

# **Energieeffizienz in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung - Strombedarf, Einsparmöglichkeiten und Eigenstromversorgung -**

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Arbeitsbereich: Umwelttechnik in der Landnutzung

Arbeitsgruppe: Emissionen und Immissionsschutz – Koordination Energiemanagement Landwirtschaft



Josef Neiber

Online - 1. Jahrestagung Experten-Netzwerk THeKLa am 10.11.2021

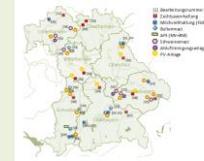
---

# Forschungsprojekte am ILT zur Energieeffizienz



## Verbesserung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft in Bayern

Projektlaufzeit: I/2011 bis IV/2013; Fortführung: I/2014 bis IV/2016;  
Fortführung: I/2017 bis **IV/2020**



**Vergleichskennzahlen und Lastprofile der Systemkomponenten in den Produktionsverfahren**

Fachliche Unterstützung und Schulung der Projektmitarbeiter des **Beraternetzwerks „LandSchafttEnergie“** im Bereich Energieeffizienz und -einsparung in der Landwirtschaft;  
Projektlaufzeit: I/2013 bis **IV/2021**



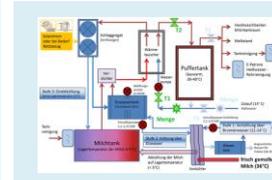
**Fachliche Unterstützung + Energiecheck für die Landwirtschaft**

**Demonstrations-PV-Anlage** an der Versuchsstation Grub - Auswertung und Visualisierung der Solarerträge und dem Stromverbrauch des Milchviehstalls



**Solardaten + Lastprofile**

Einrichtung, Erprobung und Demonstration eines Energiespeichers für PV-Strom in Form von **Eiswasser zur Milchkühlung** an der Versuchsstation Grub;  
Abschlussbericht: **IV/2019**



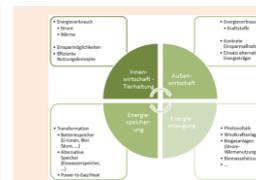
**Energiedaten + Infos**

Energieerzeugung und Energieverwendung am LVFZ Almesbach - Visualisierung der **Energiedaten** für den Wissenstransfer;  
Projektlaufzeit: II/2017 bis **IV/2020**



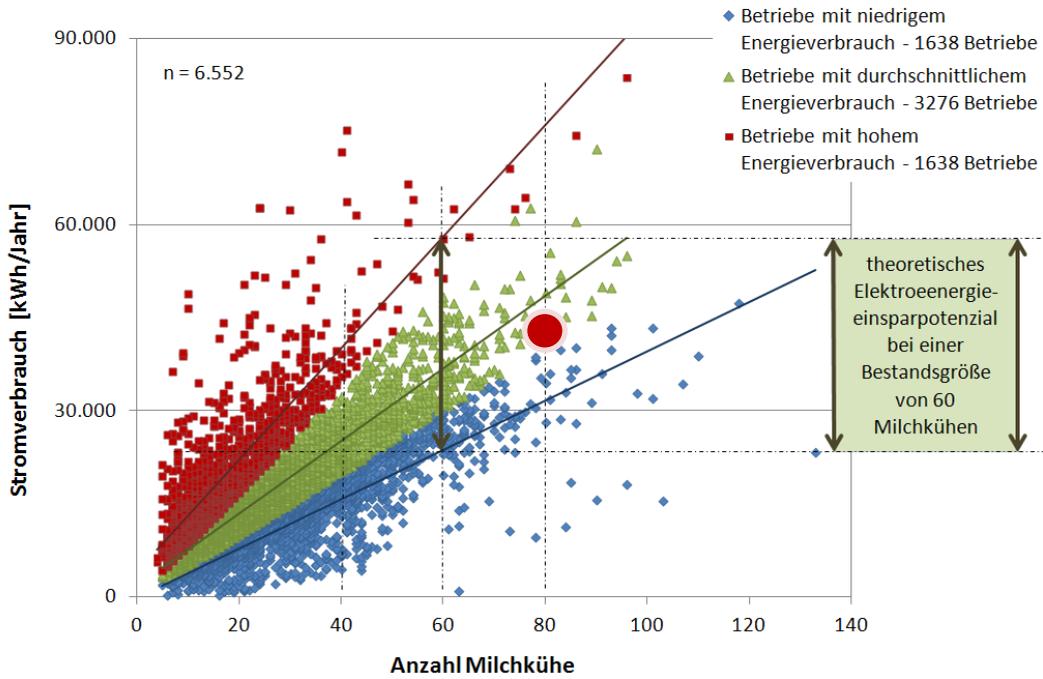
**Visualisierung der Energiedaten**

**Aktuell:** **Optimierung der Energieeigennutzung mit vernetzten Energiesystemen auf landwirtschaftlichen Betrieben**  
Projektlaufzeit: **I/2021 bis IV/2023**

