünger. Im Talgebiet für mindestens 4 Monate, in der Bergzone IV für 6,5 Monate.

### Mist ist des Bauern List ...

Fester Hofdünger (Mist) sollte trocken auf einem feuchtigkeitsundurchlässigen Untergrund gelagert werden. Trocken bedeutet, Abdeckung oder Überdachung. Mistlager müssen zum Auffangen austretender Flüssigkeiten (Niederschlag, Mistwasser) eine Entwässerung in eine Güllegrube oder in eine abflusslose Grube aufweisen.

Dazu sind Hochstapler gesucht: Um die Emissionen tief zu halten, ist eine kompakte Mistlagerung mit kleiner Oberfläche anzustreben. Hohe Stapelung und eine kleine Lagerfläche im Verhältnis zum Lagervolumen wirken sich positiv aus. Vorsicht: die Stapelhöhe darf maximal 1m zur baulichen Umrandung hinzu gerechnet werden, dies bei einem Böschungswinkel in Richtung Umrandung von 45°. <sup>32</sup>

Die Festphase aus der Gülle-Separierung sollte möglichst abgedeckt gelagert werden, da aus dieser bei offener Lagerung das enthaltene Ammonium (zu 75% als Ammoniak) freigesetzt wird. Alternativ kann die Festphase zu Rundballen gepresst und in Folie gewickelt werden.

### ... Gülle des Bauern Last

Bei den anaeroben Umsetzungsprozessen im Güllelager bilden sich aus dem Abbau organischer Trockenmasse Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>). Zudem kann sich in trockenen Schwimmschichten Lachgas (N<sub>2</sub>O) bilden. Die Emissionen von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) entstehen an der Grenzschicht zwischen Luft und Gülle (ungedekelter Güllesilo!). Die Höhe der Methanemissionen wird unter anderem von der Lagertemperatur bestimmt. Diese beeinflusst ihrerseits die Geschwindigkeit der biologischen Umsetzungsprozesse. Deckel drauf und aufbewahrt!

Soll heissen: Seit dem 1. Januar 2022 gilt für offene Güllebehälter eine Abdeckpflicht. Denn Stickstoffverbindungen gehören nicht in die Luft.

### Mit List die Last überlisten

In den letzten zwanzig Jahren rückten neben den Geruchsemissionen einerseits die CO<sub>2</sub>- und die THG-Emissionen, andererseits die Wirkung von Hofdünger auf Boden und Pflanzen in den Vordergrund. Deshalb wird mit Gülle- und Mistaufbereitung versucht, die Nachteile der eigenen Hofdünger zu entschärfen.

**Gülleaufbereitung.** In der Gülle hat es immer Mikroorganismen. Die Frage ist nur wie viele und welche. Sind es fäulnisfördernde Bakterien oder fermentierende Bakterien? Die «guten» (fermentierende) Bakterien benötigen Kohlenstoffverbindungen und weniger Stickstoffverbindungen, das heisst, ein weites C/N Verhältnis (+/- 30/1). Bekannte Hilfsmittel zur direkten oder indirekten Gülleaufbereitung sind Pflanzenkohle, Biolit, effektive Mikroorganismen (EM), Fermente (Schotte, Sauerkrautsaft), Gesteinsmehle, Zeolith, Heutee, Komposttee und Sauerstoff.

**Mistaufbereitung.** Mist kann genauso wie Gülle mit Pflanzenkohle, Biolit, EM usw. aufbereitet werden. Während die Gülle nur einen marginal positiven Einfluss auf den Humusgehalt im Boden hat, leistet Mist einen wertvollen Beitrag zum Humusaufbau. Je besser aufbereitet, desto besser die Wirkung. Die Aufbereitung erfolgt auf zwei Arten:

- **MC-Mistkompost.**<sup>33</sup> nie oder wenig umsetzen, mind. 12 Wochen kompostieren, Temp. 50°C.
- **CMC-Mistkompost.**<sup>34</sup> Häufiges Umsetzen mit Kompostwender, CO<sub>2</sub>-Messungen, mind. 8 Wochen kompostieren.

### Vorsicht!<sup>35</sup>

- Mikroorganismen vertragen in der Gülle keine Trockensteller. Antibiotika-Milch ist für die Gülle eine mittlere Katastrophe.
- Milchgeschirr-Waschwasser nach Möglichkeit gemischt (sauer/basisch) der Gülle zuführen.
- Haus-Abwasser erschwert die Gülleaufbereitung ebenfalls (Medikamenten-Rückstände).



## Exkurs Pflanzenkohle

Pflanzliche Biokohle besteht in ihrer Trockenmasse etwa zur Hälfte aus Kohlenstoff, der während der Wachstumsphase der Pflanze mittels Photosynthese der Atmosphäre entzogen wurde. Stirbt die Pflanze ab, beginnt die biologische Zersetzung und der aufgenommene Kohlenstoff in Form von CO<sub>2</sub> gelangt in die Atmosphäre zurück.

Wenn Biomasse unter Luftabschluss bei mind. 400°C thermisch behandelt wird (Pyrolyse), wandelt sich ein grosser Teil des pflanzlichen Kohlenstoffs in stabile Pflanzenkohle (PK). PK hat lange Verweilzeiten im Boden, damit ergibt sich eine Chance, den Klimawandel zu verlangsamen, indem der in der PK enthaltene und ursprünglich der Atmosphäre entzogene Kohlenstoff im terrestrischen System gespeichert wird (C-Senke). PK spielt bei der Erreichung der schweizerischen Klimaziele eine wichtige Rolle.

### Pflanzenkohle hat's in sich

Pflanzenkohle reduziert die Klimagasemissionen aus der Tierhaltung (Ammoniak, Methan, Lachgas), senkt

die Stickstoffverluste und wertet die Hofdünger auf (mehr C im Boden). PK verbessert den Boden durch C-Sequestrierung (Aufnahme und Speicherung). Für PK gibt es dank ihrer strukturbedingten grossen, inneren Oberfläche (zwischen 200 und 300m<sup>2</sup>/g) ein grosses Anwendungsfeld in der Landwirtschaft. Als Trägerstoff, vorwiegend für organische Dünger, dient PK der bedarfsgerechten Freisetzung von Nährstoffen, gleichzeitig wird die Auswaschung von Nährstoffen reduziert.

Als Additiv in Kompost und Gülle (1Vol-%) reduziert PK Nährstoffverluste und THG-Emissionen. In der Rolle eines Futterzusatzes fungiert PK als «Verbesserer» des Tierwohls und als Additiv in der Silage dient sie zur Stabilisierung der Fermentation. In der Einstreu verbessert PK das Stallklima ganz allgemein. Die Zugabe von PK als Bodenverbesserer erhöht die Anzahl Bodenmikroorganismen und verbessert die Wassernutzungseffizienz von Pflanzen speziell in grobkörnigen Böden. Der Einsatz von PK in der Kompostierung ist eine

der ältesten Anwendungen. Je nach Kompostierungsbedingungen kann PK einen guten Kompost besser und einen schlechten weniger schlecht machen. Einer der besten belegten Effekte von PK-Nutzung bezieht sich auf die Reduktion der Lachgasemissionen (38–46%), insbesondere in alkalischen bis leicht sauren, eher sandigen Böden. Der potentielle Nutzen der PK-Anwendung liegt in der Reduktion schädlicher Umweltauswirkungen, im Schliessen der Nährstoffströme und im Klimaschutz.

