

Bewährte Praktiken im Energiebereich für landwirtschaftliche Gebäude

Technische Aspekte und Empfehlungen



Übersetzte Version, 01.09.2022

IMPRESSUM

AgroCleanTech Verein
c/o Schweizer Bauernverband
Belpstrasse 26
3007 Bern

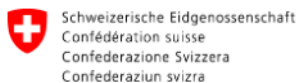
Projektleitung und Redaktion

Nathanaël Gobat	AgroCleanTech
Priska Stierli	AgroCleanTech
Sylvain Boéchat	Direction générale de l'agriculture et de la viticulture (DGAV), Etat de Vaud

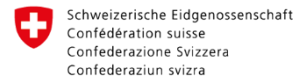
ARBEITSGRUPPE

Tobias	Anliker	Institut agricole de Grangeneuve
Aloïs	Cachelin	CNAV
Cédric	Linder	Fondation Rurale Interjurassienne
Mathias	Mauroux	Institut agricole de Grangeneuve
Vanessa	Ménétrier	Proconseil
Emile	Turin	Service de l'agriculture du Valais

Avec le soutien de



Office fédéral de l'agriculture OFAG
Office fédéral de l'énergie



Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
1.1.	Nutzung des Dokuments	4
2.	Energetische Aspekte bei der Planung eines landwirtschaftlichen Gebäudes	5
2.1.	Aspekte der Planung	5
2.2.	Energieverbrauch unterschiedlicher Gebäudearten	7
2.2.1.	Viehzucht	7
2.2.2.	Schweinezucht und -mast	8
2.2.3.	Geflügelproduktion	9
2.2.4.	Gewächshäuser für Gemüsebau	9
2.2.5.	Weinkellereien	9
2.3.	Identifizierung und Synergien von Massnahmen	9
3.	Infrastruktur	12
3.1.	Isolierung geschlossener Ställe (Aufzucht und Mast von Schweinen/Geflügel)	13
3.2.	Wärmerückgewinnung aus der Abluft des Gebäudes	14
3.3.	Isolierung von Ferkelnestern	15
3.4.	Energieeffiziente Belüftung	16
3.5.	LED-Beleuchtung anbringen	17
3.6.	Wärmepumpe (WP) Luft/Wasser Wasser/Wasser	18
3.7.	Sonnenkollektoren	19
3.8.	Landwirtschaftliches Biogas	20
3.9.	Photovoltaik	21
3.10.	Stromspeicherung	22
3.11.	Ladestation für Elektrofahrzeuge	23
3.12.	Optimierung des Eigenverbrauchs	24
3.13.	Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV) und deren Stromnetzanschluss	25
3.14.	Heizen mit Hackschnitzeln / Pellets / Stückholz	26
3.15.	Wärmespeicherung (sensible Wärme)	27
4.	Prozesse	28
4.1.	Frequenzgesteuerte Vakuumpumpe	29
4.2.	Installation Milchvorkühlung	30
4.3.	Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung	31
4.4.	Wärmepumpen-Boiler + Elektroboiler	32
4.5.	Heutrocknung mittels Unterdach-Wärmerückgewinnung	33
4.6.	Heutrocknung mittels externer Wärmequelle	34
4.7.	Heutrocknung mittels Luftentfeuchter	35
4.8.	Frostschutzsystem Viehtränken	36
4.9.	Elektrifizierung von landwirtschaftlichen Prozessen	37
4.10.	Elektrische Nutzfahrzeuge	38
4.11.	Free-Cooling (natürliche Kühlung) und Erdwärmetauscher (Weinkeller)	39
4.12.	Optimierung des Kühlsystems (Weinkeller)	40
5.	Weitere Informationen	41

1. Einleitung

Dieses Dokument ist Teil des Projekts CEPAR (Conseil Energétique pour l'Agriculture de Suisse Romande), welches Massnahmen entwickelte, um den Energieverbrauch in der Landwirtschaft zu senken.

Mit dem Ziel, Massnahmen für bewährte Praktiken im Energiebereich bei landwirtschaftlichen Neubauprojekten vorzustellen, richtet sich das Handbuch an alle Projektträger und beteiligten Akteure (landwirtschaftliche Berater, Architekten, Lieferanten von Materialien und Geräten usw.).

Ziel des Handbuchs ist es, Bauherren auf die Möglichkeiten zur Optimierung des Energieverbrauchs verschiedener Arten von landwirtschaftlichen Gebäuden aufmerksam zu machen. Dazu werden die wichtigsten Grundsätze der zu bevorzugenden Massnahmen erläutert und es werden die notwendigen Informationen, um weitere Einzelheiten zu erfahren, bereitgestellt. Das Ziel ist nicht, detaillierte Erklärungen zu liefern, sondern die nötigen Schritte aufzuzeigen.

1.1. Nutzung des Dokuments

Dieses Dokument ist in drei Teile gegliedert. Im ersten Teil werden die wichtigsten Aspekte, die bei der Planung eines Neubaus zu berücksichtigen sind, erläutert, und die verschiedenen Verbraucher pro Energieträger und Produktionszweigen identifiziert. Der zweite Teil behandelt Energieeffizienzmassnahmen im Zusammenhang mit der Infrastruktur und der Einrichtung eines Gebäudes sowie dessen Betrieb. Der dritte Teil befasst sich mit Energieeffizienzmassnahmen in landwirtschaftlichen Prozessen, d. h. mit den Schritten und Tätigkeiten, welche die verschiedenen Betriebszweigen betreffen.

Die folgenden Kapitel bieten eine umfassende Auflistung von Energiesparmassnahmen, die bei Neubauten umgesetzt werden sollten, unter Berücksichtigung der erreichbaren Energieeinsparungen, der Produktion von erneuerbaren Energien und der erforderlichen Investitionen.

Diese Auflistung zeigt die verschiedenen Möglichkeiten auf, die für landwirtschaftliche Gebäude unterschiedlicher Betriebszweige (Milchproduktion, Rindermast, Schweine- und Geflügelhaltung, Weinbau usw.) vorliegen. Ein Überblick über die Auflistung ist in der Tabelle (Seite 10) für jeden Betriebszweig (spezifische Farbe) dargestellt. Ein "X" bedeutet, dass die Massnahme die Infrastruktur betrifft, und ein "/" bedeutet, dass die Massnahme einen Produktionsprozess (Melken, Fütterung usw.) betrifft.

Jede Massnahme wird in Form einer individuellen Tabelle dargestellt, in der die wichtigsten Eckpunkte zur Umsetzung zusammengefasst sind (Investition, Rentabilität der Massnahme usw.).

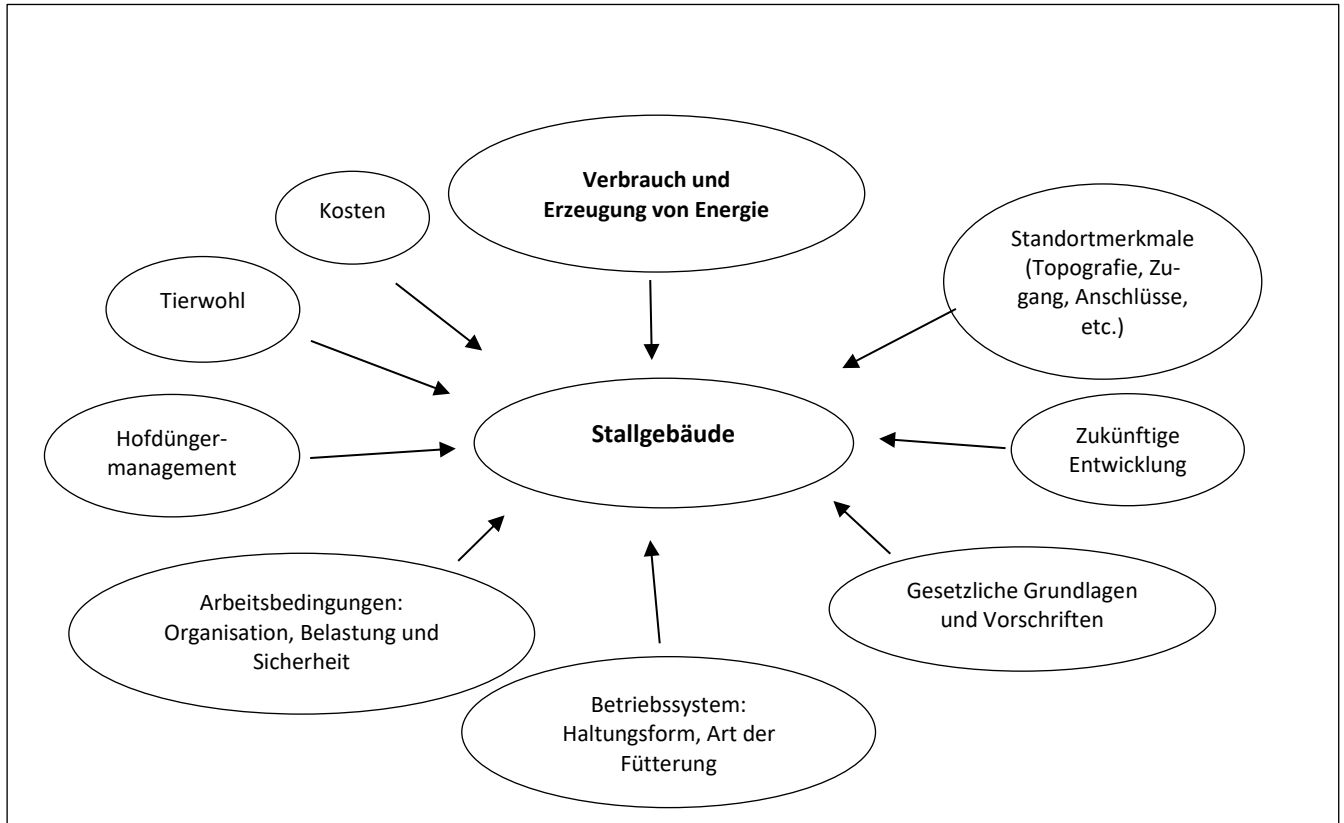
In Bezug auf die Bedingungen, unter denen die Massnahme umgesetzt werden kann, wird eine qualitative Bewertung in Form von «+» mit folgender Bedeutung dargestellt:

Umsetzung	Bedeutung
+	Einfache Umsetzung, kann teilweise vom Landwirt selbst gemacht werden
++	Umsetzung durch Fachunternehmen, keine zusätzliche Analyse erforderlich, da Technologie bekannt
+++	Komplexe Umsetzung, die eine zusätzliche Analyse (Wärmebilanz oder andere) und eine Überwachung der Umsetzung erforderlich ist.

Tabelle 1: Legende Umsetzung

2. Energietechnische Aspekte bei der Planung eines landwirtschaftlichen Gebäudes

Bei der Planung eines neuen Gebäudes müssen mehrere Aspekte berücksichtigt werden, welche die gesetzlichen Vorschriften, die Bedingungen für die Viehhaltung, die Arbeitsorganisation usw. umfassen. Die folgende Abbildung zeigt die verschiedenen Elemente.



Quelle: Angepasstes Schema aus dem Ordner «Maschinenbau und ländliche Bauten», Agridea

Abbildung 1: Bei der Planung eines neuen Gebäudes zu berücksichtigende Elemente

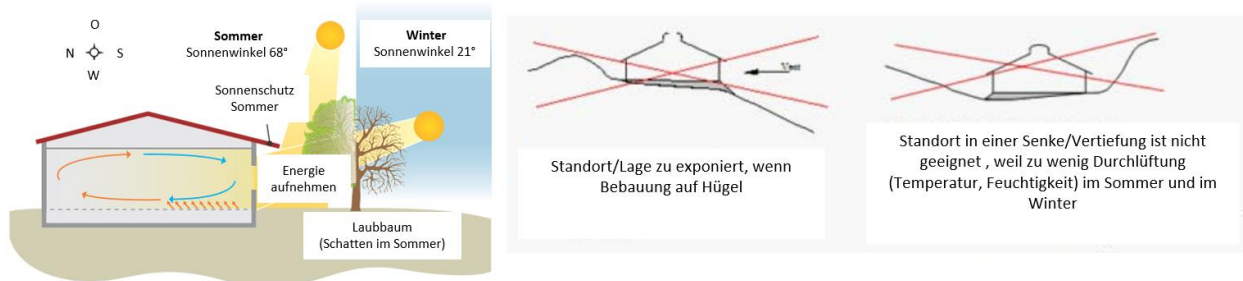
Unter diesen Aspekten sind der Energieverbrauch und die Energieerzeugung Elemente, bei denen die gewählten Optionen einen langfristigen Einfluss auf die Betriebskosten des Gebäudes haben werden. Die Antizipation des Energiebedarfs des Gebäudes (vor dem Bau) erfordert eine optimale Auswahl und Dimensionierung der benötigten Anlagen.

2.1. Aspekte der Planung

Zunächst sollten Überlegungen zum geplanten Standort des zukünftigen Gebäudes (Ausrichtung, Exposition usw.) angestellt werden, wobei die geografische Lage und die geologischen Bedingungen zu berücksichtigen sind, um die Qualitäten des Gebäudes zu optimieren. Bei der Wahl des Standorts sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Minimieren der Windexposition für das Wohlbefinden des Viehs (Vermeidung von Zugluft) und reduzieren des Risikos, dass das Wassersystem einfriert (Zerspringen von Leitungen, Beschädigung von elektronischen Geräten usw.);
- Paradoxerweise wird ein schlecht gelegenes Gebäude (Gelände in einer Senke, wenig Strom) Probleme mit Feuchtigkeit und Belüftung haben;
- Je nach Lage kann eine Hecke den Wind stoppen, wenn das Gebäude nicht richtig ausgerichtet werden kann;

- Förderung der natürlichen Beleuchtung, indem die Sonneneinstrahlung bei der Gebäudeplanung eingeplant wird und die Wirkung möglicher Schlagschatten reduziert wird;
- In der Geflügel- und Schweineproduktion kann die Nutzung passiver Sonnenenergie (Nutzung der natürlichen Wärme durch eine angemessene Dimensionierung der Fenster und des Vordachs) einen Teil des Heizbedarfs decken und zum Wohlbefinden der Tiere beitragen.