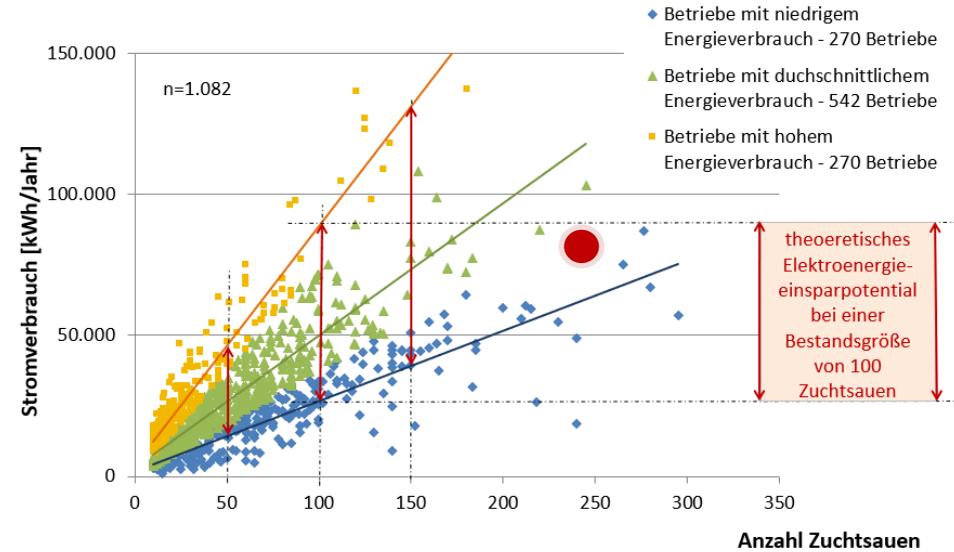


**Einbindung am Betrieb eigenerzeugter regenerativer Energieträger**

# Einsparpotenziale in den Produktionsverfahren



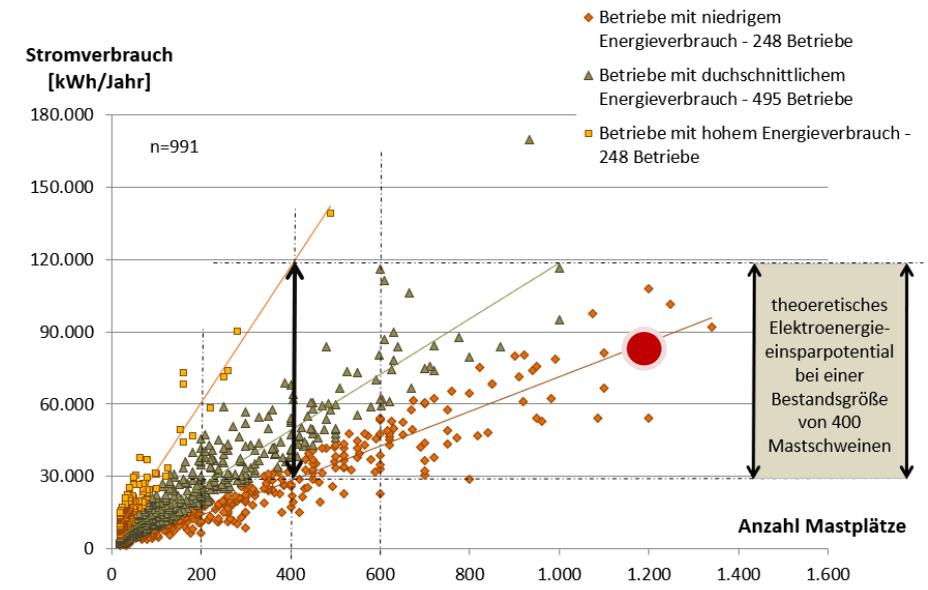
**Praxisbetrieb 80 MK:**  
 Stromverbrauch ca. 45.000 kWh/Jahr  
 bzw. 560 kWh/Kuh/Jahr