### Gibt es Gefahren oder Langzeitfolgen?

PK kann Schwermetalle enthalten, die natürlicherweise in allen Biomassen vorkommen. Während der Pyrolyse können sich auch aus unbelasteter und unbehandelter Biomasse Schadstoffe in Form von PAK<sup>36</sup> bilden. In der Schweiz gelten strenge Grenzwerte, insbesondere für Futtermittelkohle. Es ist ratsam, nur EBC-zertifizierte Pflanzenkohle einzusetzen.<sup>37</sup>



«Gülle ist nicht, wie meistens dargestellt, ein natürliches Produkt. Denn in der Natur wird nirgends Harn und Kot gemischt und unter Sauerstoffausschluss gelagert.» Simon Jöhr, Regenerative Landwirtschaft, Online Kurs Gülleaufbereitung

<sup>32</sup> Vollzugshilfe Gewässerschutz in der Landwirtschaft Graubünden 2021 | www.gr.ch

<sup>33</sup> MC = Mikrobielle Carbonisierung

<sup>34</sup> CMC = Controlled Microbial Composting

<sup>35</sup> Regenerative Landwirtschaft, Online Kurs Gülleaufbereitung, Simon Jöhr

<sup>36</sup> PAK = Polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoff

<sup>37</sup> Agroscope Science 112/202: «Pflanzenkohle in der Landwirtschaft» | www.agroscope.admin.ch



## Interview mit Rut Janett

**Futter- und Ackerbau prägen unsere Landschaft und sind die Grundlage für jeden Bauernbetrieb. Das Aufstallungssystem für Rindvieh beeinflusst letztlich auch die Pflanzenbestände. Rut Janett, Agronomin ETH, ist Beraterin für Pflanzenbau am Plantahof. Sie kennt die Praxis und kennt die Auswirkungen von Mist und Gülle.**

*Frau Janett, Sie kennen die futterbauliche Praxis bestens. Welches sind die wichtigsten Prinzipien im Futterbau?*

Rut Janett: Die standortangepasste, abgestufte Bewirtschaftung ist eines der wichtigsten Prinzipien im Futterbau. Gemäss dieser spielen der Standort, d.h. die Höhenlage, Exposition, also die Nord-/Süd-Ausrichtung, und Niederschläge eine grosse Rolle. Zudem müssen die Düngungs- und Nutzungsintensität aufeinander abgestimmt werden.

*Warum ist das wichtig?*

Je nach Düngungs- und Nutzungsintensität bilden sich verschiedene Wiesenbestände mit einer typischen Artenzusammensetzung. Bekannte Wiesentypen sind Raigraswiesen, Knautgraswiesen oder Goldhaferwiesen. Dabei ist der Standort ein limitierender Faktor, sodass ab einer gewissen Höhenlage die Bewirtschaftung angepasst werden muss.

*Was passiert bei unausgewogener Düngung und Nutzung?*

Bei einer abgestuften Bewirtschaftung mit ausgewogener Düngung/Nutzung gibt es sowohl futterbaulich wertvolle als auch ökologisch nützliche Bestände.

«Es ist nicht unbedingt die Nährstoffmenge insgesamt, die problematisch ist, sondern die vorliegende Stickstoffform.»

Sind die Bewirtschaftungsfaktoren nicht aufeinander abgestimmt, können sich unerwünschte Pflanzenarten ausbreiten.

*Welchen Einfluss haben Düngung und Nutzung auf die Bestandeszusammensetzung?*

Ziel sind ausgewogene Futterbestände mit stabilen Erträgen. Dies Ziel wird nur erreicht, wenn Düngung und Nutzung aufeinander abgestimmt sind. Ausgeprägte Raigraswiesen können sowohl intensiv genutzt wie auch entsprechend gedüngt werden. Im Berggebiet wirkt sich die Höhenlage zusätzlich erschwerend auf die Bestandeslenkung aus. In nicht raigrasfähigen Lagen, das ist je nach Lage ab 700 bis 1000 m ü. M. der Fall, fehlen nämlich häufig jene Gräser, die bei einer Güllendüngung konkurrenzstark sind.

«Die wertvollen Gräser Fromental und Goldhafer werden durch Gülle verdrängt, und es können sich Kräuter ausbreiten, die letztlich die Qualität des Futters reduzieren.»

*Welchen Einfluss hat Mist auf die Bestandeszusammensetzung?*

In der Gülle ist ein Grossteil der Nährstoffe gelöst und damit für die Pflanzen schnell verfügbar. Im Gegensatz dazu ist im Mist ein überwiegender Teil der Nährstoffe organisch gebunden und damit für die Pflanzen nur langsam verfügbar. Fromental und Goldhafer sind wenig intensiv nutzbare Gräser und entsprechend nicht sehr konkurrenzstark bei einer Düngung mit Gülle. Diese wertvollen Gräser werden durch Gülle verdrängt, und es können sich Kräuter ausbreiten, die letztlich die Qualität des Futters reduzieren und das Konservieren erschweren. Gräser wie Fromental und Goldhafer sind daher dankbar für langsam verfügbare Nährstoffe, welche sie über eine Mistdüngung erhalten.

*Der Anteil von Hofdünger, der als Gülle oder Mist anfällt, wird letztlich durch das Aufstallungssystem bestimmt. Gibt es aus futterbaulicher Sicht ein bevorzugtes Haltungssystem?*

Vor allem im Berggebiet fehlen die intensiv nutzbaren Gräser. Damit ist der Handlungsspielraum für den Einsatz von Gülle und Mist eingeschränkt. Deshalb sind mistbasierte Stallsysteme eigentlich geeigneter. Es ist nicht unbedingt die Nährstoffmenge insgesamt, die problematisch ist, sondern die vorliegende Stickstoffform. Bei Gülle ist der Stickstoff schnell verfügbar und rasch wirkend, während im Mist ein Grossteil des Stickstoffs organisch gebunden ist und dieser zuerst noch mineralisiert werden muss.

*Bei der Interessensabwägung werden immer wieder arbeitswirtschaftliche Aspekte den futterbaulichen Anforderungen vorgezogen. Ist das nicht problematisch?*

Nochmals, aus futterbaulicher Sicht sind standortangepasste Stallbauten wichtig. Unabhängig davon ergeben sich unter Umständen arbeitswirtschaftliche Zielkonflikte. Das bin ich mir voll bewusst. Dennoch, rein aus futterbaulicher Sicht, ist der Mist im Berggebiet die idealere Düngungsform.

«Wünschenswert wäre, wenn bei der Planung des Stallbaus die futterbaulichen Aspekte miteinbezogen würden.»

*Welche Fragen sollten aus Ihrer Sicht vor einem Stallneubau geklärt sein?*

Ich denke, die Düngung der vorhandenen Wiesen muss geklärt sein, damit die Bestandeszusammensetzung langfristig ausgewogen bleibt. Eigentlich sollte erst nach Klärung von Standort und Düngung, die Stallplanung an die Hand genommen werden.

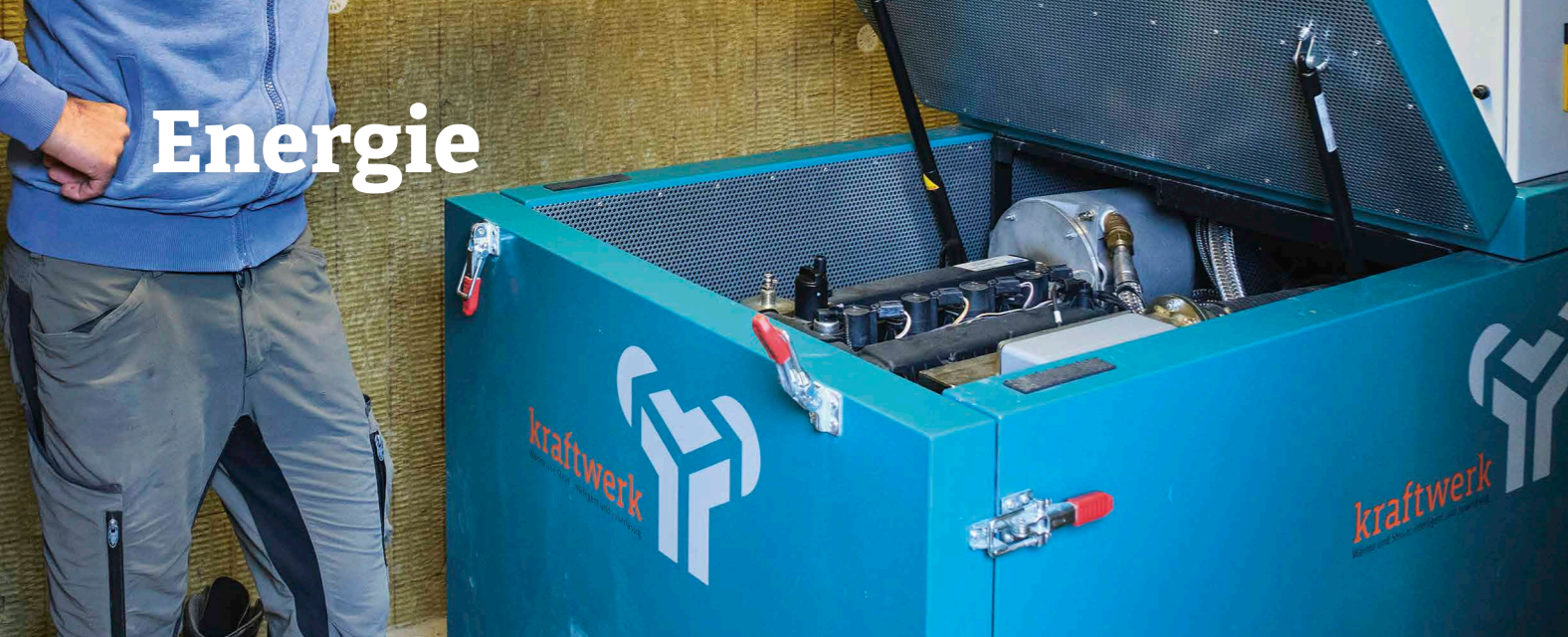


Rut Janett, aufgewachsen im Engadin und der Surselva, entdeckte als Hirtin die Freude am Futterbau und ist heute irgendwo zwischen den Talwiesen und Alpweiden anzutreffen ...