Quelle: «Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive (BEBC+)», Chambres d'agriculture Bretagne/Loire, 2013

Inneneinrichtung

Soweit möglich, sollten die Einrichtung und die Anordnung der Elemente eines Stalls so geplant werden:

- Optimierung der Fahrzeugbewegungen: Die Vermeidung unnötiger Fahrten und zu langer Distanzen trägt dazu bei, den Energieverbrauch zu senken und die Arbeitszeit zu verkürzen, und zwar bei den folgenden Aufgaben:
 - Das Lagern und Abholen von Futter: Nähe zum Futterplatz.
 - Das Hofdüngermanagement: Art der Entsorgung und Entfernung zur Grube bzw. zum Misthaufen.
 - Das Einstreuen: Lagerung, Handhabung und Vorbereitung der Einstreu.
- Jeder zusätzliche Transportweg verteuert die Produktionskosten.
- Begünstigen Sie die Gesetze der Schwerkraft für den Abtransport (Hofdünger) oder die Bewegung (Stroh und Futter).
- Das Sammeln von Regenwasser, insbesondere von Dächern, kann sich als vorteilhaft erweisen, z. B. zum Waschen von Böden oder Geräten. Mit einem geeigneten Filtersystem ermöglicht ein unterirdischer 200 m³ Wassertank die eigenständige Wasserversorgung für einen Monat ohne Niederschlag für eine Herde von 90 Tieren (50 Milchkühe und 40 Rinder/Kühe/Jungvieh).

Wahl der Anlagen/Geräte

Wählen Sie Anlagen/Geräte, die den Bedürfnissen des Betriebs entsprechen (Größe, Leistung). Begrenzen Sie die Überdimensionierung von Traktoren, Beleuchtung und Geräten fürs Heizen etc.:

- Generell sollten elektrische Geräte für den Abtransport der Gülle und das Rühren in der Güllegrube bevorzugt werden.
- Bei mobilen Maschinen sollte man versuchen, die Kombination «Traktor + Gerät» zu optimieren, um Energieverluste durch den Einsatz eines viel zu starken Traktors zu vermeiden.
- Es ist anzumerken, dass immer mehr Hersteller von Transportgeräten (Knick- oder Teleskoplader) elektrische Modelle anbieten. Diese Option, die mehrere Vorteile bietet (Ersatz für fossile Brennstoffe, weniger Lärm im Stall, keine Abgase), sollte in Verbindung mit der Installation einer Photovoltaikanlage und einer Ladestation in Betracht gezogen werden.

2.2. Energieverbrauch unterschiedlicher Gebäudearten

In den folgenden Abschnitten wird der Energieverbrauch basierend auf der Nutzung der Gebäude aufgeführt.

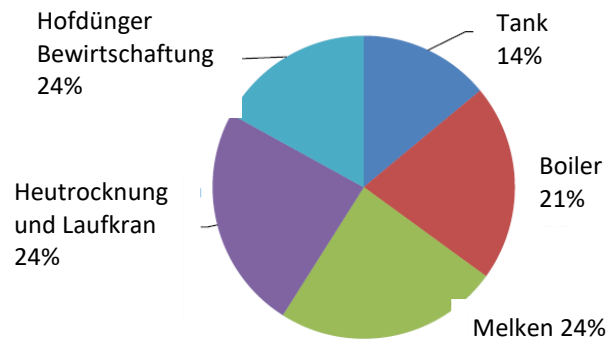
2.2.1. Viehzucht

In der Viehhaltung variieren die entscheidenden Punkte für den Energieverbrauch stark, je nach Ausrichtung: Milchproduktion (Käseeremilch, Industriemilch), Mutterkühe und Mast.

Milchproduktion

Die größten Verbrauchsposten in der Milchproduktion sind:

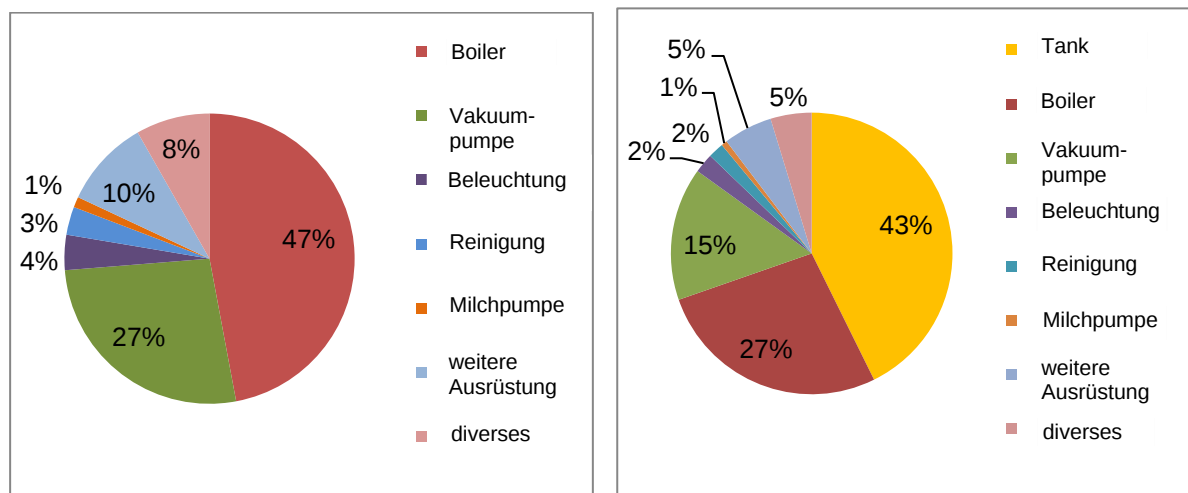
- Melken: Betrieb des Melkstandes (Vakuumpumpe), Warmwasserbereitung (Strom), Milchkühlung (hauptsächlich Industriemilch).
- Fütterung: Abholung und Verteilung des Futters (Kraftstoff und/oder Strom).
- Hofdünger Bewirtschaftung (Treibstoff und/oder Strom)
- Heutrocknung: Der Betrieb des Ventilators verursacht einen hohen Stromverbrauch.



Quelle: CNAV

Abbildung 2: Zusammensetzung des Stromverbrauchs in der Milchproduktion

Die folgenden Abbildungen zeigen die Verteilung an Strombedarf des Melkstandes für die zwei Produktionszweige.



Quelle: DGAV, 2019

Abbildung 3: Zusammensetzung des Stromverbrauchs des Melkstandes bei Käseeremilch (links) und Industriemilch (rechts)

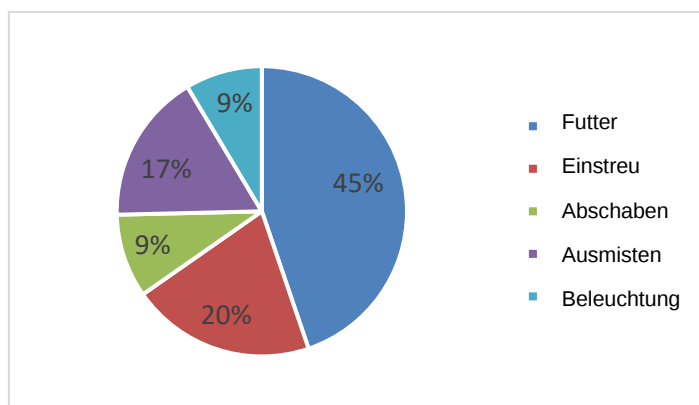
In diesem Zusammenhang wird die Optimierung des Energieverbrauchs erreicht durch:

- Die Verwendung von Geräten, die weniger Energie verbrauchen (niedriger Energieverbrauch).
- Energierückgewinnung (z. B. Wärmerückgewinnung am Milchtank).
- Die Installation von Geräten, die den Bedarf reduzieren (Milchvorkühlung, Frequenzumrichter, Wärmepumpe).

Rindfleisch (Mutterkuhhaltung und Mast)

Der Energieverbrauch in Mutterkuh- und Mastställen verteilt sich auf die folgenden Tätigkeiten:

- Fütterung (Verteilung des Futters mithilfe eines Futtermischwagens)
- Das Einstreuen
- Das Abschaben von Mist
- Das Ausmisten (Abtransport von Mist)
- Die Stromversorgung der Geräte (hauptsächlich die Beleuchtung)



Quelle: DGAV, 2019

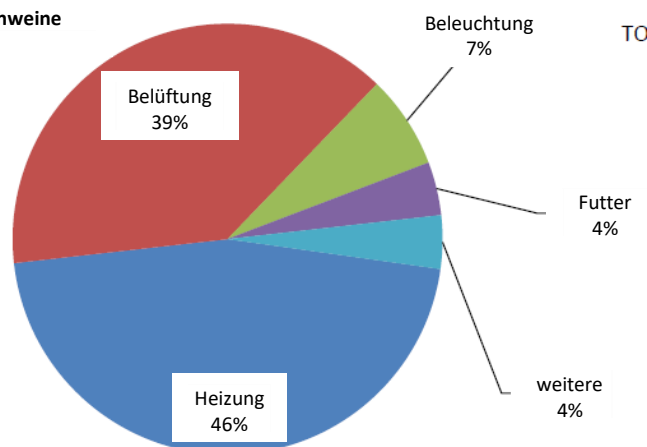
Abbildung 4: Zusammensetzung des Stromverbrauchs bei der Mutterkuhhaltung

In den meisten Fällen werden für die Verteilung des Futters, das Einstreuen und das Ausmisten, Maschinen mit Verbrennungsmotoren (Dieselverbrauch) benutzt. Die Energieeinsparungen sollten vor allem durch die Reduzierung und Substitution von fossilen Brennstoffen erreicht werden.

2.2.2. Schweinezucht und -mast

Die größten Energieverbraucher in der Schweinehaltung sind Heizung, Lüftung, Fütterung und Beleuchtung.

Total: 282.1kWh/Mutterschweine



Quelle: CNAV

Abbildung 5: Zusammensetzung des Stromverbrauchs in der Schweinezucht

Daher sollte bei einem Neubauprojekt in erster Linie der Energieverbrauch des Heizens optimiert werden: Eine gute Gebäudeisolierung, eine Wärmerückgewinnung mit Wärmetauscher sowie eine Temperatursteuerung durch entsprechende Sensoren.

2.2.3. Geflügelproduktion

Ähnlich wie in der Schweineproduktion, macht die benötigte Heizenergie - je nach Wachstumsstadium der Masthühner (die Haltung von Legehennen erfordert keine Heizung) - den höchsten Anteil am Energieverbrauch des Gebäudes aus (ca. 80 % des Gesamtenergieverbrauchs). Der Strombedarf verteilt sich auf die Belüftung, die Beleuchtung und die Futterverteilung.

Bei der Planung eines neuen Projekts sollten Maßnahmen zur Optimierung der Heizenergie (Isolierung, Wärmerückgewinnung, Temperatursteuerung) umgesetzt werden, ohne den Bedarf für Belüftung und Beleuchtung zu vernachlässigen.

Die Referenzwerte für den Energieverbrauch dieses Betriebszweigs sind folgende:

- Legehennen:
 - Strom: 2000 kWh/ 1000 Plätze/ Jahr
- Mastpoulet:
 - Strom: 3000 kWh/ 1000 Plätze/ Jahr
 - Heizung: 18'000 kWh/ 1000 Plätze/ Jahr

2.2.4. Gewächshäuser für Gemüsebau

Im Gemüseanbau (Gewächshäuser dauerhaft) entfallen 95 % des Energieverbrauchs auf die Heizung und 5 % auf die Elektrizität (Beleuchtung und Versorgung der Geräte). Die zu ergreifenden Maßnahmen betreffen daher die Wärmeversorgung, die Wärmerückgewinnung, die Isolierung und die Optimierung der elektrischen Geräte. Im Mittelpunkt steht dabei die Steuerung des Raumklimas mithilfe von Computerprogrammen (Software, Sensoren).

Die Referenzwerte des Verbrauchs lauten wie folgt:

- Gewächshaus für Gemüse:
 - Total: 210 kWh/m²
 - Strom: 9 kWh/m²
 - Heizung: 200 kWh/m²
- Gartenbau-Gewächshäuser:
 - Total: 160 kWh Energie/m²
 - Strom: 7 kWh/m²
 - Strom: 153 kWh/m²

2.2.5. Weinkellereien

In der Schweiz gibt es keine Referenzwerte für den Energieverbrauch bei der Weinherstellung. Es ist jedoch möglich, die wichtigsten Verbraucher zu identifizieren, die bei den verschiedenen Vorgängen im Weinkeller auftreten. Dabei handelt es sich hauptsächlich um den Bedarf an Heizung, Kühlung und Strom.

Die Referenzwerte sind folgende:

- < 150'000 l vinifiziert/ Jahr: 30 kWh Strom/hl Wein
- >150'000 l vinifiziert/ Jahr: 20 kWh Strom/hl Wein

2.3. Identifizierung und Synergien von Massnahmen

In diesem Dokument werden eine Reihe von Einzelmassnahmen zur Energieeffizienz und zur Erzeugung erneuerbarer Energien vorgestellt. Bei der Entscheidung, die eine oder andere dieser Massnahmen in einem

neuen Projekt zu wählen und umzusetzen, sollten auch mögliche Synergien der Massnahmen berücksichtigt werden:

Beispiel für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen:

- Ermittlung des Strombedarfs des Betriebs.
- Wahl der Technologie (z.B.: Photovoltaik, Kapitel 3.9)
- Möglichkeiten, den produzierten Strom zu nutzen:
 - Eigenverbrauch (Kapitel 3.12):
 - Installation einer Ladestation (Kapitel 3.11)
 - Anschaffung eines elektrischen Nutzfahrzeugs (Kapitel 4.10)
 - Elektrifizierung von Prozessen (Kapitel 4.9)
 - Stromspeicherung (Kapitel 3.10)
 - Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV) (Kapitel 3.13)

Bereich	Name der Massnahme	Betriebszweig						Kapitel	Seite
		Milchproduktion	Rindermast	Schweine	Geflügel	Weinbau	Gewächshaus		
Beleuchtung	LED-Beleuchtung anbringen	X	X	X	X	X	X	3.5	17
Melken	Frequenzgesteuerte Vakuumpumpe	/						4.1	29
Milchlagerung	Installation Milchvorkühlung	/						4.2	30
	Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung	/						4.3	31
Warmwasseraufbereitung	Wärmepumpenboiler + Elektroboiler	/						4.4	32
	Sonnenkollektoren	X		X	X	X		3.7	19
Gebäudeheizung	Wärmepumpe (WP) Luft/Wasser oder Wasser/Wasser	X		X	X	X	X	3.6	18
	Heizen mit Hackschnitzeln/ Pellets/ Stückholz	X		X	X		X	3.14	26
Gebäudehülle	Isolierung der geschlossenen Ställe			X	X			3.1	13
	Wärmerückgewinnung aus der Abluft des Gebäudes			X	X	X	X	3.2	14
	Isolierung von Ferkelnestern			X				3.3	15
Belüftung und Klimatisierung	Energieeffiziente Belüftung			X	X		X	3.4	16
	Free-Cooling (natürliche Kühlung) und Erdwärmetauscher			/		/		4.11	39
	Optimierung des Kühlsystems					/		4.12	40
Viehhaltung	Frostschutzsystem Viehtränken	/	/	/	/			4.8	36
	Elektrifizierung von landwirtschaftlichen Prozessen	/	/	/	/	/	/	4.9	37
Heutrocknung	Heutrocknung mittels Unterdach-Wärmerückgewinnung	/	/					4.5	33
	Heutrocknung mittels externer Wärmequelle	/						4.6	22
	Heutrocknung mittels Luftentfeuchter	/						4.7	35
Elektromobilität	Elektrische Nutzfahrzeuge	/	/	/	/	/	/	4.10	38
	Ladestation für Elektrofahrzeuge	X	X	X	X	X	X	3.11	23
Stromerzeugung und -speicherung	Landwirtschaftliches Biogas	X	X	X	X			3.8	20
	Photovoltaik	X	X	X	X	X	X	3.9	21
	Stromspeicherung	X	X	X	X	X	X	3.10	22
	Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV)	X	X	X	X	X	X	3.13	25
	Optimierung des Eigenverbrauchs	X	X	X	X	X	X	3.12	24
	Wärmespeicherung (sensible Wärme)	X		X	X	X	X	3.15	27
Legende	X = Infrastruktur								
	/ = Prozess								

Tabelle 2: Liste der Effizienzmassnahmen bei neuen landwirtschaftlichen Gebäuden nach Betriebszweigen

3. Infrastruktur

In diesem Kapitel werden Energieeffizienzmassnahmen für landwirtschaftliche Infrastrukturen sowie die Möglichkeiten zur Erzeugung von erneuerbarer Energie vorgestellt. Die meisten dieser Massnahmen müssen bereits beim Bau des Gebäudes eingeplant und umgesetzt werden, da der Einbau in ein bestehendes Gebäude mit zusätzlichen Kosten verbunden ist, die sich über die restliche Lebensdauer des Gebäudes nur schwer amortisieren lassen. Für jeden Betriebszweig werden spezifische Massnahmen vorgestellt.