PB: ca. 78.000 kWh/Jahr  
 ca. 310 kWh/ZS



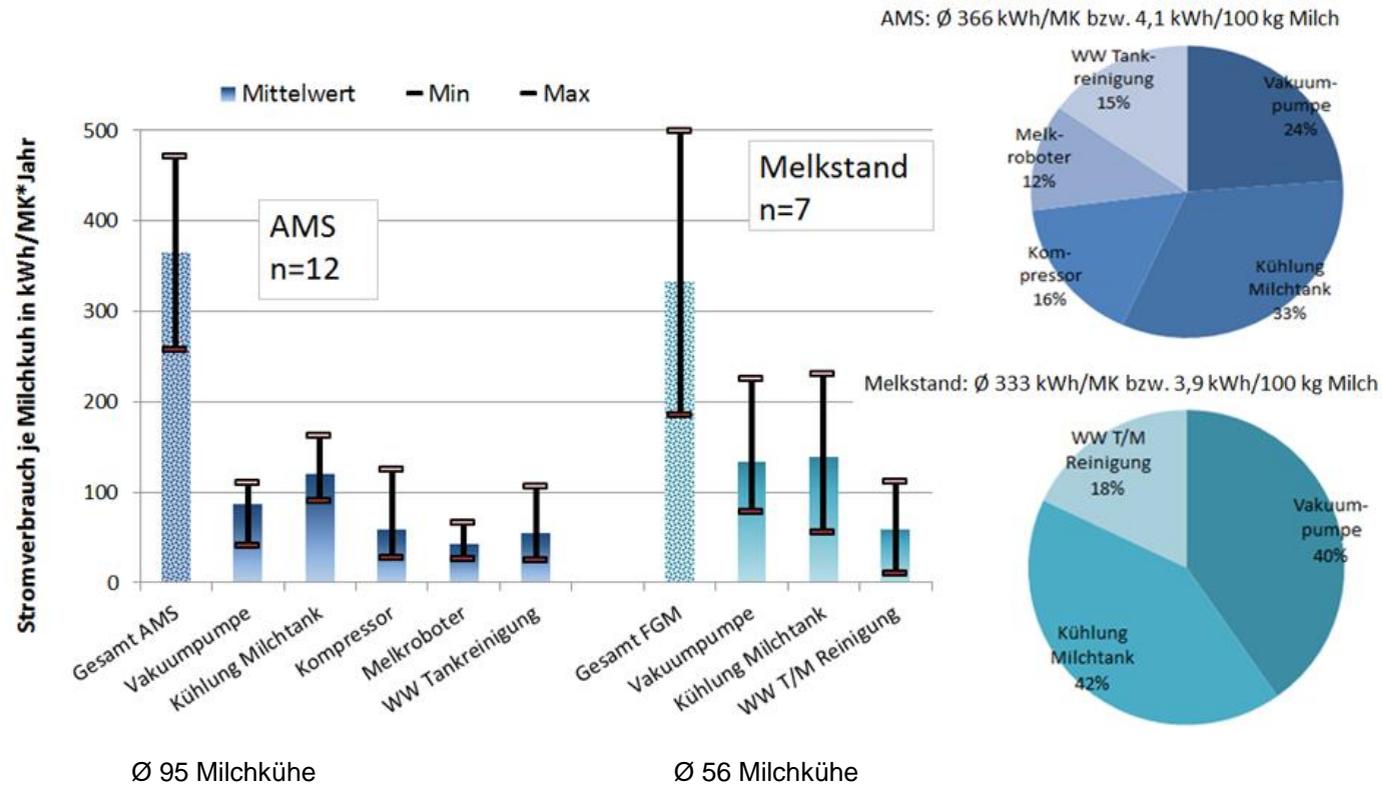
PB: ca. 84.000 kWh/Jahr  
 ca. 70 kWh/MP