*Eine letzte Frage: Als Futterbau-Beraterin werden Sie auch mit der Klimaproblematik konfrontiert. Was kommt in Zukunft auf die Futterbaubetriebe zu?*

Mit dem Klimawandel steigen die Herausforderungen. Tendenziell wird es immer früher Frühling, im Sommer entsteht oft trockenheitsbedingt ein Futterloch, und im Herbst kann länger geweidet werden. Im Vordergrund stehen die vermehrt auftretenden Trockenperioden. Damit steigt das Interesse an trockenheitstoleranten Mischungen mit Pflanzen, die Trockenperioden relativ gut überstehen. Die Forschung beschäftigt sich intensiv mit trockenheitstoleranten Mischungen. Das ist auch in unserem Kanton der Fall. Von den Futterbauflächen wird künftig eine sehr grosse Flexibilität erwartet.





Die Schweizer Landwirtschaft ist geprägt von einem hohen Mechanisierungsgrad. Dies hat zur Folge, dass die Landwirtschaft einerseits in sehr hohem Mass von fossilen Brenn- und Treibstoffen abhängig ist. Andererseits hat die Landwirtschaft grosses Potenzial, Energie selber zu produzieren.

## Power vom Bauer

Dem Umstand, dass auf dem Bauernhof erneuerbare Energie produziert werden kann, ist bei einem Stall-Umbau oder Stall-Neubau bereits ab der Vorplanungsphase entsprechende Aufmerksamkeit zu schenken. «Künftig ist die Landwirtschaft ein wichtiger Player beim Umbau der Energieversorgung», sagt Simon Bolli von «Ökostrom Schweiz». Das ist doch wunderbar! Packen wir die Chance, dieses Potenzial zu nutzen.

### Energiewirt statt Landwirt

Bei der Nutzung fossiler Energie wird Kohlenstoff aus dem Boden in die Atmosphäre transferiert und reichert sich dort an. Im Gegensatz dazu sind erneuerbare Energien reproduzierbar und CO<sub>2</sub>-neutral. Unsere Sonne «schickt» pro Jahr viel mehr Energie auf die Erde, als die Menschheit je brauchen wird. Die Marktsituation für Milch, Getreide oder Kartoffeln ist zwar nicht immer auf den ersten Blick durchsichtig, weil kompliziert, aber gerade deshalb jeder Bäuerin und jedem Bauer bekannt. Funktioniert die Energie- bzw. Stromvermarktung nach den denselben Marktprinzipien?

Die vom Bund geschaffene «Kostendeckende Einspeisevergütung» KEV ist Ende 2022 ausgelaufen

und wird unter anderem durch Investitionsbeiträge ersetzt. Im Bereich der Photovoltaik werden erstmals Auktionen durchgeführt. Das bedeutet, die Höhe der Einmalvergütungen für PVA ohne Eigenverbrauch wird abhängig von der Leistung in Auktionen bestimmt. Heisst im Klartext: Mehr «Selbstverantwortung». Damit mehr Selbstverantwortung nicht in einem Fiasco endet, gibt es verschiedene landwirtschaftsnahe Partner, die unterstützend helfen können. Ein solcher Partner ist «Fleco Power». Als unabhängiger Stromvermarkter der Schweiz ist Fleco Power ausschliesslich in den Händen von Produzenten und produzentennahen Organisationen: [www.flecopower.ch](http://www.flecopower.ch). Ein weiterer Partner ist «MBRsolar», eine Tochterfirma der Maschinenring Ostschweiz AG: [www.mbrsolar.ch](http://www.mbrsolar.ch).

### Biomasse stärken

Von der Förderung wird künftig auch die Energiegewinnung aus Biomasse profitieren. Angedacht ist, dass kommende Biogas-Anlagen mit Investitionsbeiträgen von bis zu 50 % der anrechenbaren Baukosten gefördert werden. Ein Betriebskostenbeitrag pro eingespeiste Kilowattstunde (Stand Dezember 2022: 29 Rp/kW) für Biomasseanlagen, die ausschliesslich landwirtschaftliche Biomasse wie Gülle, Mist oder organische Reststoffe vergären, ist ein zusätzlicher Anreiz. ■

## Exkurs Eigenverbrauchsoptimierung

Unter Eigenverbrauch werden die zeitgleiche Stromproduktion und der unmittelbare Stromverbrauch am Ort der Produktion verstanden. Jede Kilowattstunde Strom, die nicht verbraucht wird, muss nicht produziert werden. So gesehen, wird eine Eigenverbrauchsoptimierung (EVO) immer aktueller und interessanter. Mit einer Photovoltaik-Anlage (PVA) und einem Einheitsstromtarif (keine

Tag/Nacht Unterscheidung) lohnt sich beispielsweise die Verschiebung von Verbrauchern in den Tag. Umgekehrt kann mit einem Batteriespeicher, mit welchem der Verbrauch der Tagesproduktion auf den Abend und in die Nacht verschoben wird, die EVO verbessert werden. Allerdings erfordert eine Eigenverbrauchssteuerung viel technisches Verständnis, denn die Fehlerdia-

gnose ist anspruchsvoll. Generell wird die Eigenverbrauchssteuerung einfacher, je mehr PV installiert ist. Sind mehrere Gebäude oder gar ein Weiler vorhanden, lohnt es sich über einen gebäudeübergreifenden Zusammenschluss Eigenverbrauch (ZEV) nachzudenken (siehe auch «Leitfaden Eigenverbrauch»)<sup>38</sup>.

## Solarstrom

Die Photovoltaikanlage (PVA) ist der einzige Bauteil an einem landwirtschaftlichen Gebäude, die produziert und eine Rendite abwirft. Deshalb ist eine maximale Belegung mit PV anzustreben. Fassaden sind prädestiniert für die Winterstromproduktion. Bei begrenzter Nutzung ist Winterstrom (Fassade) wichtiger als Sommerstrom (Dach). Heute geht man von einer Lebensdauer der PV von 30 bis 40 Jahren aus. Empfehlungen des Ökozentrums in Langenbruck (BL) gehen dahin, dass erst, wenn das Dach mit PV voll ist, Geld für die Eigen-Verbrauchs-Optimierung (EVO) ausgegeben werden soll.

### Planung, Offerte, Installation

Grundlage für eine optimale Auslegung der PVA ist eine Bedarfsanalyse. Beratungspartner erstellen für die Anlageplanung mittels digitaler Strommessung (Lastgangdaten) eine Verbrauchsanalyse zur Ermittlung des Stromverbrauchs und der Leistungsspitzen. Anhand der ausgelesenen Daten wird eine fallspezifische Anlage berechnet, geplant und letztlich ausgeführt.

Infos im Netz: [www.solarspar.ch](http://www.solarspar.ch), [www.gbl.ch/news/](http://www.gbl.ch/news/), [www.agrola.ch/solar/](http://www.agrola.ch/solar/), [www.mbrsolar.ch](http://www.mbrsolar.ch), [www.solarbauern.ch](http://www.solarbauern.ch), [www.pronovo.ch](http://www.pronovo.ch).