3.1. Isolierung geschlossener Ställe (Aufzucht und Mast von Schweinen/Geflügel)

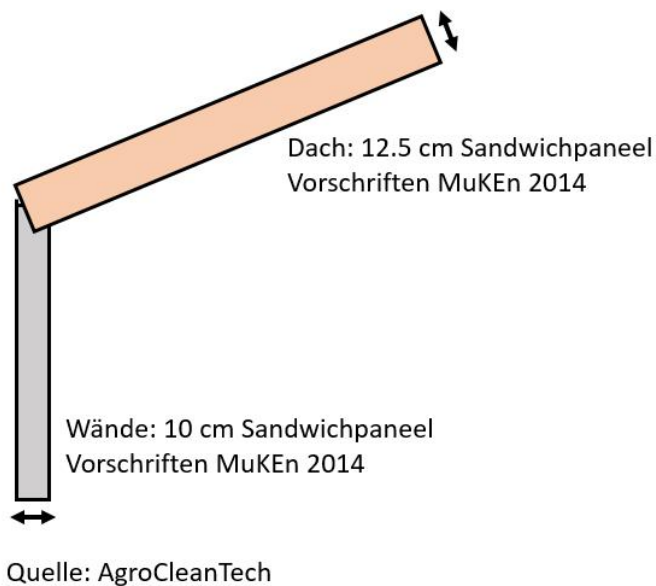


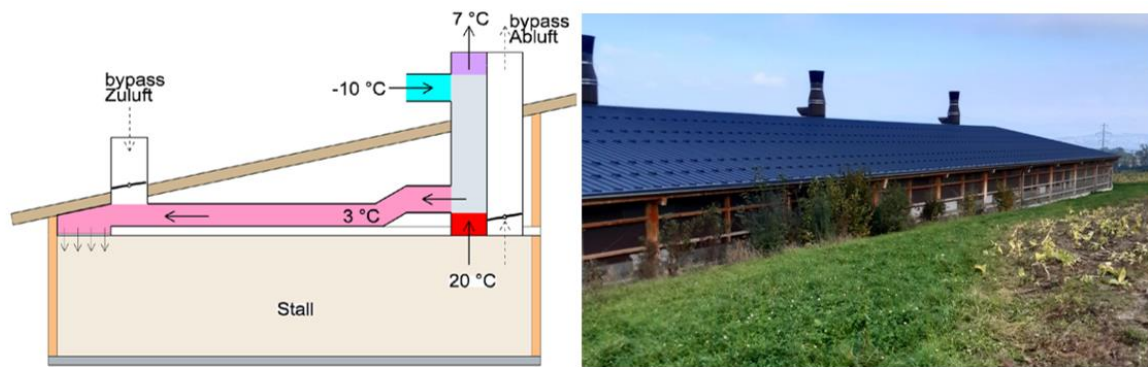
Abbildung 6: Schema Isolierung Geflügelstall

Gebäude für die Schweine- und Geflügelhaltung benötigen viel Wärme. Dieser Anteil kann bis zu 80% des Energieverbrauchs in diesen Betriebszweigen ausmachen. Um den Heizbedarf zu senken, ist eine gut isolierte Gebäudehülle eine effektive Option. Diese sollte bereits bei der Planung des Projekts berücksichtigt werden. Im Allgemeinen werden Sandwichpaneelen aus Polyurethan (PUR) verwendet, deren Wärmedurchgangskoeffizient (Wärmeverlust durch das Paneel, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter Kelvin) proportional zur Dicke der Dämmung abnimmt, z. B.: 8 cm Dicke = 0,30 W/m²K; 12 cm = 0,2 W/m²K.

Investitionen [CHF]	Isolation: rund 50 CHF/m ² (ohne den Installationsaufwand)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Heizung: Einsparung 20-40% im Vergleich zu einer Standardisolierung. Amortisation: 10-12 Jahre. Technische Lebensdauer: 25 Jahre (Alter Gebäude)
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+ (Stallbauer)
Vorteile	Reduzierung der Energiekosten Keine Wartung
Nachteile	Höhere Anfangsinvestitionen
Zusätzliche Informationen	ART-Bericht Nr. 735: «Den Energieverbrauch von Heizung und Lüftung um die Hälfte und mehr senken» Leitfaden für energieeffiziente Ställe: «Lösungen zur Senkung des Energieverbrauchs und zur Erzeugung erneuerbarer Energien in der Schweinehaltung», IFP «Lösungen zur Senkung des Energieverbrauchs und zur Erzeugung erneuerbarer Energien in der Geflügelproduktion», ITAVI Minergiestudie A-P, Mastgeflügelstall, Monitoringbericht

Tabelle 3: Eckpunkte Isolierung von Geflügelställen

3.2. Wärmerückgewinnung aus der Abluft des Gebäudes



Quelle: «Minergie im Stallbau», Agroscope, 8/9 November 2011, AgroCleanTech

Abbildung 7: Schema Wärmerückgewinnung aus der Abluft

Die Beheizung der Ställe für Mastgeflügel erfolgt hauptsächlich mit Propan (erdgasähnlich). Einige Betriebe verwenden Holzheizungen (Hackschnitzel) oder Wärmepumpen (WP mit Erdwärmesonde).

Durch die Installation eines Wärmetauschers/einer Wärmerückgewinnung kann die Belastung des Heizsystems verringert werden. Das Prinzip besteht darin, die in der "ausgehenden" (verbrauchten und warmen) Luft enthaltene Energie zurückzugewinnen und sie auf die "eingehende" (saubere und kalte) Luft zu übertragen. Durch die Erwärmung der einströmenden Luft, wird die Temperatur der Raumluft aufrechterhalten. Je nach Grösse des Stalls ist es notwendig, mehrere Wärmerückgewinnungsanlagen zu installieren.

Diese Massnahme wird für alle Mastgeflügelställe empfohlen und kann in einigen Fällen auch in Schweineställen, Gewächshäusern und Weinkellern angewendet werden.

Investitionen [CHF]	10'000-15'000 CHF/Wärmetauscher (je nach Grösse)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Propan: Einsparung 50% (9 kWh/Platz/Jahr), d.h. ca. 1 CHF/Platz/Jahr. Amortisation: 6-8 Jahre. Technische Lebensdauer: 25 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (Stallbauer für Mastpouletställe)
Vorteile	Niedrige Energiekosten Geringer Wartungsaufwand (Filterreinigung)
Nachteile	Höhere Investitionskosten
Zusätzliche Informationen	ART-Bericht, Nr. 735: «Den Energieverbrauch für Heizung und Lüftung mehr als halbieren» Minergie-Studie A-P, Mastgeflügelstall, Monitoringbericht

Tabelle 4: Eckpunkte Wärmerückgewinnung in Mastgeflügelställen

3.3. Isolierung von Ferkelnestern

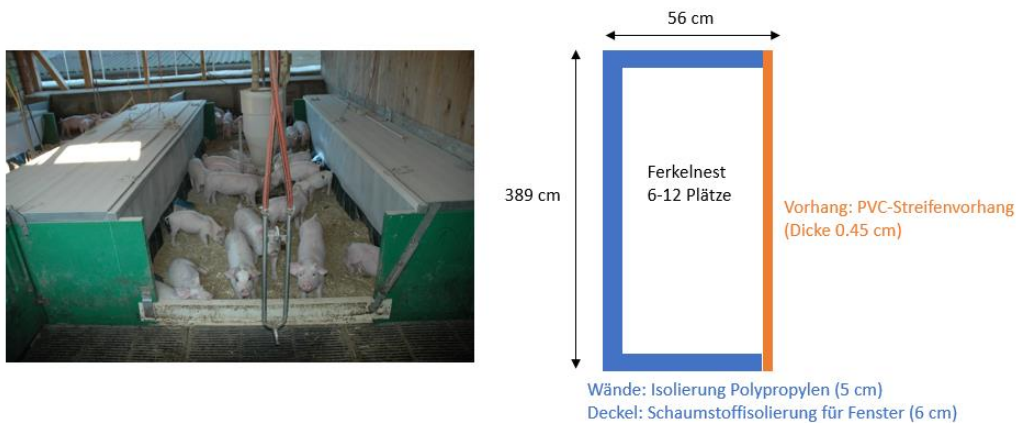


Abbildung 8: Isolierung Ferkelnest

Die Ferkelaufzucht erfordert einen hohen Wärmebedarf (für das Wachstum der Ferkel), d.h. ca. 2'000 kWh Wärme/Nest/Jahr (Umtrieb von 3 Muttersauen/Nest/Jahr). Der Großteil der Nestwärme wird mit Hilfe von elektrischen Widerständen (UV-Lampen) erzeugt. Die beste Möglichkeit, diesen Wärmeverbrauch zu senken, besteht darin, isolierte Ferkelnester mit einer Temperaturregelung zu installieren. Mit dem Energieeffizienzprogramm «Ferkelnester» zur Verbesserung von alten Ferkelnestern, welches von 2018 bis 2021 unter der Leitung von AgroCleanTech in Zusammenarbeit mit den Stallbauern (ATX Schweiz, Krieger AG, Frey Stalleinrichtungen AG und Huber Kontech) lief, konnten ca. 2'000 Ferkelnester und 1'000 Jagerkisten nachgerüstet werden. Dieses Förderprogramm hat die Vorteile und das Energieeinsparpotential dieser Massnahme verdeutlicht.

Das Folgeprogramm "Ferkelnest II" unterstützt den Umbau von Ferkelnestern/Jagerkisten mit einem Beitrag von bis zu 15% der Investitionskosten. Dieses Programm läuft von 2022 bis 2025 unter der Leitung von AgroCleanTech (weitere Informationen auf der Website von AgroCleanTech)¹.

Ein isoliertes Ferkelnest verbraucht 500 kWh Strom/Jahr (100 CHF Strom/Jahr) anstelle von 2'000 kWh Strom/Jahr (500 CHF Strom/Jahr). Diese Massnahme wird beim Umbau der Nester/Kisten wie auch beim Neubau von Abferkelställen und Jagerställen empfohlen.

Investitionen [CHF]	3'000 CHF/isoliertes Nest (Mittelwert)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Strom (Heizung): Einsparungen von 50-70% im Vergleich zu Standardlösung. Amortisation: 8-10 Jahre. Technische Lebensdauer: 15 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (Hersteller und Lieferanten von Stalleinrichtungen) Die wichtigsten Hersteller von Schweineställen haben am Förderprogramm «Ferkelnester» 2018-2021 teilgenommen.
Vorteile	Niedrige Energiekosten Keine Wartung, bessere Hygiene
Nachteile	Höhere Investitionskosten (3'000 CHF/isoliertes Nest)
Zusätzliche Informationen	AgroCleanTech: «Sparpotential durch energieeffizienter Ferkelnester», ART-Bericht Nr. 704: "Vergleich von Ferkelnestern".

Tabelle 5: Eckpunkte isolieren von Ferkelnestern

¹ www.agrocleantech.ch -> Landwirte -> Foederprogramme Ferkelnest

3.4. Energieeffiziente Belüftung



Abbildung 9: Belüftung: schlechtes Beispiel (links), gutes Beispiel (rechts)

In geschlossenen Ställen (Schweine- und Hühnerställen) ist eine Belüftung notwendig, um einen Luftaustausch zu gewährleisten. In Geflügelmastställen ist es wichtig, dass die Lüftung richtig eingestellt ist und somit nicht gleichzeitig in Betrieb ist, wie die Heizung des Gebäudes (hohe Wärmeverluste). Die folgenden Aspekte sind für eine effiziente Belüftung zu beachten:

- Regulierung der Belüftung durch einen CO₂-Sensor. Durch die CO₂-Messung wird der tatsächliche Lüftungsbedarf der Tiere ermittelt.
- Natürliche Belüftung. Bei Mastschweineställen sollte die natürliche Belüftung maximal genutzt werden (Nutzung von Unterdruckkammern mit Luftaustritt in der Mitte der Decke). Im letzten Auslauf wird dann der Stall mit elektrischen Ventilatoren ausgestattet (mit Frequenzumrichtern und Regelung über CO₂-Sonde).
- Effiziente elektrische Antriebe. Die Ventilatoren sind mit Frequenzumrichtern ausgestattet (Verringerung der Drehzahl des Elektromotors). Außerdem gehören sie zur Kategorie IE3 oder IE4 (elektrisch - mechanisch) und werden direkt angetrieben.
- Die Steuerung der Lüftung. Die Lüftungssteuerung muss richtig optimiert werden, d. h. die Heizung darf nicht gleichzeitig mit dem Abluftventilator (Ausstoß der sauberen Warmluft) eingeschaltet sein.

Diese Massnahme wird für Mastschweineställe und Hühnerställe (Eier und Fleisch) wärmstens empfohlen.