# Energieeinsatz in Milchviehbetrieben

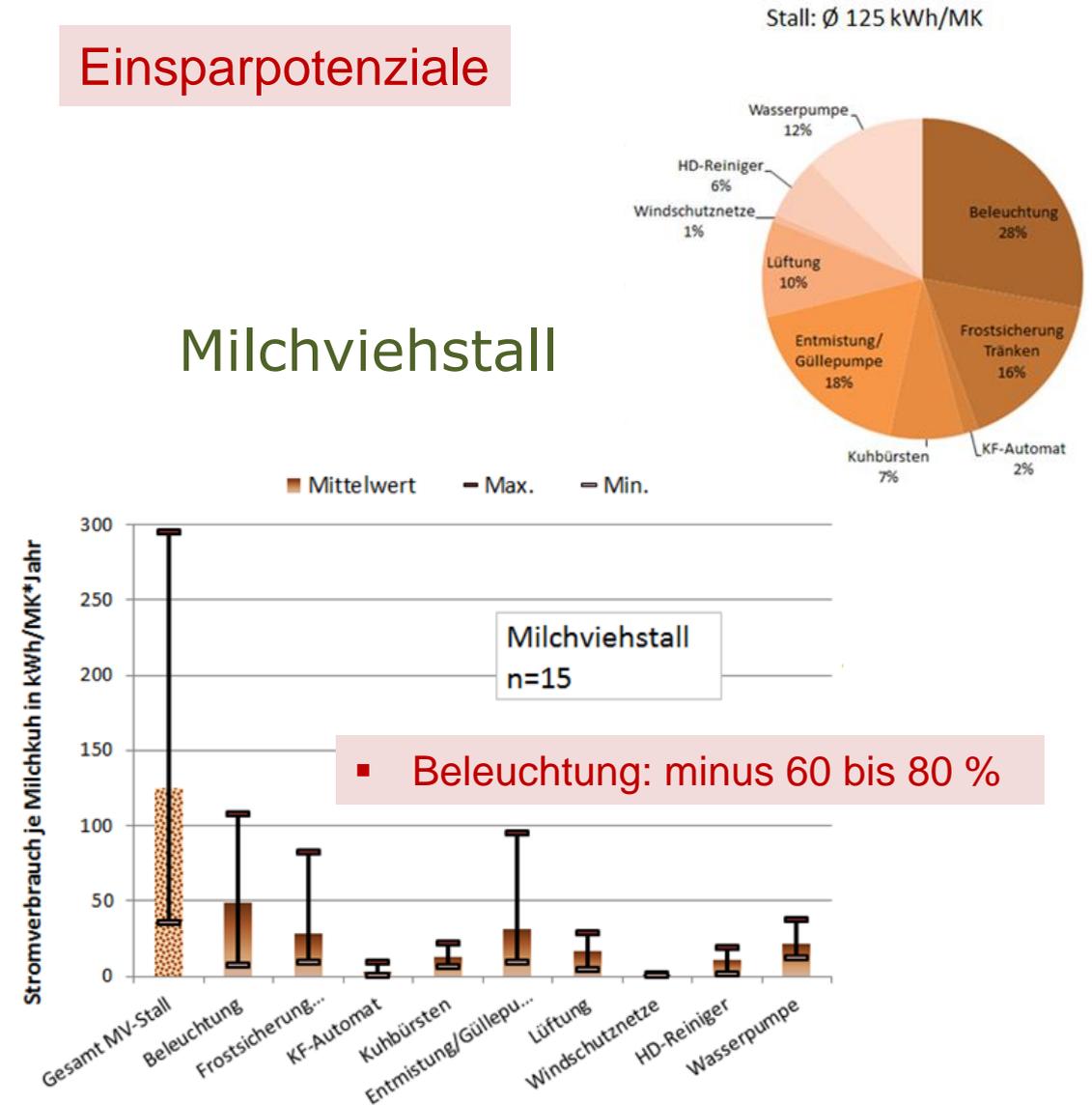


## Milchgewinnung



## Einsparpotenziale

## Milchviehstall