Der konkrete Werdegang für die Erstellung einer PV-Anlage beginnt in einem ersten Schritt mit dem

persönlichen Gespräch zwischen Bauherrn, Berater und/oder Planer. Dabei werden die individuellen Bedürfnisse geklärt und anschliessend eine bedarfsgerechte Lösung ausgearbeitet. Ein zweiter Schritt beinhaltet die Offerte mit einer Gestehungskostenberechnung. Gefolgt von einem weiteren Schritt für die detaillierte Planung. Nicht zu vergessen die behördlichen Abklärungen: beispielsweise die Baumeldung, Förderungsanmeldung und

### Förderinstrumente!

- Von einer kleinen Einmalvergütung (KLEIV) profitieren PVA, die eine Leistung bis 100 kW aufbringen. Die Förderung besteht aus einem fixen Grundbeitrag und einem Leistungsbeitrag. Auszahlung ca. 1 Jahr nach Inbetriebnahme. Der Leistungsbeitrag hängt von der installierten Leistung ab (Fr./kWp).
- PVA ab 100 kW Leistung profitieren von der grossen Einmalvergütung (GREIV). Die Auszahlung der Fördergelder erfolgt frühestens 1 - 2 Jahre nach der Inbetriebnahme. Analog zur KLEIV gibt es neben einem festen Grundbetrag einen Leistungsbeitrag (Fr./kWp).
- Gemeinden oder lokale Netzbetreiber stellen teilweise ebenfalls einen Förderbeitrag zur Verfügung. Nachfragen lohnt sich.





die Meldung an das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI). Schliesslich erfolgt in Absprache mit der Bauherrschaft eine Terminplanung für die Montage. Neben einer fachgerechten Installation durch den Lieferanten und der Instruktion bei der Erstinbetriebnahme wird auch eine nachfolgende Betreuung bei Service und Unterhalt erwartet. ■

**Ein Weg entsteht, indem man ihn geht:  
Was mit Beharrlichkeit realisiert werden  
kann, zeigt die Klein-Biogas-Anlage  
«quh-energie» im Berner Oberland.**

[www.quh-energie.ch](http://www.quh-energie.ch)



## Wärme-Kraft-Koppelung (WKK)

Unter **WKK** werden grundsätzlich thermische Kraftwerk-Anlagen mit gekoppelter, das heisst, gleichzeitiger Erzeugung von Strom und Wärme verstanden. Das können Blockheizkraftwerke, Gasmotoren, Gasturbinen und Gas/Dampfturbinenkraftwerke sein. Voraussetzung für die Bezeichnung WKK-Anlage ist, dass insgesamt 60% der eingesetzten Primärenergie in Strom und Wärme und davon mindestens 5% in Strom umgewandelt wird.

Als Blockheizkraftwerk **BHKW**<sup>39</sup> wird eine WKK-Anlage bezeichnet, die als Block fertig montiert geliefert und betrieben wird. Systembedingt ist bei einem BHKW die Strom- und Wärmeproduktion immer gekoppelt. In der Regel sind BHKW aus wirtschaftlichen Gründen wärmegeführt, das heisst, der Wärmebedarf bestimmt die Laufzeit des BHKW. Die Steuerung des Eigenverbrauchs erfolgt soweit möglich über die BHKW-Laufzeit (und Wärmespeicherung). Der Einbau von zusätzlichen, thermischen Speichern zur Erhöhung der Flexibilität ist zu prüfen.

### Gülegas spart AKW-Strom

Feststoff «Raus» und Gülle «Rein» in die Vergärung.<sup>40</sup> Genau dieses Vorhaben ist heute erfolgversprechend, denn Hofdünger wird bisher erst

im tiefen einstelligen Prozentsatz energetisch genutzt. Der Grund: Reine Hofdünger-Biogasanlagen sind in der Praxis bislang hauptsächlich an der geringen Energiedichte des Hofdüngers und damit an der Wirtschaftlichkeit gescheitert. Mit der Absicht, die Gülle durch Separierung in eine feste und eine flüssige Phase zu trennen und die anfallenden Feststoffe zu vergären, kann die Energie aus Hofdünger gesteigert werden. Der zusätzliche Aufwand (Separierung) wird durch einen höheren Ertrag belohnt. Was letztlich die Wirtschaftlichkeit verbessert.

Einen anderen Technologieansatz verfolgt die Separierung tagesfrischer Gülle. Dabei wird die Dünngülle in einem Festbettfermenter zu Biogas aufbereitet. Die Feststoffe (unverdaute Futterfasern) dienen als Einstreumaterial. Die Motivation zur Separierung der Gülle liegt unter anderem beim problemlosen Schleppschlaucheinsatz und der pflanzenbaulichen besseren Wirkung der Gülle. Zudem reduziert sich das Ausbringvolumen dank Verzicht auf Wasserverdünnung. Diesen Vorteilen stehen die Kosten für die Separierung und für eine effiziente Separierung sowie die Notwendigkeit eines zweiten Lagers für die Dünngülle gegenüber. ■



Bild: R. Mani

Landwirt und Energiewirt.

## HTC

Unter dem Begriff «Hydrothermale Carbonisierung» **HTC**<sup>41</sup> versteht man die Umwandlung von Biomasse in Kohleprodukte und Wasser. Dieser Vorgang geschieht in einem geschlossenen System bei einer Temperatur von 200 °C und einem Druck von 20 bis 25 bar. Dieser Prozess entspricht der Kohleentstehung in der Natur und konnte durch Erhöhung von Druck und Temperatur von Jahrtausenden auf wenige Stunden verkürzt werden. Dabei werden nahezu 100% des Kohlenstoffs, den die Pflanzen bei der Photosynthese aufgenommen haben, umgewandelt und gespeichert. Ausgebracht auf landwirtschaftliche Felder bleibt HTC-Kohle nach heutigen Erkenntnissen im Boden erhalten und wirkt auf diese Art als Kohlenstoffsenke. Auf den Punkt gebracht: HTC ermöglicht sowohl eine energetische Nutzung als auch eine Rückführung von Pflanzennährstoffen in die Landwirtschaft. ■

den. Dabei werden nahezu 100% des Kohlenstoffs, den die Pflanzen bei der Photosynthese aufgenommen haben, umgewandelt und gespeichert. Ausgebracht auf landwirtschaftliche Felder bleibt HTC-Kohle nach heutigen Erkenntnissen im Boden erhalten und wirkt auf diese Art als Kohlenstoffsenke. Auf den Punkt gebracht: HTC ermöglicht sowohl eine energetische Nutzung als auch eine Rückführung von Pflanzennährstoffen in die Landwirtschaft. ■



Buchtipps

### Biogasanlagen effizient betreiben

Wie nachhaltig ist die in Ihrer Biogasanlage erzeugte Energie und wie lässt sich das überhaupt feststellen? Diese KTBL-Schrift liefert das notwendige Rüstzeug in Form von Kriterien, mit denen die Frage anlagespezifisch beantwortet und Verbesserungspotentiale individuell festgestellt werden können. Erscheinungsjahr 2021.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)  
ISBN 978-3-945088-84-5 | [www.ktbl.de/shop/produktkatalog/11525](http://www.ktbl.de/shop/produktkatalog/11525)

<sup>39</sup> M. Sattler, Ökozentrum | [www.oekozentrum.ch](http://www.oekozentrum.ch)

<sup>40</sup> Projekt «Raus-Rein», Machbarkeitsstudie-Schlussbericht BFE | [www.agrenum.ch/pdf/MachbarkeitProjektRAUS-REIN.pdf](http://www.agrenum.ch/pdf/MachbarkeitProjektRAUS-REIN.pdf)

<sup>41</sup> Klima GRISCHA



## Interview

### mit Michael Sattler

**Am Ökozentrum in Langenbruck (BL) wird schon seit 1980 in den Bereichen erneuerbare Energien und Ressourcen geforscht. Michael Sattler, dipl. Biologe und dipl. Umweltingenieur NDS/FH, ist am Ökozentrum Projektleiter und Bereichsleiter Technik. In dieser Funktion berät er unter anderem Landwirte in Energiefragen.**

*Welche Energiethemen stehen heute bei der Bauplanung im Vordergrund?*

Michael Sattler: Die Optimierung der Betriebsenergie und die Reduktion der grauen Energie des Gebäudes sind die zentralen Themen. Bei der Betriebsenergie gibt es sehr viele effiziente und klimaschonende Technologien wie z.B. PV, Wärmepumpen oder frequenzgesteuerte Motoren für Maschinen. Immer häufiger werden auch Optionen für die Saisonspeicherung angedacht, also die Möglichkeit, Wärme des Sommers für den Winter zu speichern.