Investitionen [CHF]	Ventilator 5 kW IE3 - IE4: 3'000-5'000 CHF (Material + Installation). Steuerung durch CO ₂ -Regelung: 10'000 CHF (Sonde und Steuerung). Natürliche Belüftung: Mehrkosten je nach Größe des Gebäudes
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Einsparung: Strom, ca. 50% im Vergleich zu Standard-Lüftungssystem. Amortisation Massnahme < 5 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++
Vorteile	Gute Wirtschaftlichkeit Geringe Investition
Nachteile	Die natürliche Belüftung muss bei der Planung eines Gebäudes miteinbezogen werden
Zusätzliche Informationen	Bauunternehmer für landwirtschaftliche Gebäude Topmotors.ch «Merkblatt Nr.24: Luftförderung»

Tabelle 6: Eckpunkte energieeffiziente Belüftung

3.5. LED-Beleuchtung anbringen



Abbildung 10: LED-Beleuchtung Geflügelmasthalle

Quelle: <https://www.beleuchtungdirekt.ch/>; AgroCleanTech

Die Beleuchtung in landwirtschaftlichen Gebäuden ist wichtig und wird allzu oft vernachlässigt. Die Arbeitsplätze erfordern unterschiedliche Lichtverhältnisse (Melkstand, Büro, Fütterungsbereich usw.). Selbstverständlich ist natürliches Licht die beste Beleuchtung und sollte bei der Planung eines Neubaus bevorzugt werden. Wenn jedoch kein natürliches Licht vorhanden ist (morgens, abends, im Winter), ist eine künstliche Beleuchtung unerlässlich. Die Installation von LED-Beleuchtung (Light Emitting Diode) oder Leuchtdioden ist zu bevorzugen. Eine LED besteht aus einer Anode (positive Seite) und einer Kathode (negative Seite) und wird mit Gleichstrom (DC) betrieben. Das Betriebsspektrum der LED ist sehr breit und umfasst alle Farben (orange bis weiß). Die grossen Vorteile der LED-Beleuchtungen sind ihre lange Lebensdauer (>10'000 Std.) und der geringe Stromverbrauch (-80% im Vergleich zu einer herkömmlichen Glühbirne). Die Senkung der Herstellungskosten und ihre grosse Verbreitung in der breiten Öffentlichkeit machen diese Technologie zu einem zuverlässigen und sparsamen Beleuchtungsmittel.

Beschreibung der Massnahme	Energiesparende Beleuchtung mit LED-Beleuchtung. Diese ist für jede Art von Gebäude geeignet (Schweinstall, Kuhstall, Hühnerstall usw.).
Investitionen [CHF]	15.-/LED-Röhre
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Strom (hauptsächlich Hochtarif) Amortisation <5 Jahren (abhängig von der Anzahl Betriebsstunden der Beleuchtung)
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+ (Landwirt/in kann die Beleuchtung selbst anbringen)
Vorteile	Energieeinsparung, weniger Wärmeentwicklung, lange Lebensdauer (6'000 Std.)
Nachteile	Höherer Preis im Vergleich zu herkömmlichen Glühbirnen (1,5 x); rechnet sich innerhalb von 2 Jahren.
Zusätzliche Informationen	https://www.beleuchtungdirekt.ch/ AgroCleanTech

Tabelle 7: Eckpunkte LED-Beleuchtung anbringen

3.6. Wärmepumpe (WP) Luft/Wasser Wasser/Wasser

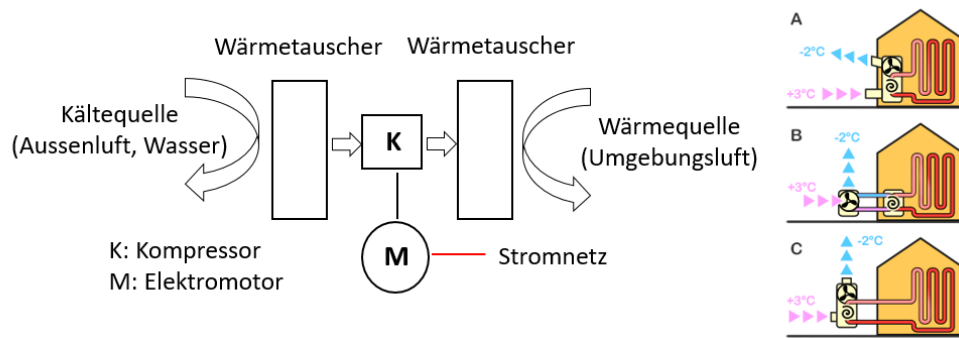


Abbildung 11: Wärmepumpe (Quelle: energie-environnement.ch)

Die Beheizung von Gebäuden (Geflügelmastställe, Gewächshäuser, Weinkellereien, Schweineställe) kann mit Hilfe einer x/y-Wärmepumpe (WP) erfolgen, wobei "x" die Kältequelle bestimmt, aus der die Energie entnommen wird, und "y" den Träger bestimmt, der erwärmt wird (Wasser für den Heizkreislauf). Die WP nutzt die Energie der Umgebung (Luft oder Wasser) und erwärmt sie mit Hilfe eines Kompressors, um sie mit einer höheren Temperatur wieder abzugeben. Die meisten für die Gebäudeheizung installierten Wärmepumpen sind vom Typ Luft/Wasser. Der Wirkungsgrad einer WP (gelieferte Wärme im Verhältnis zum Stromverbrauch) hängt von der Kältequelle (Luft = 3-5 und Wasser = 5-7) und der Austrittstemperatur (zwischen 30 und 60°C) ab.

Diese Massnahme ist in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage und einem Wärmespeicher für die Beheizung von Geflügelmastställen, Weinkellern und Schweineställen sehr empfehlenswert.

Investitionen [CHF]	25'000 CHF für Luft/Wasser-Wärmepumpe für 12 kW Wärme (Material, Installation) 35'000 CHF für Luft/Wasser-Wärmepumpe für 20 kW Wärme (Material, Installation)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Einsparung von Heizöl, Strom Amortisation Massnahme in 8-10 Jahren im Vergleich zu einem Heizsystem mit fossilen Quellen
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (muss von einem Fachmann gemacht werden)
Vorteile	Sehr niedrige Kosten für die Produktion von Wärme (3-5 ct/kWh Wärme) CO ₂ -neutrale Wärmeproduktion
Nachteile	Höhere Kosten für die Investition als für eine mit fossilen Brennstoffen betriebene Heizung
Zusätzliche Informationen	Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS: www.fws.ch Sanitärinstallateure aus der Region

Tabelle 8: Eckpunkte Installation einer Wärmepumpe

3.7. Sonnenkollektoren

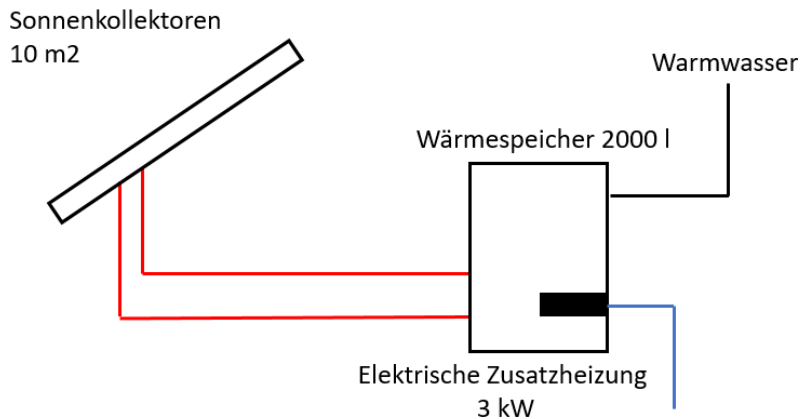


Abbildung 12: Schema Sonnenkollektoren

Sonnenkollektoren sammeln Lichtenergie und wandeln sie in Wärme um. Die Wärme wird auf eine Wärmeträgerflüssigkeit übertragen, die durch die Paneele zirkuliert. Der Wirkungsgrad eines Sonnenkollektors (Umwandlung von Licht in Wärme) ist sehr gut (>60%). Der hauptsächlich verwendete Kollektortyp ist der verglaste Kollektor (max. Temperatur 80°C) und wird in der Regel mit einer Holzheizung (Stückholz oder Hackschnitzel) kombiniert.

Diese Massnahme ist im Bereich der Milchproduktion nur mit einer nicht erneuerbaren/wenig effizienten Wärmequelle (direkter elektrischer Widerstand, Öl oder Gas) oder Holz (Scheitholzkessel/Hackschnitzelkessel) für die Gebäudeheizung sinnvoll.

In Fällen, in denen nur im Niedertemperaturbereich geheizt werden muss, wie in Gewächshäusern oder im Geflügelstall, ist der Einsatz von Sonnenkollektoren sehr empfehlenswert.

Investitionen [CHF]	1'000 CHF/m² (Anschaffung + Installation)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Strom; Einsparung: 50 % Wärmebedarf Warmwasserbereitung. Amortisation Maßnahme: 10-15 Jahren. Rentabilitätsgrenze [kg Milch/Jahr]: 300'000 kg Milch/Jahr
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (muss von einem Spezialisten ausgeführt werden) Umsetzung kompliziert
Vorteile	Die durchschnittlichen Kosten für die Wärme der nächsten 20 Jahre sind bekannt und gleichmässig (Lebensdauer der Anlage). Einfache, ausgereifte und robuste Technologie
Nachteile	Zusätzliches Heizsystem erforderlich (direkter Widerstand, Holz, etc.). Hohe Investitionskosten.
Zusätzliche Informationen	Auf Sonnenenergie spezialisierte Unternehmen SwissSolar https://www.swissolar.ch/ueber-solarenergie/solarwaerme/

Tabelle 9: Eckpunkte Sonnenkollektoren installieren

3.8. Landwirtschaftliches Biogas

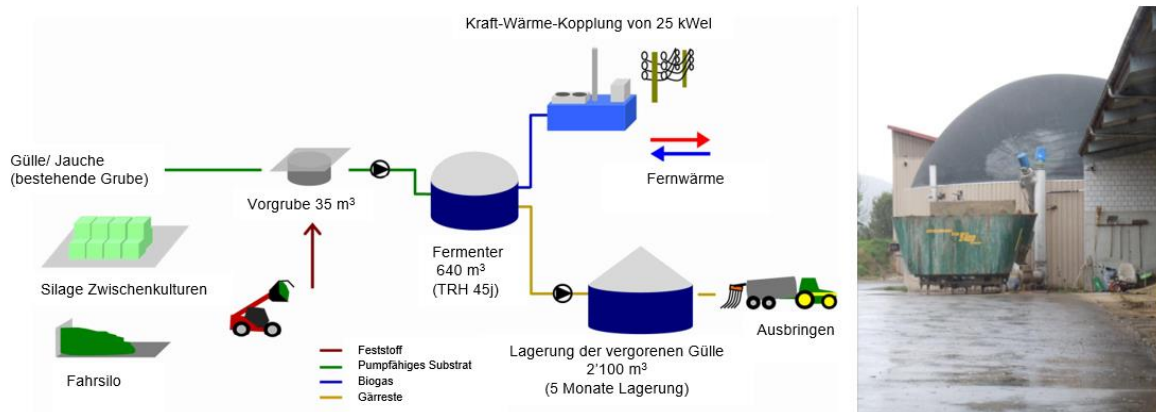


Abbildung 13: Schema landwirtschaftliche Biogasanlage

Quelle: «Mini-biogaz, Développement de petites unités de biogaz en agriculture»

Landwirtschaftliches Biogas ist das Resultat einer chemischen Reaktion, bei welcher ein Gasgemisch, das hauptsächlich aus Methan (60%) und Kohlendioxid (40%) besteht, entsteht. Das landwirtschaftliche Biogas kann in Form von Strom (Kraft-Wärme-Kopplung mit Wärmeerzeugung) oder Gas (nach Reinigung Einspeisung in das Erdgasnetz oder Verwendung als lokaler Kraftstoff) genutzt werden. Aktuelle Biogasprojekte konzentrieren sich auf die Produktion von Synthesegas (Kraftstoff oder Einspeisung in das Erdgasnetz). Eine Biogasanlage ermöglicht eine sehr gute Verwertung von Hofdünger (Homogenität, Geruchsminderung usw.) und erzeugt zudem Energie (Wärme, Strom oder erneuerbares Gas).

Allerdings sind die Investitionen für den Bau hoch und die Verfahren für eine neue Anlage sind langwierig. Die Rentabilität des Geschäftsmodells ist abhängig von der Verwertung der erzeugten Energie (Vertrag mit dem Gasunternehmen, Tankstelle usw.). Zu beachten ist, dass sich der gesetzliche Rahmen in diesem Bereich ständig weiterentwickelt.

Diese Massnahme wird für große landwirtschaftliche Betriebe oder Zusammenschlüsse von kleineren Betrieben empfohlen.

Investitionen [CHF]	2'000 – 8'000 CHF/kW Strom
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Einsparung: Kraftstoff (Diesel) Amortisation: 20 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+++ (Installation durch Fachunternehmen, Begleitung durch Ingenieurbüro usw.).
Vorteile	Senkung der Energiekosten Reduzierung von Luftverschmutzung, Lärm
Nachteile	Hohe Investitionen, unsicherer Rechtsrahmen
Zusätzliche Informationen	Verband Biomasse Suisse: https://biomassesuisse.ch/ Ökostrom (Fachverband landwirtschaftliches Biogas): www.oekostromschweiz.ch BFE (Bundesamt für Energie): https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home.html

Tabelle 10: Eckdaten landwirtschaftliche Biogasanlage

3.9. Photovoltaik

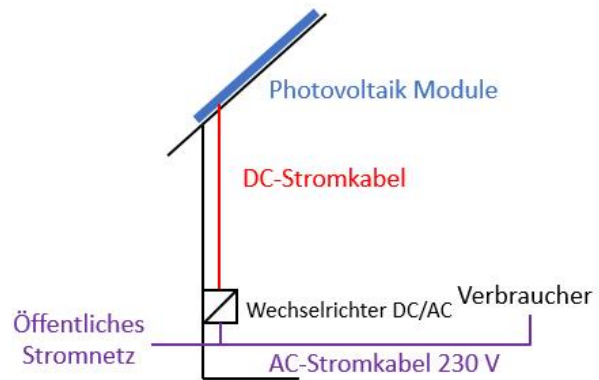


Abbildung 14: Schema Photovoltaikanlage

Die Photovoltaik ermöglicht die Erzeugung von Strom aus Lichtenergie (Umwandlung von Sonnenstrahlung in Strom). Der erzeugte Strom muss in Wechselstrom umgewandelt werden (DC/AC-Wechselrichter), damit der Strom im Haushalt verwendet werden kann, oder in das Stromnetz eingespeist werden kann.

Eine Anlage wird rentabel, wenn der Eigenverbrauch möglichst hoch ist. Dies wird erreicht, indem der Eigentümer den erzeugten Strom selbst verbraucht (Produktionskosten = 6-8 Rp/kWh), wodurch die jährlichen Stromkosten (Kosten für Netzstrom= 18-22 Rp/kWh) verringert werden. Aus diesem Grund sollte die Grösse der Photovoltaikanlage im Verhältnis zum landwirtschaftlichen Verbrauch, und nicht zur Grösse des verfügbaren Daches, bemessen werden. Die Anschaffung von Elektrofahrzeugen oder -geräten erhöht den Eigenverbrauch von Strom und damit die Attraktivität einer Photovoltaikanlage, während gleichzeitig die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und die damit verbundenen Kosten verringert werden. Mit Hilfe von Schweizer Fördermitteln (Pronovo) können bis zu 25% der Anfangsinvestition gedeckt werden.