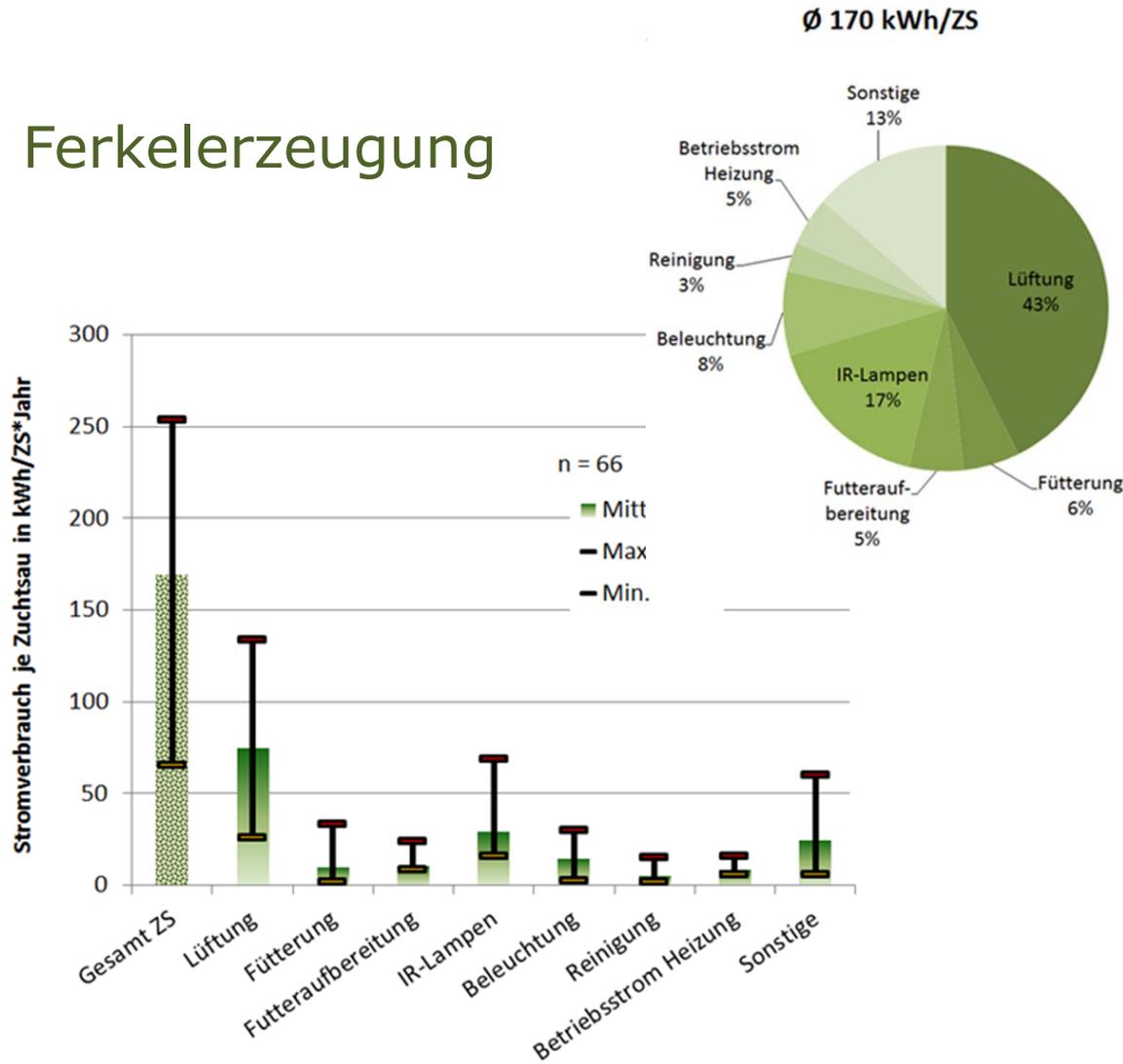


- frequenzgeregelte Vakuumpumpe: minus 40%
- Vorkühlung der Milch: minus 40 bis 60 %