Was die graue Energie am Bau angeht, besteht noch viel Handlungsbedarf. Beispielsweise das Bauen mit Holz oder das Wiederverwenden von Bauteilen wird noch viel zu wenig umgesetzt.

*Warum «rentiert» der Eigenverbrauch von PVA-Strom?*

Der Eigenverbrauch von Solarstrom ist deshalb so attraktiv, weil man die Netzkosten einspart. Wenn wir heute Strom vom Energieversorger einkaufen, dann werden uns die Energie (der Preis der Stromproduktion), die Netzkosten (die Kosten für das Übertragungsnetz) und weitere Abgaben verrechnet. Da selbst verbrauchter Solarstrom nie ins Stromnetz gelangt, fallen entsprechend keine Gebühren für das Übertragungsnetz an. Dadurch kann ich mit jeder Kilowattstunde, die ich von meiner PVA selbst verbrauche, rund 10 Rp. Netzkosten einsparen. Diesen Betrag müsste ich

bezahlen, wenn ich den Strom vom Energieversorger einkaufe. Diesen eingesparten Betrag erhalte ich nicht ausbezahlt, aber er hilft eine PV-Anlage schneller zu amortisieren.

*Was versteht man unter Eigenverbrauchs-optimierung EVO?*

Es geht darum, den eigenen Solarstrom vom Dach direkt selbst zu verbrauchen. Dieser Strom fliesst hinter dem Stromzähler durch, wird also nicht verrechnet. Um den Eigenverbrauch zu optimieren, schaltet man die Verbraucher im Gebäude möglichst dann ein, wenn die Sonne scheint. Die einfachste Lösung ist eine manuelle Steuerung «von Hand». Auch Zeitschaltuhren, die einen Betrieb zwischen 10 und 15 Uhr erlauben, helfen schon viel. Das Maximum

**«Der Eigenverbrauch wirkt sich nicht nur finanziell positiv aus, da die Stromrechnung klein wird, er entlastet auch das Stromnetz, da der Transport des Stroms entfällt.»**

erreicht man jedoch mit einer Steuerung. Mit diesen intelligenten Systemen wird beispielsweise die Geschirrspülmaschine oder der Warmwasserboiler erst dann aktiviert, wenn genügend Solarstrom produziert wird und keiner aus dem Netz bezogen werden muss. Der Eigenverbrauch wirkt sich nicht nur finanziell positiv aus, da die Stromrechnung sehr klein wird, er entlastet auch das Stromnetz, da der Transport des Stroms entfällt.

*Wie sieht die Ökobilanz von stationären Batteriespeichern aus?*

Stationäre Batterien haben heute meist noch keine gute Ökobilanz. Es steckt sehr viel graue Energie in den Batterien. Zudem werden sie oft nicht sehr ökologisch genutzt. Das heisst, sie werden auch dann noch aufgeladen, wenn im Stromnetz nicht erneuerbare Energie ist, und entladen, wenn erneuerbare Energien vorhanden wären. Für einen möglichst ökologischen Einsatz müssen diese Faktoren umgekehrt werden. Die erneuerbare Energie aus Sonne, Wind und Wasser muss gespeichert werden und dann wieder abgegeben, wenn auf fossile Energie zurückgegriffen werden müsste. Ein Batteriespeicher an einem Netzver-

knüpfungspunkt eines Elektrizitätswerks kann diese Aufgabe viel besser erfüllen als ein Speicher in einem Gebäude. Deshalb werden ökologisch optimierte Speicher idealerweise beim Stromversorger installiert und nicht dezentral. Diese sind dann wesentlich grösser, aber auch günstiger als in einem landwirtschaftlichen Gebäude.

*Welche Kriterien bestimmen die Dimensionierung der Photovoltaikanlage?*

Das wichtigste Kriterium ist heute oft die verfügbare Dachfläche, was ein grosses Glück ist. Denn um genügend Solarstrom für die Energiewende zu produzieren, müssen wir die verfügbaren Dachflächen maximal nutzen. Vollflächige Anlagen sind auch finanziell meist interessanter und für die Stromversorgung der Schweiz von grosser Bedeutung. Vollflächige Anlagen sind in der Regel auch wirtschaftlicher als kleine Anlagen. Um die Energiewende zu schaffen, ist es wichtig, auch im Winter oder bei bedecktem Himmel Solarstrom produzieren zu können. Dafür benötigen wir mehr Flächen als bei strahlendem Sonnenschein.

**«Aus Erfahrung kann ich sagen, dass die meisten Bauherren, die ihr Dach nicht von Anfang an maximal genutzt haben, in wenigen Jahren eine Nachrüstung anstreben.»**

Aus Erfahrung kann ich sagen, dass die meisten Bauherren, die ihr Dach nicht von Anfang an maximal genutzt haben, in wenigen Jahren eine Nachrüstung anstreben, was dann aber mit Mehrkosten, im Vergleich zu einer Vollflächen-PVA von Anfang an, verbunden ist.

*Gibt es Chancen für bidirektionale E-Fahrzeuge in der Landwirtschaft?*

Absolut. Elektromobilität ist auf dem Vormarsch. Es ist nicht möglich, das Stromnetz so auszulegen, dass sämtliche Elektrofahrzeuge jederzeit ohne Koordination aufgeladen werden, die Belastung wäre viel zu gross. Für die gesamte Elektromobilität – nicht nur die landwirtschaftliche – bedeutet das, dass alle Fahrzeuge auch Strom aus ihrer Batterie ins Netz einspeisen müssen. Ladung und Entladung geschehen also bei allen Fahrzeugen gesteuert.



Mit viel Herzblut und Engagement setzt sich Michael Sattler als Projektleiter und Bereichsleiter Technik am Ökozentrum in Langenbruck für einen Wandel in der Gesellschaft ein.

Je planbarer die Einsätze von E-Fahrzeugen sind, desto nützlicher sind diese, um mit ihrer Bidirektionalität das Stromnetz zu entlasten. Gerade in der Landwirtschaft ist aufgrund des Wetters gut abschätzbar, ob der Balkenmäher morgen gebraucht wird oder nicht. Entsprechend ist es sehr gut planbar, die Batterie des Balkenmähers heute aufzuladen und morgen die gespeicherte Energie ans Stromnetz abzugeben.

*Wo gibt es Handlungsbedarf und welche Handlungsempfehlungen geben Sie?*

Wenn heute ein Gebäude erstellt wird, fehlt oft eine Analyse, wie dieses Gebäude in 30 oder 50 Jahren genutzt wird. Daher sehe ich grossen Handlungsbedarf bei der Einplanung von Flexibilität in den heutigen Gebäuden.

Es ist aufgrund verschiedenster Faktoren zu erwarten, dass in den kommenden 50 Jahren ein Grossteil der Landwirtschaftsbetriebe neue Betriebszweige erschliessen wird – und andere aufgeben müssen. Wenn wir bei jeder Änderung das Gebäude neu bauen müssen, ist das aus Ressourcen- und Energiesicht absolut nicht nachhaltig. Eine vorausschauende Planung spart langfristig viel Geld und Ressourcen – aber erfordert in der Planungsphase zusätzliche Aufwände. ■



## Milchkühlung

Milch muss nach dem Melken gekühlt werden, damit die Qualität erhalten bleibt und sich keine Keime vermehren können. Im Zentrum steht die Frage, wie viel Milch auf welche Lagertemperatur gekühlt werden soll und ob die anfallende Wärmemenge sinnvoll genutzt werden kann. Es gibt verschiedene Methoden und Systeme zur Milchkühlung. Eine Möglichkeit ist, die Milch komplett im Tank zu kühlen. In diesem Fall verringert ein Vorkühler (Plattenkühler) den Strom- und Leistungsbedarf des elektrischen Kühlsystems deutlich.