Diese Massnahme wird für alle landwirtschaftlichen Gebäude mit einem Stromverbrauch von >15'000 kWh/Jahr empfohlen.

Investitionen [CHF]	1'500 - 2'000 CHF/kWp (abhängig von der Art der Anlage)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Wirtschaftlichkeit: keine Energieeinsparung Amortisation: 8-12 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (Installation durch ein spezialisiertes Unternehmen)
Vorteile	Senkung der Energiekosten Aktive Beteiligung am Atomausstieg
Nachteile	Hohe Investitionskosten
Zusätzliche Informationen	Fachverband Swissolar: https://www.swissolar.ch Pronovo AG: https://pronovo.ch/ AgroCleanTech

Tabelle 11: Eckpunkte Photovoltaikanlage

3.10. Stromspeicherung

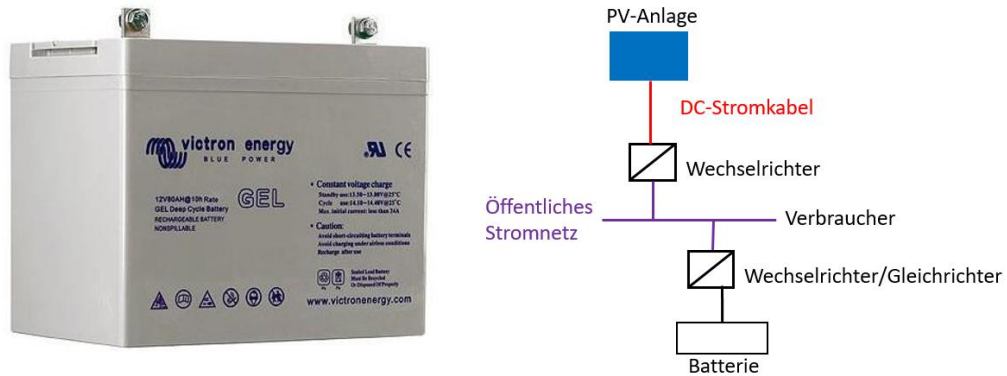


Abbildung 15 : Schema Stromspeicherung

Quelle: Victron Energy <https://www.swiss-victron.ch/de>

Um die von der Photovoltaikanlage erzeugte Energie ganz oder teilweise zu speichern, besteht die Möglichkeit einen Stromspeicher zu installieren. Der Energiespeicher ist eine Batterie, die elektrische Energie in chemischer Form speichert (verwendete Materialien Lithium und Bleisäure). Die Verwendung eines solchen Speichers ist immer an eine Photovoltaikanlage gekoppelt. Die derzeit im Handel erhältlichen Batterien sind Lithiumbatterien.

Eine Batterie ist rentabel, wenn die Kosten pro gespeicherter kWh niedriger sind als der Preis pro kWh, welche aus dem Stromnetz (20 Rp/kWh) bezogen wird. Derzeit (Stand 2021) ist die Installation einer Batterie noch nicht wirtschaftlich (Speicherkosten: 25-40 Rp/kWh). Die technologische Entwicklung in diesem Bereich wird aber voraussichtlich zu einem Rückgang der Batteriekosten führen und diese Option in einigen Jahren rentabel machen. Investitionshilfen sind im Rahmen der Agrarpolitik über die Strukturverbesserungsverordnung (SVV) oder im Rahmen von kantonalen oder kommunalen Förderprogrammen vorgesehen. Die ideale Kapazität für einen Milchviehbetrieb mit 50 Milchkühen, 30'000 kWh/Jahr mit einer 20 kWp Photovoltaikanlage beträgt 8 kWh (Entladetiefe = 80 %).

Diese Massnahme ist keine Energieeffizienz-Massnahme. Sie ist aber interessant im Hinblick auf eine Energieunabhängigkeit und sollte daher bei einem Bauprojekt berücksichtigt werden (möglicher Standort, Ort auf der elektrischen Schalttafel).

Investitionen [CHF]	900 – 1'200 CHF/kWh
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Einsparung: Erhöhung des Eigenverbrauchs Amortisation: Ohne Investitionshilfen noch nicht rentabel
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (Installation durch spezialisiertes Unternehmen)
Vorteile	Senkung der Energiekosten Energieautonomie
Nachteile	Hohe Investitionen Ist nicht wirtschaftlich
Zusätzliche Informationen	Verordnung über Strukturverbesserungen (SVV) AgroCleanTech Energieschweiz: https://www.energieschweiz.ch/stories/solarbatterien/

Tabelle 12: Eckpunkte Stromspeicher installieren

3.11. Ladestation für Elektrofahrzeuge



Quelle: «Mobilité électrique et infrastructures de recharge», e'mobile, 2020

Abbildung 16: Typen von elektrischen Ladestationen

Elektrofahrzeuge stellen auch in der Landwirtschaft eine Alternative zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren dar. In erster Linie bei Fahrzeugen wie den elektrischen Umschlaggeräten (Teleskoplader, Hoflader) und den Betriebsfahrzeugen (Traktoren, Motormäher und andere Geräte für die Feldarbeit), ist ein Umstieg in Betracht zu ziehen. Die Massnahme "Elektrische Nutzfahrzeuge" (Kap. 4.10) enthält weitere Informationen zu diesem Thema.

Die Anschaffung dieser Art von Geräten erfordert die Bereitstellung einer Ladeinfrastruktur. Es gibt drei verschiedene Arten des Aufladens (einphasig, dreiphasig und DC-Schnellladung). Einphasiges und dreiphasiges Aufladen sind für die Bedürfnisse der Landwirtschaft geeignet. Beim Anschluss des Gebäudes an die Stromversorgung müssen die Amperezahl der Ladestation (16 A, einphasig und max. 32 A, dreiphasig) sowie ein Energiemanagementsystem (Ausgleich zwischen Verbrauch und Produktion, Lastabwurf je nach Verbrauch) berücksichtigt werden. Der Lastabwurf reduziert die aus dem Stromnetz entnommene elektrische Leistung, indem er die Wiederaufladung des Elektrofahrzeugs (Verbrauchers) vorübergehend unterbricht.

Die Kombination einer Ladestation mit der Installation einer Photovoltaikanlage ist prüfenswert. Diese Option bietet interessante Perspektiven, um den Eigenverbrauch des Betriebs zu erhöhen und einer Energieautonomie näher zu kommen (siehe dazu die Massnahme "Photovoltaik" Kap. 3.9).

Investitionen [CHF]	Einphasig: 1'000 CHF (ohne Parkplatz) Dreiphasig: 2'000-4'000 CHF (ohne Parkplatz). Kantonale Unterstützungen möglich: VS, BS, BE, GE, SH, TI, TG, VD
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Diesel Abschreibung: 4-5 Jahre. Technische Lebensdauer: 20 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (Installation durch spezialisiertes Unternehmen)
Vorteile	Keine Umweltverschmutzung Aufwertung der photovoltaischen Produktion Geringere Kosten
Nachteile	Zusätzliche Kosten Elektrofahrzeug erforderlich
Zusätzliche Informationen	Fachinstallateur für Ladestationen Swissolar: www.swissolar.ch , VESE: https://www.vese.ch/pvtarif/ AgroCleanTech

Tabelle 13: Eckpunkte Ladestation für Elektrofahrzeug

3.12. Optimierung des Eigenverbrauchs

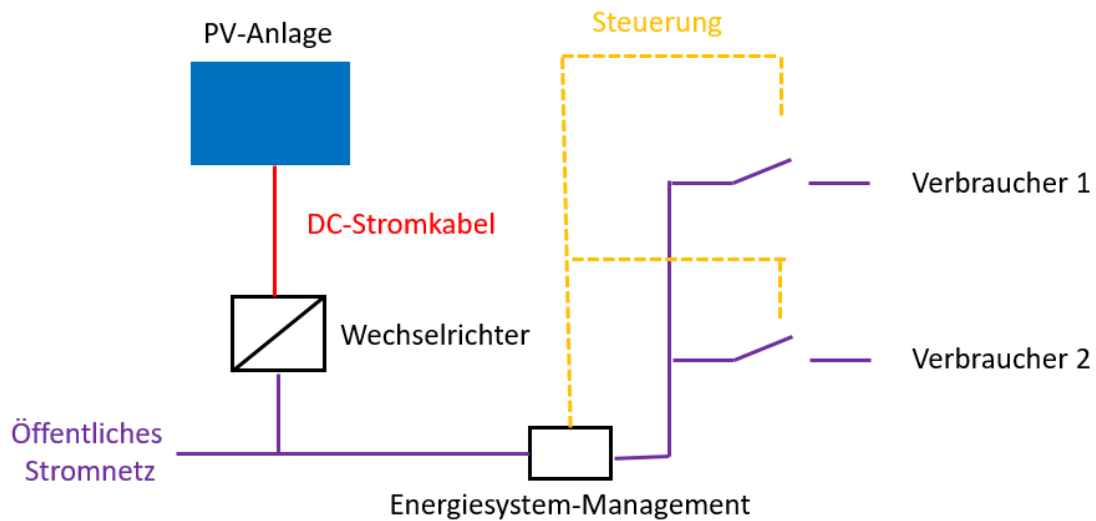


Abbildung 17: Schema Optimierung des Eigenverbrauchs

Die Rentabilität einer Photovoltaikanlage hängt vom prozentualen Anteil des Eigenverbrauchs ab, d. h. dem Anteil des Stroms, welcher während der Stromerzeugung (tagsüber) direkt verbraucht wird.

Die Wärme-, Kälte- und Druckluftverbraucher werden durch ein Lastmanagementsystem gesteuert. Dieses System wird ab einer steuerbaren elektrischen Leistung von 3 kW (elektrischer Boiler >200 l.) interessant.

Diese Massnahme wird allen landwirtschaftlichen Betrieben mit einer Photovoltaikanlage empfohlen.

Investitionen [CHF]	1'500 - 3'000 CHF/ System. Material (Bestellung): rund 500 CHF Installation: rund 1000 CHF
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Einsparung: Erhöhung des Eigenverbrauchs. Amortisation: < 5 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+ (Installation durch Elektriker)
Vorteile	Senkung der Energiekosten Energieautonomie
Nachteile	Investitionskosten
Zusätzliche Informationen	AgroCleanTech EnergieSchweiz: «Leitfaden Eigenverbrauch», Juli 2021 https://www.energieschweiz.ch/gebaeude/eigenverbrauch/

Tabelle 14: Eckpunkte Eigenverbrauch optimieren

3.13. Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV) und deren Stromnetzanschluss

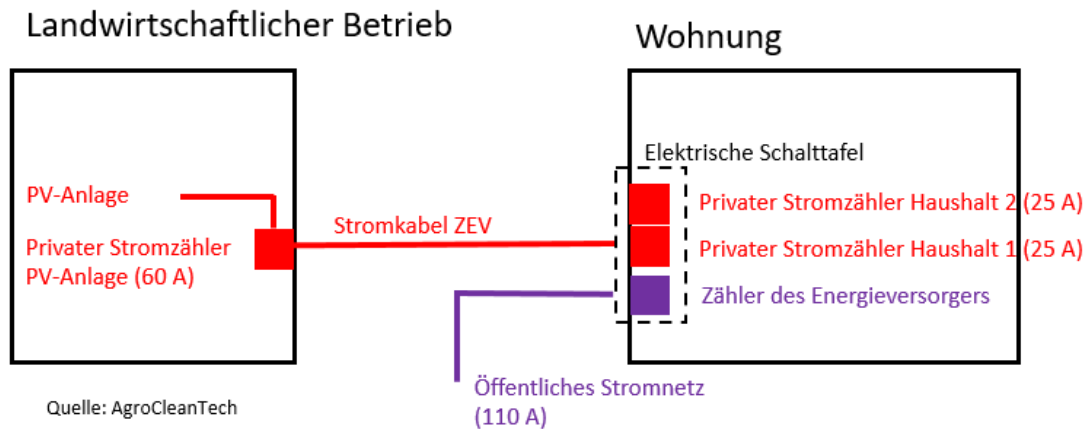


Abbildung 18: Schema Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV)

Der Anschluss eines durchschnittlichen landwirtschaftlichen Betriebs (40 Milchkühe, Stromverbrauch ~ 30'000 kWh/Jahr) erfordert in der Regel eine Stromstärke von 60 A, was Anschlusskosten von ca. 6'000 CHF (100.-/A) entspricht, wobei die Notwendigkeit eines Anschlusses ausserhalb der Bauzone nicht berücksichtigt ist. Für einen grossen landwirtschaftlichen Betrieb kann die Stromeinspeisung bis zu 100 A betragen (nur landwirtschaftlicher Teil).

Bei einer ZEV (Zusammenschluss zum Eigenverbrauch) wird ein gemeinsamer Bereich zwischen mehreren Endverbrauchern (1 Endverbraucher = 1 Stromzähler) geschaffen, um den von einer Energieerzeugungsanlage (Photovoltaik, Biogas usw.) erzeugten Strom untereinander auszutauschen. Die ZEV ermöglicht es, die Zähler des VNB (Betreiber des Verteilernetzes) zu verringern, d. h. die Mietkosten zu senken (80-100 CHF/VNB-Zähler/Jahr), den Eigenverbrauch durch den Energieaustausch in der ZEV zu erhöhen und von günstigeren Stromtarifen zu profitieren (höherer Stromverbrauch). Die Anschlüsse/Verbindungen zwischen den Gebäuden müssen privat sein (Investition zu Lasten des Betreibers). In vielen Fällen reichen einfache Änderungen im Stromkasten aus (private Zählerinstallationen). Der Erfolg dieser Massnahme hängt davon ab, wo sich der Betrieb befindet und ob interessierte Partner in der Nähe hat.