# Energieeinsatz in der Schweinehaltung



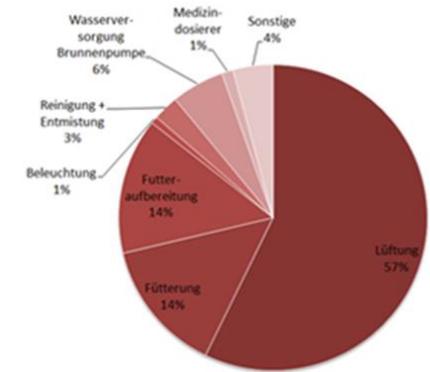
## Ferkelerzeugung



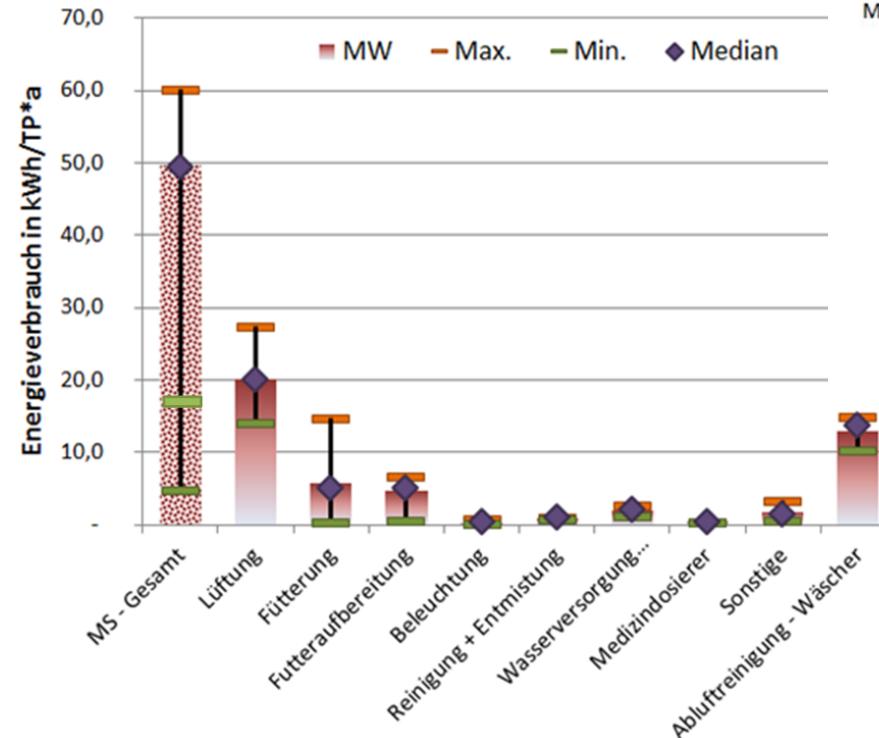
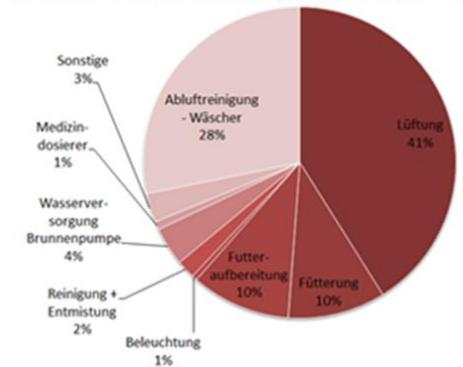
## Einsparpotenziale

- moderne Regelungstechnik: minus 20 bis 60%
- Beleuchtung: minus 60 bis 80%
- frequenzgeregelte Umwälzpumpen: minus 20 bis 60 %

Mastbetriebe ohne Abluftreinigung: 27,7 kWh/MP\*Jahr



Mastbetriebe mit Abluftreinigung: 55,5 kWh/MP\*Jahr



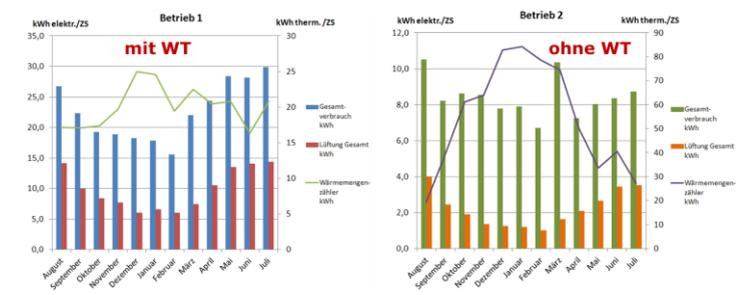
## Schweinemast

# Heizenergieeinsatz in Ferkelerzeugerbetrieben



## Einsparmöglichkeiten

Hauptziel beim Einsatz von Wärmetauschern ist die **Verringerung von Wärmeverlusten** durch die Lüftung. Eine damit verbundene Energieeinsparung und effizientere Nutzung von fossilen Energieträgern führt darüber hinaus zu einer **Reduzierung von CO2-Emissionen**.