Eine klimafreundliche Alternative ist die Eiswasserproduktion. Damit verbunden ist die Möglichkeit, Solarstrom zu speichern und bedarfsgerecht zu nutzen. Eine Erneuerung oder Umrüstung des Milchkühlsystems durch eine energieeffiziente Kühl- und Tankanlage mit Vorkühlung der Milch und einer separaten Eiswasserbank zur Solarstromnutzung reduziert den Energieverbrauch um mehr als 60% und den Netzstrombezug um 50%.<sup>42</sup> Bezogen auf die Milchkühlung weist der Melkroboter eine gute Kühl-Effizienz auf, weil die kontinuierlich anfallenden kleinen Milchmengen mit viel weniger Energie gekühlt werden können als die periodisch fliessenden grossen Milchmengen anderer Melksysteme.

### Wärmepumpenboiler

Zur täglichen Bereitstellung von 200 Liter Heisswasser verbraucht ein herkömmlicher Elektroboiler in fünfzehn Jahren gut 60'000 kWh Strom. Als Stromspar- oder Stromeffizienzmassnahme bieten sich heute Wärmepumpenboiler (WP-Boiler) an. Ein solcher kann entweder dem bereits vorhandenen Elektroboiler vorgeschaltet oder als kombinierter WP-Boiler eingebaut werden. Der WP-Boiler erwärmt das Wasser auf rund 55 bis 60°C. Ab diesem Temperaturniveau muss der Elektroboiler anschliessend «nur noch» die Differenz bis 80°C aufheizen. Ein WP-Boiler erreicht einen

### Förderprogramm WP-Boiler

Mit einem WP-Boiler-System kann bis zu 50% Strom gespart werden. Im Rahmen eines Förderprogramms (noch bis Ende 2024) wird ein einmaliger Förderbeitrag ausgerichtet. Ein entsprechendes Gesuch ist an AgroCleanTech zu richten.

[www.agrocleantech.ch](http://www.agrocleantech.ch)



Bild: Annett Latsch, Agroscope

Mit einem Wärmepumpenboiler wird der Energieaufwand in der Milchproduktion reduziert.

durchschnittlichen Wirkungsgrad von 3,1 (heisst, 1 kWh Strom für 3,1 kWh Wärme). Über fünfzehn Jahre gerechnet verbraucht ein WP-Boiler für die Bereitstellung von täglich 200 Liter Heisswasser rund 20'000 kWh Strom. Die Kosten für ein WP-Boiler-System belaufen sich inkl. Installation auf rund 6000 bis 8000 Franken. Die Amortisationsdauer liegt (inkl. Fördergelder) zwischen fünf und acht Jahren. ■

## Beleuchtung

Für Arbeitsklima, Tierwohl und Unfallverhütung ist Licht von grosser Bedeutung. Grundsätzlich ist aus natürlichem Licht das Beste zu machen. In Gebäuden ist vielfach eine zusätzliche künstliche Beleuchtung erforderlich. Die rechtlichen Anforderungen an Ausleuchtung und Beleuchtungsstärke im Tierbereich sind in Art. 33 der Tierschutzverordnung (TSchV) festgehalten.

Mit der richtigen Wahl der Beleuchtung kann viel Energie eingespart werden. LED-Lampen sind eine sehr gute Alternative zu Energiespar-, Halogen- und Leuchtstofflampen und weisen die höchste Energieeffizienz auf. Ein Vergleich<sup>43</sup> zwischen einer Leuchtstofflampe (T8, 120 cm, 36 W/Rohr) mit einer LED-Lampe zeigt bei 1500 h Beleuchtung/Jahr, Einsparungen von rund 34 kWh/Jahr oder 7 bis 9 Fr./Jahr (abhängig vom Strompreis). Relativ neu sind LED-Leuchten, die primär auf die Bedürfnisse der Kuh in Bezug auf Wohlbefinden ausgerichtet sind. Zusätzlich zur Optimierung der Wellenlänge und des Farbspektrums spielt die Lichtverteilung eine wichtige Rolle. Der Melatonin-Effekt<sup>44</sup> bleibt erhalten. Die Energieeinsparung gegenüber Hochdruckentladungslampen liegt bei bis zu 75%. ■

## Heubelüftung

Kaltbelüften führt nicht immer zum gewünschten Trocknungserfolg. Wärme hilft!

Theoretisch kann ein Kubikmeter Luft bei 20°C und 70% relativer Feuchtigkeit 5,2 g Wasser aufnehmen. In der Praxis ist die Wasseraufnahme aber geringer, weil sich die Luft während eines Trocknungsvorgangs abkühlt. Durch Anwärmen oder Entfeuchten der Luft wird die Wasseraufnahmefähigkeit der Trocknungsluft beträchtlich erhöht. Gegenüber der Kaltbelüftung steigt bei Anwärmung um 6°C die Wasseraufnahme fast auf das Doppelte. Um bei einem 100 m<sup>2</sup> grossen Heustock dieselbe Lufterwärmung mit einem Ofen zu erreichen, wäre eine Heizleistung von rund 100 kW notwendig. Diese Heizleistung entspricht einem stündlichen Heizölverbrauch von 12 Liter, verbunden mit Kosten von 14 Fr./h oder 336 Fr./24h. ■



Bei geschickter Planung und mit etwas Aufwand kann eine Solaranlage auch zur Heutrocknung verwendet werden.

### Dachwärme trocknet Heu

Solarmodule setzen lediglich 10 bis 17% der Sonneneinstrahlung in Elektrizität um. Die restliche Sonnenenergie wird als Wärme an die Umgebung abgegeben. Bei Auf-Dach Paneelen kann die Temperatur der Solarzellen um bis zu 30°C über die Umgebungstemperatur ansteigen. Parallel dazu sinkt der Wirkungsgrad. Die Kühlung der Solarmodule um 1°C bewirkt einen um 0,3 bis 0,5% besseren elektrischen Wirkungsgrad. Entsprechend nimmt die Stromproduktion um diesen Prozentsatz ab, wenn sich Solarmodule erwärmen.

**Wichtig:** Die von den Solarmodulen erwärmte Luft wird nach der Unterdachabsaugung in einem Sammelkanal zusammengeführt. Entscheidend für den späteren Wirkungsgrad sind die Dimensionierung des Unterdach und des/der Sammelkanäle.

Der Abstand vom Dach zur PVA wird so dimensioniert, dass höchstens ein maximaler Unterdruck von 100 Pascal entsteht. Weitere wichtige Kriterien sind: Sammelkanal-Querschnitt, Ventilatorleistung und Luftgeschwindigkeit im Sammelkanal. Letztere sollte 4 m/s (max. 5 m/s) betragen und der erforderliche Saugdruck darf 100, höchstens aber 150 Pascal nicht übersteigen. ■

<sup>42</sup> KTBL-Tagungsband 2015, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) | [www.lfl.bayern.de/jahr-des-bodens-2015\\_tagungsband.pdf](http://www.lfl.bayern.de/jahr-des-bodens-2015_tagungsband.pdf)

<sup>43</sup> AgroCleanTech, Bern | [www.agrocleantech.ch](http://www.agrocleantech.ch)

<sup>44</sup> Melatonin ist ein Hormon, das den Tag-Nacht-Rhythmus steuert



## Stromproduktion und Elektromobilität

Erneuerbare Energieträger (Sonne, Wind, Biomasse) sind mittlerweile etablierte Stromlieferanten mit wachsender Bedeutung für die Zukunft.

«Elektromobilität ist nicht länger die Kür, sie ist eine Pflicht!» Diese Aussage hat nicht irgendjemand gemacht, sondern sie stammt von der «OC Engineers/ novaziun AG» in Morissen. Der kompromisslose Ansatz zu elektrischen Antriebslösungen greift langsam, aber sicher um sich. Das Batterieladen kann die Stromkosten schnell in die Höhe treiben. Deshalb lohnt sich die Kombination der eigenen Photovoltaikanlage mit einem Stromspeicher.

### Vom Dach in den Speicher

Fahren mit dem eigenen Strom bringt ein ganz neues Fahrgefühl. Ökologisch und wirtschaftlich ist es sinnvoll, elektrifizierte Maschinen und Fahrzeuge mit eigenem Solarstrom zu laden. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten:

#### 1. Monodirektionales Laden

Im Gegensatz zum bidirektionalen Laden ist monodirektionales Laden eine «Einbahnstrasse» (Strom fliesst nur von der Ladestation zur Batterie). Derzeit ist dies die Standardvariante.