Investitionen [CHF]	5'000 CHF (Änderungen an der elektrischen Schalttafel) bis 50'000 CHF (Anschluss zwischen 2 Gebäuden 100 m) Investition in privates Netz + private Zähler (ohne Installation der PV-Anlage)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	- Abschreibung: < 10 Jahre. Technische Lebensdauer: 40 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+++ (Installation durch ein Ingenieurbüro)
Vorteile	Aufwertung der Photovoltaikproduktion oder anderer Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie. Senkung der Stromkosten
Nachteile	Hohe Investitionskosten
Zusätzliche Informationen	EnergieSchweiz: https://www.energieschweiz.ch/ SwissSolar: https://www.swissolar.ch/ AgroCleanTech

Tabelle 15: Eckpunkte Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV)

3.14. Heizen mit Hackschnitzeln / Pellets / Stückholz

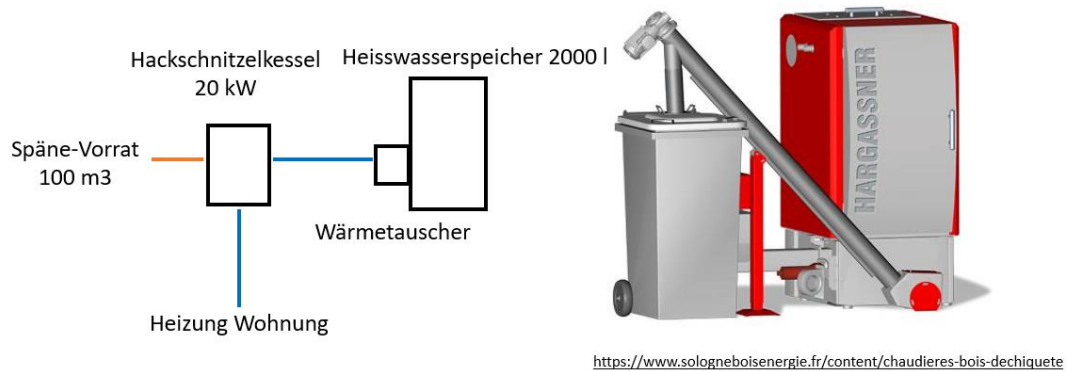


Abbildung 19: Hackschnitzelheizkessel

Die Aufbereitung von Warmwasser für die Reinigung der Melkanlage kann auch mit einem Hackschnitzel-, Pellet- oder Stückholzkessel erfolgen. Bei den meisten Systemen bringt der Kessel das Wasser auf bis zu 60 °C und für die höheren Temperaturen ist ein elektrischer Widerstand erforderlich. Es gibt keine kleinen Hackschnitzelkessel, daher wird das System (min. 10 kW) immer mit der Heizung einer Wohnung (lokale Fernheizung) oder eines anderen Gebäudes (Hühnerstall usw.) verbunden.

Die Rentabilität hängt vom Kaufpreis des Brennmaterials (Hackschnitzel, Pellets oder Scheitholz) ab. Diese Massnahme wird empfohlen, wenn der landwirtschaftliche Betrieb gleichzeitig mit der Renovierung des nahegelegenen Wohnhauses gebaut/renoviert wird. Falls nur der Warmwasserbedarf des landwirtschaftlichen Betriebs gedeckt werden soll, wird diese Massnahme nicht empfohlen.

Investitionen [CHF]	20 kW Hackschnitzel (30'000 CHF), ohne Leitungen Fernheizung
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Heizöl (Gebäudeheizung), Elektrizität (Warmwasser). Amortisation Massnahme in <15 Jahren. Voraussetzung für die Rentabilität: Betrieb und Wohnhaus sind an Holzheizung gekoppelt; Mindestleistung: 20 kW
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (Muss von einem Heizungsfachmann durchgeführt werden) Voraussetzung ist, dass eine Heizung für die Wohnung vorhanden ist.
Vorteile	Niedrige Betriebskosten Interessante Aufwertung der Wälder
Nachteile	Hohe Investitionskosten (>20'000 CHF)
Zusätzliche Informationen	EnergieSchweiz: https://www.energieschweiz.ch/ Holzenergie Schweiz: https://www.holzenergie.ch/home.html

Tabelle 16: Eckpunkte Heizen mit Hackschnitzel / Pellets / Stückholz

3.15. Wärmespeicherung (sensible Wärme)

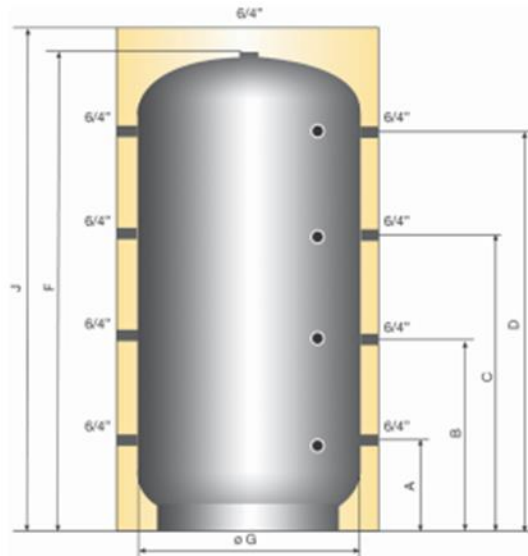


Abbildung 20: Beispiel eines 500 l Wärmespeichers

Quelle: Catalogue Atlantic 2020

Die Wärmespeicherung ist eine Methode, um den überschüssigen Strom, welcher von der Photovoltaikanlage erzeugt wird, zu nutzen. Das Prinzip besteht darin, dass der Wärmespeicher heißes Wasser produziert, wenn Strom im Überfluss vorhanden ist (Überproduktion am Tag).

Der Wärmespeicher ist für Betriebe mit hohem Wärmebedarf interessant (z. B. Abferkelbuchten, Pouletmastställe, Milchviehbetriebe usw.). Dieser Speicher muss zwingend mit einer Photovoltaikanlage, einem effizienten Heizsystem (Wärmepumpe oder Elektroheizung (elektrischer Widerstand)) und eventuell einem System zur Steuerung des Eigenverbrauchs (siehe Maßnahme "Optimierung des Eigenverbrauchs") gekoppelt sein. Diese Massnahme wird in Abferkelställen (WP-Heizung), Pouletmastställen (WP-Heizung) und in der Milchproduktion (Wärmepumpen-Boiler) empfohlen.

Investitionen [CHF]	900 – 1'200 CHF/kWh
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Einsparung: Erhöhung des Eigenverbrauchs. Amortisation: noch nicht wirtschaftlich
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (Installation durch spezialisiertes Unternehmen)
Vorteile	Senkung der Energiekosten Energieautonomie
Nachteile	Hohe Investitionskosten
Zusätzliche Informationen	AgroCleanTech

Tabelle 17: Eckpunkte Wärmespeicher

4. Prozesse

Dieses Kapitel behandelt Energieeffizienzmassnahmen, die bei der Planung eines Neubaus in Betracht gezogen werden sollten. Die meisten der vorgestellten Massnahmen können auch bei einem bestehenden Gebäude in Betracht gezogen werden. Unter einem landwirtschaftlichen Prozess wird der Einsatz technischer Mittel zur Verbesserung von Produktionsmitteln und -ressourcen, (um damit ein Endprodukt (Milch, Fleisch, Getreide usw.) zu erzeugen) verstanden.

4.1. Frequenzgesteuerte Vakuumpumpe

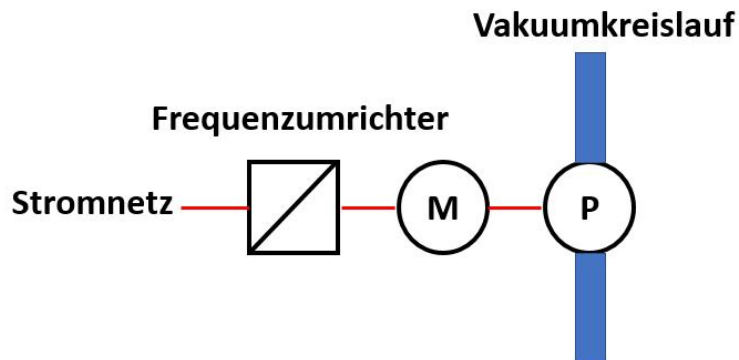


Abbildung 21: Frequenzgesteuerte Vakuumpumpe

Der Frequenzumrichter ermöglicht es der Vakuumpumpe (beim Melken), ihre Drehfrequenz und damit ihren Stromverbrauch zu regeln. Einige neue Modelle sind standardmäßig mit einem Frequenzumrichter ausgestattet. Die Verringerung des Stromverbrauchs ist je nach gewähltem Melksystem (Fischgerät, Karussell usw.) sehr unterschiedlich. Einige Melkroboter arbeiten mit einem zentralen Kompressor, der die Hauptorgane des Roboters versorgt.

Diese Technologie ist robust und wird seit Jahren in vielen anderen Bereichen eingesetzt (frequenzgesteuerte Heizungspumpen, frequenzgesteuerte Ventilatormotoren usw.).

Diese Massnahme wird für alle Milchviehbetriebe empfohlen, die einen Melkstand neu integrieren oder renovieren.

Investitionen [CHF]	5'000 CHF (momentaner Preis Vakuumpumpe + Arbeit)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Strom (Hochtarif 5h-7h und 16h-18h); Einsparung: 20-40% Strom Amortisation: 5-10 Jahren (variiert je nach gewähltem Melksystem (Fischgerät, Karussell, etc.))
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (muss von einem Fachmann gemacht werden)
Vorteile	Einsparung von teurem Strom (Hochtarif) Weniger Lärm
Nachteile	Investition Kompatibilität der Systeme
Zusätzliche Informationen	Servicetechniker für Melktechnik AgroCleanTech

Tabelle 18: Eckpunkte frequenzgesteuerte Vakuumpumpe

4.2. Installation Milchvorkühlung

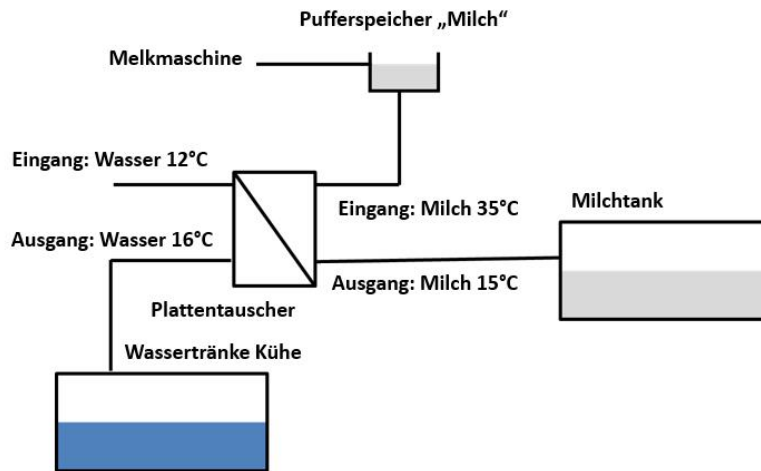


Abbildung 22: Schema Milchvorkühlung

Die Vorkühlung der Milch ist bei allen Milchviehbetrieben hilfreich/sinnvoll, welche die Milch kühlen müssen (Industriemilch etc.). Bevor die Milch in den Milchtank gelangt (Kühlung), überträgt ein Wärmetauscher die Wärme der Milch (von 28°C auf 15°C) auf das Wasser (von 12°C auf 16°C), das zum Tränken des Viehs verwendet werden kann. Durch die Vorkühlung der Milch wird die Belastung des Kühlaggregats im Tank und damit der Energieverbrauch gesenkt. Der Wärmeaustausch kann mit einem Rohrschlangen- oder einem Plattenwärmetauscher erfolgen. Die Massnahme wird für landwirtschaftliche Betriebe (>250'000 kg Milch/Jahr) bei einem Umbau empfohlen. Bei einem Neubau (einfacher zu implementieren) wird die Massnahme bereits ab 150'000 kg Milch/Jahr empfohlen.

Die Massnahmen «Milchvorkühlung» und «Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung» konkurrieren miteinander; d. h., es kann entweder die eine oder die andere Massnahme umgesetzt werden. In großen landwirtschaftlichen Betrieben (>600'000 kg Milch/Jahr) hingegen ist es ratsam, beide Systeme zu installieren. In anderen landwirtschaftlichen Betrieben wird eher ein Vorkühler mit einem Wärmepumpen-Boiler empfohlen.

Investitionen [CHF]	4'000 CHF (Angebot Plattenwärmetauscher + Arbeitskraft). Abhängig von der Länge der hydraulischen Anschlüsse
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Strom (Hochtarif 5h-7h und 16h-18h); Einsparung: 20-40% Strom. Amortisation: 8-10 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (muss von einem Fachmann gemacht werden)
Vorteile	Einsparung von teurem Strom (Hochtarif) Warmes Wasser (keine Notwendigkeit, die Leitungen im Winter frostfrei zu halten) und erhöhte Milchproduktivität (lauwarmes Wasser). Geringere Mehrkosten beim Bau
Nachteile	Rentabel ab 250'000 kg Milch/Jahr (Umbau) Rentabel ab 150'000 kg Milch/Jahr (Neubau)
Zusätzliche Informationen	Führende Hersteller von Melkausrüstung Sanitärinstallateure

Tabelle 19: Eckpunkte Milchvorkühlung

4.3. Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung

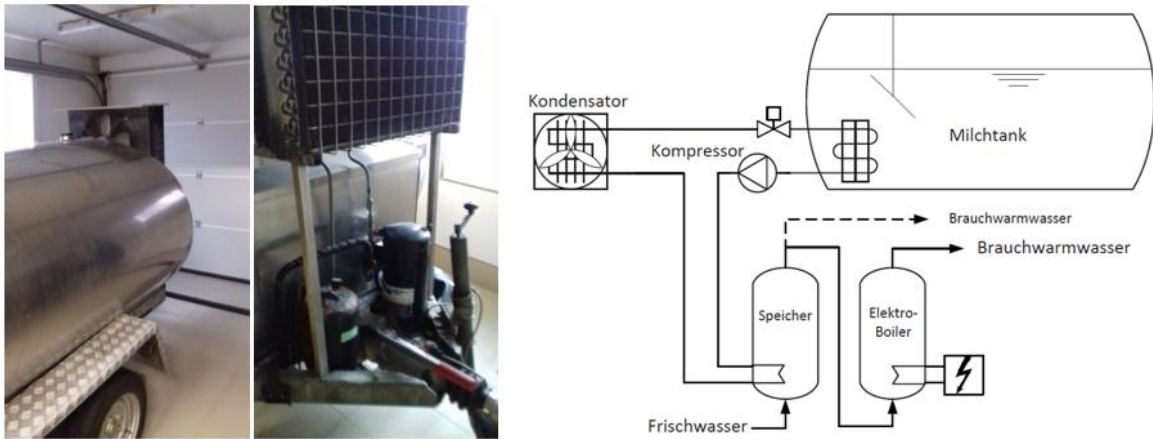


Abbildung 23: Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung

Die Wärmerückgewinnung aus Milchkühlung eignet sich für alle Milchviehbetriebe, welche die Milch kühlen müssen (Industriemilch etc.). Bei der Milchkühlung erzeugt das Kühlaggregat Wärme. Diese kann zum Vorwärmen des Warmwassers (50 °C), welches für die Reinigung der Melkanlage gebrauch wird, verwendet werden. Die Massnahme umfasst einen Wärmetauscher (Kältemittel/Wasser), hydraulische Anschlüsse bis zum Boiler und die Änderung des Kälteaggregatkreislaufs.

Die Wirtschaftlichkeit der Massnahme hängt vom Preis für die Warmwasserbereitung ab (Strom, Holz etc.). Beim Nutzen des Stroms von der eigenen Photovoltaik-Anlage (Eigenverbrauch) werden die Kosten pro kWh auf 0.1 CHF/kWh geschätzt.

Die Massnahmen «Milchvorkühlung» und «Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung» konkurrieren miteinander; d. h., es kann entweder die eine oder die andere Massnahme umgesetzt werden. In grossen landwirtschaftlichen Betrieben (>600'000 kg Milch/Jahr) hingegen ist es ratsam, beide Systeme zu installieren. In anderen landwirtschaftlichen Betrieben wird eher ein Vorkühler mit einem Wärmepumpen-Boiler empfohlen.

Investitionen [CHF]	Min. 8'000 CHF (Plattenwärmetauscher, Änderungen am Kreislauf und an den Anschlüssen). Abhängig von der Länge der hydraulischen Anschlüsse.
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Strom; Einsparung: 50 % Wärmebedarf Warmwasserbereitung Amortisation: 8-10 Jahre. Rentabilitätsschwelle [kg Milch/Jahr]: 300'000 kg Milch/Jahr (ohne Photovoltaik)
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+++ (sollte ein Spezialist machen) Implementierung anspruchsvoll
Vorteile	Die entstehende Wärme bei Kühlaggregat kann sinnvoll genutzt werden Geringe Mehrkosten bei Neubau
Nachteile	Der Stromverbrauch des Milchtanks wird nicht reduziert
Zusätzliche Informationen	Unternehmen für Kälte- und Klimatechnik: Frigotech, Frialp etc.

Tabelle 20: Eckpunkte Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung

4.4. Wärmepumpen-Boiler + Elektroboiler

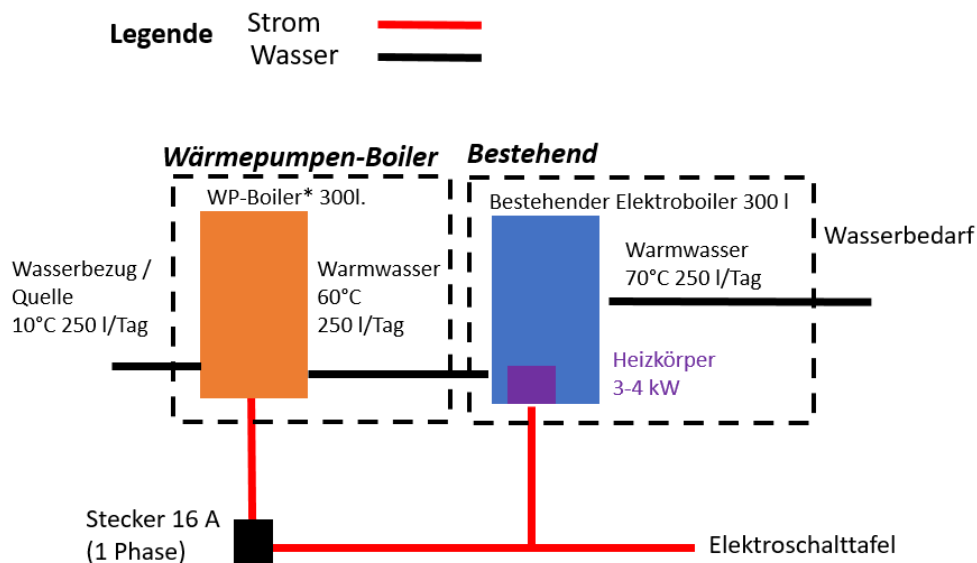


Abbildung 24: Schema Wärmepumpen-Boiler

Der Warmwasserverbrauch eines Betriebs kann durch die Kombination eines Wärmepumpen-Boilers zusammen mit einem Elektroboiler gewährleistet werden. Der WP-Boiler wird dem Elektroboiler vorgeschaltet und nutzt die Umgebungswärme. Das Funktionsprinzip ist wie bei einer Wärmepumpe. Das Wasser wird durch den WP-Boiler bis auf 58°C geheizt und der Elektroboiler muss anschliessend nur noch die Differenz bis 70°C (oder höher) heizen. Mit dieser Massnahme kann der Stromverbrauch bei der Warmwasseraufbereitung um die Hälfte reduziert werden. Der WP-Boiler erzielt einen Wirkungsgrad von durchschnittlich 3.1 (d.h. 1 kWh Strom für 3.1 kWh Wärme). In Verbindung mit einer Photovoltaikanlage ermöglicht dieses System eine kostengünstige Warmwasserbereitung. Details zu diesem System finden Sie im Kapitel 3.12 "Optimierung des Eigenverbrauchs".

Diese Massnahme wird für alle Milchviehbetriebe (Käsereimilch oder Industriemilch) empfohlen, welche mindestens 200 l Warmwasser pro Tag für die Reinigung verbrauchen. Für die Betriebe, welche Industriemilch produzieren, wird empfohlen, gleichzeitig eine Milchvorkühlung zu installieren (siehe Kap. 4.2).

Die Massnahme macht auch bei weiteren Produktionszweigen Sinn, welche täglich min. 200 l Warmwasser benötigen wie z.B. für die Reinigung des Schweinestalls.

Investitionen [CHF]	Min. 6'000 CHF (Offerte WP-Boiler, Wärmespeicher, Wasseranschlüsse und Arbeit).
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Einsparung: Strom Amortisation: 8-10 Jahren Wirtschaftlichkeitsschwelle [l. Warmwasser/Tag]: 200 l
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (Sollte ein Spezialist machen)
Vorteile	Einfaches und robustes System (ausgereifte Technologie) Für Betriebe, die Käserei- oder Industriemilch herstellen
Nachteile	Wirtschaftlich ab einem Verbrauch von 200 l Warmwasser
Zusätzliche Informationen	Förderprogramm «Wärmepumpen-Boiler» (AgroCleanTech) Sanitärinstallateure aus ihrer Region

Tabelle 21: Eckdaten Wärmepumpenboiler + Elektroboiler

4.5. Heutrocknung mittels Unterdach-Wärmerückgewinnung

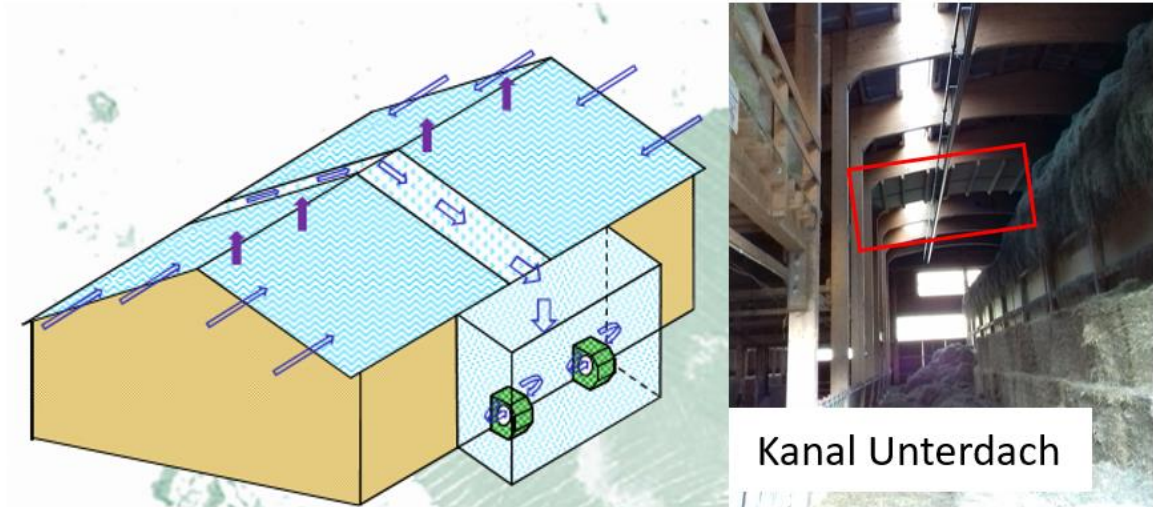


Abbildung 25: Unterdach-Wärmerückgewinnung

Source : SGF Conseil, Yann Charrier, AgroCleanTech

Die Heutrocknungsanlage funktioniert hauptsächlich durch das Einfangen von Aussenluft, die dann mithilfe eines Ventilators in den Heustock geblasen wird. Die Effizienz der Futtertrocknung hängt also direkt von der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalt der angesaugten Luft ab. Je niedriger die Luftfeuchtigkeit, desto besser die Aufnahmefähigkeit des Futters.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft kann durch die Erwärmung der angesaugten Luft gesenkt werden. Die Wärmerückgewinnung im Unterdach trägt dazu bei, indem sie die Sonnenenergie nutzt. Das System besteht aus Aussenlufteinlässen (seitlich), einem Unterdach (15-20 cm Luftraum unter dem Hauptdach) und einem zentralen Sammelkanal, der die erwärmte Luft zu dem/den Ventilator(en) führt. Je nach den baulichen Gegebenheiten sind verschiedene Konfigurationen denkbar. Die Wärmeleistung beträgt 0,55 W/m² (132 kW für ein 600 m² grosses Dach). Der Temperaturgewinn liegt zwischen 6°C und 10°C im Vergleich zur Aussentemperatur. Die Dimensionierung der Anlage kann mithilfe einer speziellen Software umgesetzt werden.

Diese Massnahme wird bei einem Neubau oder einen Umbau empfohlen.

Investitionen [CHF]	Lüftung: 25'000 CHF (30 kW Motor, Trocknervolumen=1030 m ³), Unterdach: 20'000-30'000 CHF zusätzlich
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Strom (Motor für Lüftung): Einsparung von 25% des Stromverbrauchs Amortisation: 50 Jahre (Lebensdauer des Gebäudes)
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (Dimensionierung sollte von einem Spezialisten ausgeführt werden)
Vorteile	Niedrige Energiekosten Keine Wartung erforderlich Höhere Qualität des Futters
Nachteile	Hohe Investitionskosten Geringere Effizienz unter feuchten Wetterbedingungen
Zusätzliche Informationen	AgroCleanTech Agroscope Transfert Nr. 38: «Richtlinien für Heubelüftungsanlagen: Eine fachgerechte Planung sichert den Erfolg und spart Kosten» Landwirtschaftliche Beraterinnen und Berater der kantonalen Beratungsstellen

Tabelle 22: Eckdaten Unterdach-Wärmerückgewinnung Heutrocknungsanlage

4.6. Heutrocknung mittels externer Wärmequelle



Abbildung 26: Typen externer Wärmequellen (Hackschnitzelheizung und Wärmepumpe)

Quelle: Hoval (Wärmepumpe), Lasco (Hackschnitzelheizung)

Eine weitere Möglichkeit für die Senkung der Luftfeuchtigkeit besteht darin, die aufgenommene Luft mithilfe einer externen Wärmequelle (Holzheizung oder Wärmepumpe) zu erwärmen. Der Vorteil dieser Massnahme ist, dass die Qualität des Futters unabhängig von den klimatischen Bedingungen gewährleistet ist. Zudem kann mit dieser Massnahme die weniger nachhaltige Lösung, mobiler Ölbrenner, ersetzt werden.

Besteht das Interesse, die Luftfeuchtigkeit beim Heutrocknen mit einer externen Wärmequelle zu senken, ist es wichtig, die verschiedenen Möglichkeiten bezüglich der Preise zu vergleichen (Holzpreis, Strompreis und Leistungstarif [CHF/kW] über 15 Jahre). Wichtig ist auch zu wissen, dass die Installation einer WP oder eines Luftentfeuchters eine Stromzufuhr von mindestens 80 A benötigt (inkl. Ventilators).

Investitionen [CHF]	Lüftung: 25'000 CHF (Motor 30 kW, Trocknervolumen=1030 m ³); Hackschnitzelheizung: 50'000 CHF, WP-System: 40'000 CHF
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Heizöl: mobiler Ölbrenner. Amortisation: 12-15 Jahre. Technische Lebensdauer: 25 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+++ (Massgeschneiderte Installation)
Vorteile	Hervorragende Futterqualität, die in allen Jahren (nass/trocken) gewährleistet ist
Nachteile	Zusätzliche Kosten im Vergleich zu einfacher Belüftung Hohe Investitionskosten (>20'000 CHF)
Zusätzliche Informationen	AgroCleanTech Agroscope Transfer Nr. 38: «Richtlinien für Heubelüftungsanlagen: Eine fachgerechte Planung sichert den Erfolg und spart Kosten»

Tabelle 23: Eckpunkte externe Wärmequelle für die Heutrocknung

4.7. Heutrocknung mittels Luftentfeuchter

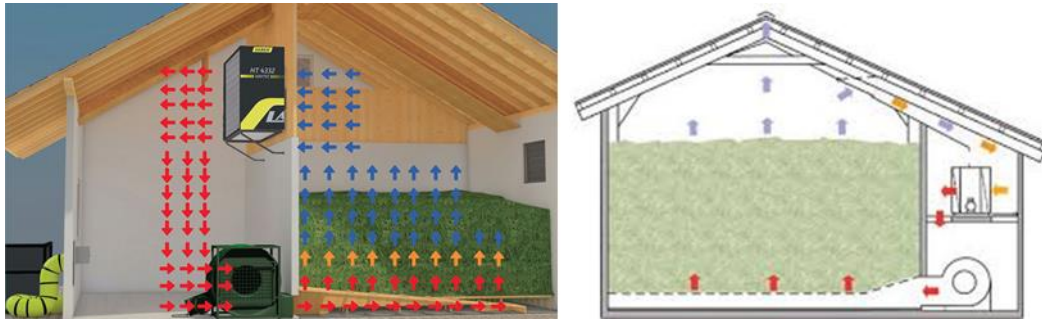


Abbildung 27: Heutrocknung mittels Luftentfeuchter

Quelle: AgroCleanTech; Lasco

Eine weitere Möglichkeit für die Senkung der Luftfeuchtigkeit ist die Entfeuchtung der Aussenluft. Dadurch wird die relative Luftfeuchtigkeit der Aussenluft gesenkt, sodass sie mehr Wasser aufnehmen kann. Der Vorteil dieser Massnahme ist, dass das Futter über das ganze Jahr hinweg (feuchte und trockene Zeit) sichergestellt ist. Jedoch ist der Stromverbrauch eines Luftentfeuchters hoch.

Bei der Installation einer Anlage zur Heutrocknung mit einer externen Wärmequelle oder eines Luftentfeuchters ist es sehr wichtig, die Varianten bezüglich der Produktionskosten (Holzpreis, Strompreis und Leistungstarif [CHF/kW]) über 15 Jahre zu vergleichen, damit man sich für eine Option entscheiden kann. Wichtig ist auch zu wissen, dass die Installation einer WP oder eines Luftentfeuchters eine Stromzufuhr von mindestens 80 A benötigt (inkl. Ventilators).