#### 2. Bidirektionales Laden<sup>45</sup>

Beim bidirektionalen Laden wird die Fahrzeugbatterie als Zwischenspeicher für elektrische Energie genutzt, beispielsweise um überschüssigen Solarstrom zu speichern. Der Stromfluss ist in beide Richtungen (bidirektional) möglich. Folglich kann regenerative Sonnenenergie in Form von Strom zu einem späteren Zeitpunkt bei der Batterie wieder bezogen, im Gebäude genutzt oder ins Versorgungsnetz zurückgespeist werden. Bidirektionales Laden erfordert spezielle Ladestationen, diese sind mittels «Technisches Anschlussgesuch» TAG<sup>46</sup> anzumelden. Ob sich ein eFahrzeug für bidirektiona-



Der «eMotormäher» erhöht den Komfort massiv.

les Laden und somit als Stromspeicher für andere Anwendungszwecke eignet, muss mit dem Hersteller abgeklärt werden.

#### Ausser man tut es ...

Immer mehr Einsatzfelder für Landtechnik öffnen sich der Elektrifizierung. Bei der Innenmechanisierung sind bereits eFuttermischwagen und eHoflader im Einsatz. Im Aussenbereich sind es eMotormäher und eQuad. Die Elektrifizierung von Fahrzeugen und Maschinen ist aus ökologischen und lärmtechnischen Gründen sinnvoll. Durch den Verzicht auf einen Verbrennungsmotor entfällt in Gebäuden (FMW, Hoflader) und im nahen Arbeitsbereich (Motormäher, Motorsäge) die Luftbelastung durch Motorabgase.

**Futtermischwagen** (FMW) gibt es zum Teil bereits seit Jahren in der netzelektrischen Variante. Ihre Reichweite ist durch die (Versorgungs-)Kabellän-



### Förderprogramm «KliK»

Das Programm «eHoflader» fördert den Einsatz von batterieelektrischen Hofladern mit einem einmaligen Investitionsbeitrag und einem jährlichen Betriebsbeitrag. Der Investitionsbeitrag errechnet sich je nach Betriebsgewicht für pauschal erwartete Emissionsverminderung in den ersten 5 Jahren (z.B. 2840 Fr. mit 2t Betriebsgewicht). Dieser Betrag wird direkt nach Inbetriebnahme ausbezahlt. Ist die so vorfinanzierte, erwartete Emissionsverminderung erreicht, kann mit einem jährlich ausbezahlten Betriebsbeitrag auf der Basis von 200 Fr. pro reduzierter Tonne CO<sub>2</sub> gerechnet werden. [www.klik.ch](http://www.klik.ch)



ge begrenzt. Batteriebetriebene eFMW haben eine grössere Reichweite und sind unabhängig von «der Steckdose». Allerdings gibt es sie vorerst mehrheitlich nur im grossen Leistungssegment.

**Motormäher** sind im Normalfall ausgesprochene Saisonmaschinen, deshalb macht eine alternative Verwendung für Mäher oder Batterie Sinn. Eine Kombination von Landwirtschaft und Kommunaldienstleistungen bietet sich an. Die Batterie kann im Winterhalbjahr für bidirektionales Laden verwendet werden. Alternativ zur Neumaschine kann bei einem herkömmlichen Motormäher der Verbrennungsmotor gegen eine elektrische Power-Einheit ausgewechselt werden.<sup>47</sup>

Die Nachfrage nach elektrisch betriebenen **Hofladern** (eHoflader) wächst. Parallel dazu wird das Angebot immer grösser. Fast alle Hersteller haben mindestens ein elektrisches Modell im Angebot. Der eHoflader bietet verschiedene Vorteile, weil sein Einsatzgebiet in der Regel im Gebäude bzw. in Hofnähe ist. Ein eHoflader eignet sich auch für bidirektionales Laden, siehe auch Box «Förderprogramm KliK».<sup>48</sup>

**Quad's** erfreuen sich in der Landwirtschaft zunehmender Beliebtheit. Für den normalen Einsatzbereich (ohne grosse Räder) eignet sich der batteriebetriebene eQuad hervorragend. ■



Buchtipp

### Sonne für den Klimaschutz – Le plan solaire et climat

Die CO<sub>2</sub>-Emissionsquellen sind vielfältig. Autor Roger Nordmann, selber Experte für Energie- und Klimafragen, beleuchtet in seinem Buch die Energieversorgung der Schweiz. Ein Schlüssel für eine klimaneutrale Zukunft sieht Nordmann in der Photovoltaik. In seinem Buch entwirft er eine nach dem heutigen Stand der Technologie umsetzbare Energiestrategie.

Roger Nordmann: Sonne für den Klimaschutz  
Zytglogge-Verlag 2019, ISBN 978-3-7296-5028-2 | CHF 26.–

<sup>45</sup> [www.sun2wheel.com](http://www.sun2wheel.com) und [www.swiss-emobility.ch](http://www.swiss-emobility.ch)

<sup>46</sup> [www.strom.ch](http://www.strom.ch) → media → download oder: [www.strom.ch/de/suche?keywords=TAG](http://www.strom.ch/de/suche?keywords=TAG)

<sup>47</sup> OC Engineers, Morissen | [www.oc-engineers.ch](http://www.oc-engineers.ch)

<sup>48</sup> KliK; Stiftung Klimaschutz und CO<sub>2</sub>-Kompensation | [www.klik.ch](http://www.klik.ch)



# Recycling



**Das erste Prinzip der Kreislaufwirtschaft ist die Beseitigung von Abfall und Umweltverschmutzung. Das zweite Prinzip besteht darin, Produkte und Materialien zu ihrem höchsten Wert in Umlauf zu bringen. Das bedeutet, dass Materialien im Einsatz bleiben, entweder als Produkt, als Komponenten oder als Rohstoff.<sup>49</sup>**

## Kreislaufwirtschaft

Im natürlichen System gibt es niemanden, der etwas herausnimmt, ohne es nicht in einer weiter verwendbaren Form wieder zurückzugeben. Greift der moderne Mensch in ein so gewachsenes System ein, wird aus dem Kreislauf ein Förderband, das nur in eine Richtung läuft. Bildlich gesprochen wird vorne abgebaut, anschliessend verbraucht, und hinten entsteht Müll, der für niemanden Nahrung ist. In Kreisläufen denken bedeutet, dass bestehende Materialien und Produkte so lange wie möglich geteilt, wiederverwendet, repariert, aufgearbeitet und letztlich recycelt werden.

Im Kreis bauen ist grundsätzlich sinnvoll. Aber, wenn es konkret wird, ist vieles noch unklar. Die zentrale Frage ist: wie kommt man zum geeigneten Material. Tragwerk, Fassade, Verschalung. Das heutige Haus, der heutige Stall ist der Abfall von morgen. Zukünftige, kreislauffähige Bauten dagegen sind sortenrein und demontierbar konstruiert (zumindest sollten sie es sein).

Bauteilbörsen wie: [www.bauteileclick.ch](http://www.bauteileclick.ch), [www.salza.ch](http://www.salza.ch), [www.wiederverwendung.ch](http://www.wiederverwendung.ch) oder die Plattform für zirkuläres Bauen:

[www.madaster.ch](http://www.madaster.ch) helfen beim Kreislaufdenken weiter.

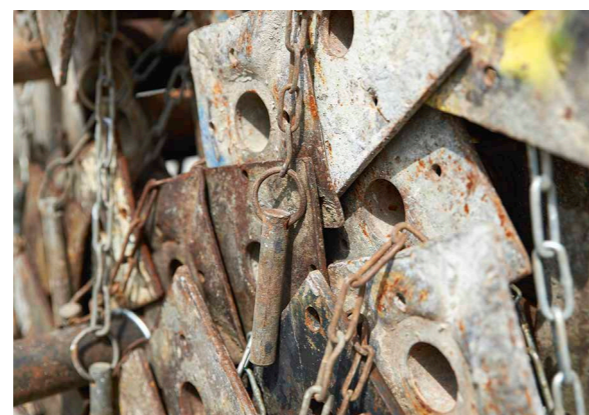


**«Denn der Abfall wird in der Natur automatisch zur Nahrung für einen anderen.»**

[www.klimafreundlichjahrbuch.utk.ch/kreislaufwirtschaft-das-modell-der-zukunft/](http://www.klimafreundlichjahrbuch.utk.ch/kreislaufwirtschaft-das-modell-der-zukunft/)

### Ausgepuffert?

Wer Bauteile wiederverwendet, verliert im Unterschied zum Recycling gar keine graue Energie. Allerdings: Ein altes Fenster spart zwar graue Energie, verpufft aber mehr Betriebsenergie, weil es schlechter isoliert als ein Neues. ■



Auf Bauteilbörsen findet man mehr als erwartet. Ein Besuch lohnt sich!