Investitionen [CHF]	Lüftung: 25.000 CHF (30 kW Motor, Trocknervolumen=1030 m ³); Entfeuchter: 30-45'000 CHF
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Heizöl: mobiler Ölbrenner. Amortisation: 12-15 Jahre. Technische Lebensdauer: 25 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+++ (Massgeschneiderte Installation)
Vorteile	Hervorragende Futterqualität während ganzem Jahr (nass/trocken) gewährleistet
Nachteile	Zusätzliche Kosten im Vergleich zu einfacher Belüftung Hohe Investitionskosten (30-45'000 CHF) Hoher Stromverbrauch und Leistungsspitzen
Zusätzliche Informationen	Hersteller von landwirtschaftlichen Geräten AgroCleanTech Agroscope Transfert Nr. 38: «Richtlinien für Heubelüftungsanlagen: Eine fachgerechte Planung sichert den Erfolg und spart Kosten»

Tabelle 24: Eckpunkte Heutrocknung mittels Luftentfeuchter

4.8. Frostschutzsystem Viehtränken



Abbildung 28: Wärmesystem Viehtränken

Quelle: AgroCleanTech, Hornbach <https://www.hornbach.ch/>

Während des Winters müssen die Viehtränken und die Trinkwasserleitungen vor Frost (Zerspringen der Leitungen) geschützt werden. Es gibt 2 Umsetzungsmöglichkeiten (Heizelemente an den Wasserleitungen anbringen und isolieren oder eine Umwälzpumpe, welche das Wasser wieder aufwärmt). Das bevorzugte System ist das Anbringen von Heizkörper, auf ungefähr der Hälfte der Länge der Wasserleitung, und danach zusätzlich die Wasserleitung isolieren.

Diese Massnahme wird bei einem Neubau oder einen Umbau eines Gebäudes mit Viehbestand empfohlen.

Investitionen [CHF]	Investitionskosten [CHF/m]: 20 CHF/m Wasserleitung (Isolation und Heizelemente, ohne Arbeitskraft).
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Einsparung: Strom Amortisation: 3 Jahren im Vergleich zu Heizkörpern ohne Isolierung
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+ (Installation durch Landwirt)
Vorteile	Fast sofortige Rentabilität Sehr einfache Umsetzung Geringe Investition
Nachteile	-
Zusätzliche Informationen	Hersteller/Lieferanten von landwirtschaftlichen Geräten/Materialien Baumarkt

Tabelle 25: Eckpunkte Frostschutzsystem Viehtränken

4.9. Elektrifizierung von landwirtschaftlichen Prozessen



Abbildung 29: Elektrifizierung von landwirtschaftlichen Prozessen

Quelle: Futtermischwagen: <http://www.kurmann-landtechnik.ch/>, Mäher: www.aebi-schmidt.com, AgroCleanTech

Mehrere landwirtschaftliche Prozesse können elektrifiziert werden (Futtermischwagen und -verteilung, Abschaben/Abführen von Hofdünger und Gülle rühren). Im Vergleich zu Geräten, die mit fossiler Energie betrieben werden, ist der zusätzliche Stromverbrauch relativ gering.

Ein Teil der elektrifizierten Prozesse benötigt keine Batterien: Elektrischer Futtermischwagen, Rührwerk für die Gülle, Güllepumpe etc. Die weiteren elektrischen Geräte (Freischneider, Kettensäge usw.) benötigen eine Batterie.

Diese Massnahme wird für alle landwirtschaftlichen Betriebe empfohlen.

Investitionen [CHF]	Hängt von der Technologie ab (Motorsense: 500 CHF, elektrischer Futtermischwagen ab: 20'000 CHF)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Einsparung: Treibstoff (Diesel und Benzin). Amortisation: 10-15 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+
Vorteile	Senkung der Energiekosten Reduzierung von Luftverschmutzung, Lärm
Nachteile	Hohe Investitionen
Zusätzliche Informationen	Hersteller von landwirtschaftlichen Maschinen/Geräten AgroCleanTech

Tabelle 26: Eckpunkte Elektrifizierung von landwirtschaftlichen Prozessen

4.10. Elektrische Nutzfahrzeuge



Abbildung 30: Elektrische Nutzfahrzeuge (E-Hoflader)

Quelle: eHoftrac <https://www.weidemann.de/fr/hoftrac/model/ehoftrac-modele-1160/>

Einige Hersteller von Nutzfahrzeugen bieten auch Elektrofahrzeuge und -nutzfahrzeuge für die Landwirtschaft an. Dabei kann es sich um Flurförderzeuge (Gelenk- oder Teleskoplader), Motormäher oder andere Geräte für die Feldarbeit handeln. Die derzeit angebotenen elektrischen Nutzfahrzeuge haben eine Reichweite zwischen 1,5 und 3 Stunden. In Kombination mit den Massnahmen "Optimierung des Eigenverbrauchs" und "Photovoltaik" werden die Betriebskosten stark reduziert (Eigenverbrauch der Photovoltaikenergie).

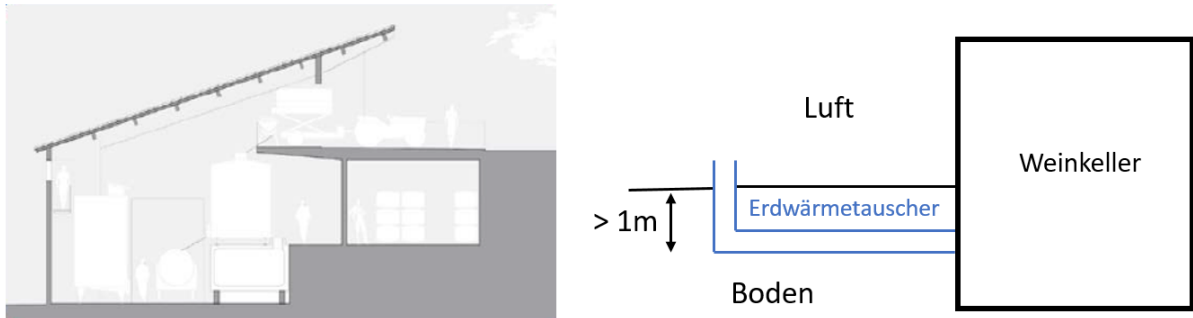
Der Einsatz dieser Art von Geräten hat den Vorteil, dass der Lärm während der Arbeit reduziert wird (weniger Stress für das Vieh), Abgase in Innenräumen vermieden werden (Luftqualität) und keine fossilen Brennstoffe gebraucht wird.

Diese Massnahme wird für alle landwirtschaftlichen Betriebe empfohlen, die ein landwirtschaftliches Nutzfahrzeug einsetzen.

Investitionen [CHF]	55'000-75'000 CHF (inkl. Batterie)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Einsparung: Treibstoff (Diesel) Amortisation: <10 Jahre
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	++ (muss von einem Fachmann gemacht werden)
Vorteile	Senkung der Energiekosten Reduzierung von Luftverschmutzung, Lärm
Nachteile	Hohe Investitionskosten
Zusätzliche Informationen	Hersteller von Landmaschinen: Weidemann, Schäffer, etc.

Tabelle 27: Eckdaten elektrische Nutzfahrzeuge

4.11. Free-Cooling (natürliche Kühlung) und Erdwärmetauscher (Weinkeller)



Quelle: «Utilisation raisonnée de l'énergie et de l'eau dans une cave», Vitival 2012; AgroCleanTech

Abbildung 31: System Free-Cooling und Erdwärmetauscher

Bei der Weinherstellung sollte die Temperatur tiefer sein als die Raumtemperatur, deshalb muss gekühlt werden. Die Gärung und somit die Weinherstellung erfolgt erfolgreich, wenn eine bestimmte Temperatur (19-20°C) während des Prozesses eingehalten wird.

Eine mögliche Energieeffizienzmassnahme ist die natürliche Kühlung (free-Cooling). Durch die Nutzung des thermischen Effekts des Gebäudes (Trägheit der massiven Elemente und Ausrichtung des Gebäudes) kann der Stromverbrauch, der zur Erreichung der gewünschten Temperatur erforderlich ist, gesenkt werden.

Wenn die Lage der Gebäude dies nicht zulässt, ist auch die Installation eines Erdwärmetauschers (ein 5-10 m langer Luftschacht in 1 Meter tiefe) denkbar. Die Aussenluft wird ganzjährig mit einer konstanten Temperatur (12 °C) im Schacht angesaugt. Die Luft ist somit im Sommer kühl und im Winter warm. Die zusätzliche Investition bei einem Neubau ist gering.

Diese Massnahme wird für alle Neubauten (Weinkeller) empfohlen.

Investitionen [CHF]	Erdwärmetauscher: 5'000-10'000 CHF (Tiefbau) Lüftung/Kühlung: 4'000 CHF (Motor, Steuerung, Installation)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Strom (Lüftungsmotor): 20% Einsparung des Stromverbrauchs. Amortisation: 30 Jahre (Lebensdauer des Gebäudes)
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+++ (Dimensionierung sollte von einem Spezialisten ausgeführt werden, Tiefbauunternehmen)
Vorteile	Niedrige Energiekosten Keine Wartung
Nachteile	Hohe Investitionskosten
Zusätzliche Informationen	Eco-conception des caves : projet européen EcoWinery (Französisch) AgroCleanTech

Tabelle 28: Eckpunkte Free-Cooling und Erdwärmetauscher (Weinkeller)

4.12. Optimierung des Kühlsystems (Weinkeller)

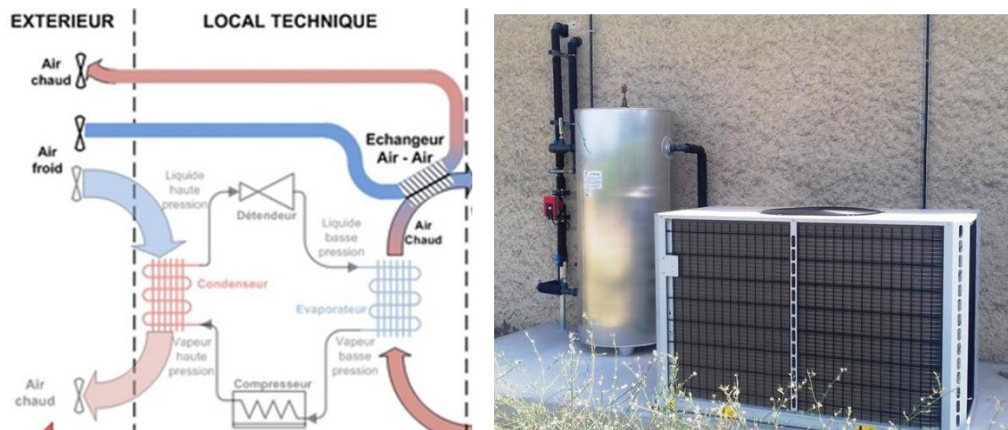


Figure 1: Schema Kälteanlage und Kühlaggregat

Quelle: <https://ecoinfo.cnrs.fr/category/datacentres/>

Die Weinherstellung erfordert eine Klimatisierung bei Raumtemperaturen. Bei der Gärung sollte die Temperatur zwischen 19-20° liegen. Jede Weinkellerei verfügt über ein Kühlsystem für die Lagerung der Flaschen und für die einzelnen Schritte der Weinherstellung (Temperaturkontrolle, Stabilisierung usw.). Um den Stromverbrauch des Kühlsystems zu senken, können verschiedene Optimierungsmassnahmen durchgeführt werden:

- Verbesserung der Wärmerückgewinnung des Kühlaggregats. In jedem Neubau wird die Wärmerückgewinnung genutzt, um das Warmwasser vorzuwärmen. Dennoch ist es auch sehr empfehlenswert, einen Wärmetauscher zwischen dem Kühlaggregat und der Gebäudeheizung einzubauen.
- Installation eines Kaltwasserkreislaufs, dezentrale Kälte-/Wärmeverteilung. Ein dezentraler Kreislauf mit Plattenwärmetauschern in den Tanks ermöglicht eine bessere Regelung der Temperatur in den Tanks.
- Indirekte natürliche Kühlung (Free-Cooling). Durch Free-Cooling kann der Stromverbrauch des Kühlaggregats gesenkt werden (Verbesserung der Effizienz des Kühlaggregats), wenn die Aussentemperatur unter dem Kältesollwert liegt (Kältetemperatur).

Diese Massnahme wird für alle Neubauten (Weinkeller) empfohlen.

Investitionen [CHF]	Verbesserung der Wärmerückgewinnung: 10'000 CHF. Dezentrale Kälteverteilung: 0.5 CHF / l vinifizierter Wein. Indirekte natürliche Kühlung: 15'000 CHF (Wärmetauscher, Montage, Ventilator)
Eingesparter Energieträger, Amortisation der Massnahme	Strom (Kompressor): ca. 10-20% im Vergleich zu einem herkömmlichen Betrieb (Free-Cooling). Gebäudewärme: Einsparung von Gebäudewärme (Heizöl etc.). Amortisation: <15 Jahre (Lebensdauer des Kühlsystems)
Schwierigkeitsgrad der Umsetzung	+++ (Dimensionierung Spezialist + Unternehmen spezialisiert auf Kälte-technik in der Industrie)
Vorteile	Niedrige Energiekosten Keine Wartung
Nachteile	Hohe Investitionskosten
Zusätzliche Informationen	AgroCleanTech

Tabelle 29: Eckpunkte Optimierung des Kühlsystems (Weinkeller)

5. Weitere Informationen

Adressen von Verbänden, Organisationen für ländliches Bauen, Energieeffizienz und die Förderung erneuerbarer Energien finden Sie hier:

- EnergieSchweiz (BFE Bundesamt für Energie): Programm zur Förderung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien <https://www.energieschweiz.ch/>
- AgroCleanTech: Dokumentverfasser, Verein für Energie und Klimaschutz in der Landwirtschaft <https://www.agrocleantech.ch/de/>
- Verband Biomasse Suisse: <https://biomassesuisse.ch/>
- Holzenergie Schweiz: <https://www.holzenergie.ch/home.html>
- SwissSolar: Schweizerische Fachverband für Sonnenenergie <https://www.swissolar.ch/>
- Suissetec: Schweizerische-Liechtensteinische Gebäudetechnikverband <https://suisse-tec.ch/de/home.html>
- Ökostrom Schweiz: Ökostrom Schweiz ist der Verband der landwirtschaftlichen Biogasanlagenbetreiber in der Schweiz <https://oekostromschweiz.ch/>
- AEE Suisse: Dachorganisation der Wirtschaft für erneuerbare Energien und Energieeffizienz <https://aeesuisse.ch/de/>

Ausserdem finden Sie eine Zusammenfassung der möglichen Förderprogramme im Falle eines Umbaus (Austausch von Geräten, Isolierung eines Gebäudes, Photovoltaikanlage usw.).



Abbildung 32: Mögliche Förderprogramme