## Aus Alt mach Neu

Der bedeutendste Unterschied zwischen Systemen, die der moderne Mensch baut, und solchen, die in der Natur vorkommen, ist, dass letztere durch eine hohe Diversität gekennzeichnet sind und in einem Kreislauf funktionieren. Im übertragenen Sinn: «Der Abfall des einen sollte die Nahrung des nächsten sein». Um es nochmals zu betonen: Wer Bauelemente wiederverwendet, verliert im Unterschied zum Recycling gar keine graue Energie.<sup>50</sup> Der klimaneutrale Stallbau ist auf eine Kultur des Umbauens, des Reparierens und des Weiterverwendens angewiesen. Dabei sind wiederverwendete Bauteile und Tragstrukturen die «tiefhängenden Früchte», die unbedingt gepflückt werden sollten. ■

## Second-Hand

Stahlträger und Bleche, Fenster und Türen oder Dachelemente aus Holz und vieles mehr warten nach einem Rückbau auf ein zweites Leben. Logistik, Timing, Normen und Garantie sind bei der Wiederverwendung von Baumaterialien echte Knacknüsse. Zudem nimmt man die Dinge mehrmals in die Hand: zum Ausbauen und Lagern, unter Umständen zum Anpassen und letztlich sicher zum Wiedereinbauen. Logisch, dass damit der Planungs- und Arbeitsaufwand steigt. Deshalb werden die Kostenersparnisse auf der Ressourcenseite schnell aufgefressen. Hinter dem Second-Hand Gedanken steht ein Verhalten, bei dem Architekt und Bauherr mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen Probleme lösen, statt sich auf einfacherem Weg besondere, für das Problem entworfene Mittel zu beschaffen. ■

## Recycling

Die Wiederverwertung von Backsteinen ist eingeschränkt, weil Granulat aus Mischabbruch nicht dieselbe Qualität hat wie solches aus rezyklierem Beton. Wer hochwertige Backsteine verbaut



**Bei Abbruch-, Umbau- und Sanierungsarbeiten an Gebäuden sind immer auch die EKAS Richtlinien (Suva) zu beachten.**

und sie möglichst nicht vermörtelt oder verklebt, erhöht die Chancen für ihre Wiederverwendung. Beim Recycling von Stahlbeton werden die mineralischen Bauabfälle getrennt. Beton mit Kies oder Naturstein wird zerkleinert und gesondert recycelt. Recyclingbeton braucht etwa gleich viel Energie wie das Primärmaterial. Dank neuer Technik könnte sich dies zukünftig ändern. Ausser dort, wo sehr hohe Festigkeiten gefragt sind, sollte man auf klimaoptimierten Recyclingbeton setzen, solange dieser aus einem Umkreis von max. 50 Kilometern kommt. ■

Die Armierungseisen werden mithilfe von Magneten herausgefiltert, zerkleinert, gereinigt und zu verarbeitbarem Rohmaterial aufbereitet. Für Träger und Profile wird praktisch nur rezyklierter Stahl verwendet. Bei Metallen verursacht Recycling deutlich weniger Treibhausgase, weil die graue Energie wesentlich von der Aufbereitung des Ursprungstoffs abhängt (Eisenerz zu Roheisen). ■



Recycling aus Siloballenfolie funktioniert gut: Granulat für weitere Baustoffe.

<sup>49</sup> [www.circularhub.ch/kreislaufwirtschaft](http://www.circularhub.ch/kreislaufwirtschaft)

<sup>50</sup> Edition Hochparterre: «Ausgepufft 2020» → Wiederverwenden



# Zu guter Letzt



Bild: Matthias Engesser

**Einen Stall baut man einmal im Leben. Das war «früher» nicht anders als heute. Während heute die Bewilligungsverfahren und die Planung viel Zeit in Anspruch nehmen, war es vor 100 Jahren das Fällen und Vorbereiten des Bauholzes. Ein Lebenswerk erstellen will sorgfältig überdenkt, geplant und gebaut werden.**

## Klimafreundlich bauen

Wie ein roter Faden zieht sich die Sorge um das Klima durch diesen Ratgeber. Einmal ausgeprägt, dezidiert und zurückhaltend, dann wieder besorgniserregend und warnend. Als Mitverursacherin des Klimawandels steht die Landwirtschaft, nicht zuletzt beim Stallbau, in der Verantwortung. Das Projekt «Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden» ist auf gutem Wege. Engagement und Ideenreichtum beim Umsetzen des Projekts durch die involvierten Bäuerinnen und Bauern überraschen immer wieder. Gute Voraussetzungen für die Umsetzung eines klimafreundlichen Stallbaus!

### Schöner bauen

Ein Bauherr ist heute nicht zu beneiden. Sein neuer Stall soll tierschutzgerecht, klimafreundlich, arbeitssparend, kostengünstig und letztlich auch noch schön sein. Über Schönheit lässt sich bekanntlich streiten. Doch wer mit offenen Augen durch unseren Kanton geht (oder fährt), dem fällt hin und wieder ein Stall auf, der nicht alle Schönheitskriterien erfüllt. Doch es ist eine Herausforderung, rund 190 Kubikmeter Raum pro Kuh (inkl. Heulager) nach allen Regeln der Baukunst passend in die Landschaft zu setzen, so dass letztlich auch die «Öffentlichkeit» den Bau akzeptiert.

### Produktionsgetriebene Normställe

«Normställe» sind keine neue Erfindung. Beispiele für regional typische Ställe gibt es seit Jahrhunderten in vielen Talschaften unseres Kantons. Sie gelten heute oft als erhaltenswerte Objekte. Wenn heute kritisiert wird, dass von «Lausanne bis Landquart» 08/15-Ställe erstellt würden, gibt es Gründe dafür. Kosteneffizienz ist sicher ein Grund. Das zeigt sich auch darin, dass lokale Architekturbüros zwar Stallbauten realisieren können, aber meistens gegenüber den grossen Stalleinrichtern, die den Bauern als Generalunternehmer eine Lösung aus einer Hand anbieten, chancenlos sind.

### Freude herrscht

Nach einem Stallbau herrscht Freude bei allen Beteiligten. Wer eine Million Franken in ein Stallbauprojekt steckt, darf am Ende mit Freude auf das erschaffene Werk blicken. Diese Freude soll nachhaltig wirken und sich auf die tägliche Arbeit im und um den Stall übertragen. Vor 100 Jahren sass der Bauer mit rauchender Pfeife auf dem «Stallbänkli» – stolz auf das gelungene Werk. Heute ist aus dem Bauer ein Landwirt geworden, der das Stallbänkli mit dem Bürostuhl getauscht und jetzt noch Manager werden sollte. Bleibt zu hoffen, dass auch der Manager noch weiss, was Freude ist und sich beim neuen Stall ein Bänkli baut. ■

## Die 10 Gebote für klimafreundliches Bauen

1. Plane lange – beginne CO<sub>2</sub>-Kalkulation nach der ersten Skizze
2. Baue nur das äusserst Nötige
3. Namentlich ins Terrain
4. Ersetze Beton überall (notfalls brauche CO<sub>2</sub>-neutralen Beton)
5. Baue über Terrain nur mit CH-Holz, vermeide Holzwerkstoffe
6. Baue möglichst ohne Glas, Stahl, Zement
7. Verwende nur rohe Materialien & Second-Hand Produkte
8. Beschatte. Alles. Mit Vegetation
9. Plane vor allem natürliche Lüftung/Nachtauskühlung
10. Fülle Dach und Fassade mit PV

Quelle: Pius Leuber, G+P Ingenieure



Klimaneutrale  
Landwirtschaft  
Graubünden





# Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden