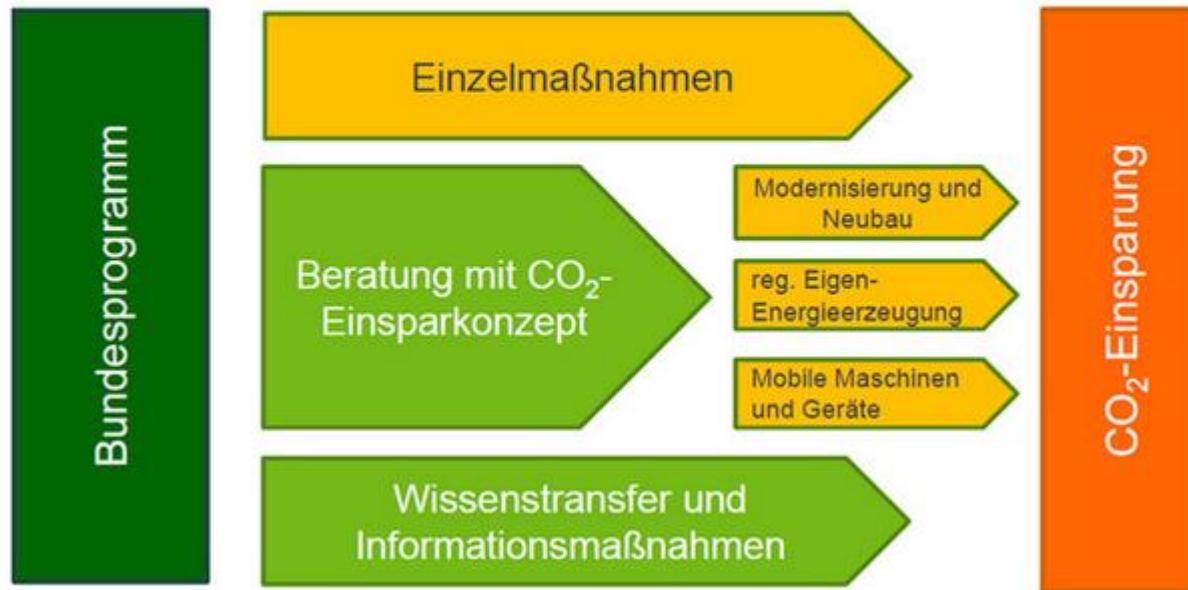
**CO2-Emission**

- 03: 12.880 kg
- 04: 2.260 kg

## Exkurs: Bundesprogramm zur Förderung der Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Einsparung in der Landwirtschaft und im Gartenbau

Förderfähige Vorhaben

Beratung, Wissenstransfer und Informationsmaßnahmen



**aktualisiert**

Merkblatt CO<sub>2</sub>-Einsparkonzept

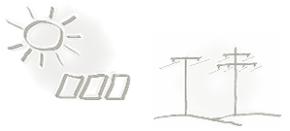
### Änderungen der CO<sub>2</sub>-Faktoren

| Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren nach Energieträgern |                         |                        |   |                                    |
|--|-------------------------|------------------------|---|------------------------------------|
| Energieträger  | CO <sub>2</sub> -Faktor | Einheit                | CO <sub>2</sub> -Faktor                 | Einheit                            |
| Strom Inland   | 0,427                   | t CO <sub>2</sub> /MWh | <b>2016: 0,562 t CO<sub>2</sub>/MWh</b> |                                    |
| Heizöl leicht  | 0,266                   | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,0028994                               | t CO <sub>2</sub> /lLiter          |
| Flüssiggas   | 0,239                   | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,00305203                              | t CO <sub>2</sub> /kg              |
| Erdgas   | 0,201                   | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,00196377                              | t CO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> |
| Diesel   | 0,266                   | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,00264936                              | t CO <sub>2</sub> /Liter           |
| Biomasse Holz  | 0,027                   | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,00010989                              | t CO <sub>2</sub> /kg              |
| Pellets  | 0,036                   | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,00018                                 | t CO <sub>2</sub> /kg              |
| Biomethan  | 0,0606                  | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,000606                                | t CO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> |
| Biogas   | 0,152                   | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,00076                                 | t CO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> |
| Rapsölkraftstoff   | 0,0964                  | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,0009264                               | t CO <sub>2</sub> /liter           |
| Bioethanol   | 0,03975                 | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,0002322                               | t CO <sub>2</sub> /liter           |
| Pflanzenöl   | 0,09639                 | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,0009185                               | t CO <sub>2</sub> /liter           |
| Biodiesel  | 0,06676                 | t CO <sub>2</sub> /MWh | 0,00060351                              | t CO <sub>2</sub> /liter           |

Antrags- und Bewilligungsbehörde ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) <http://www.ble.de/>

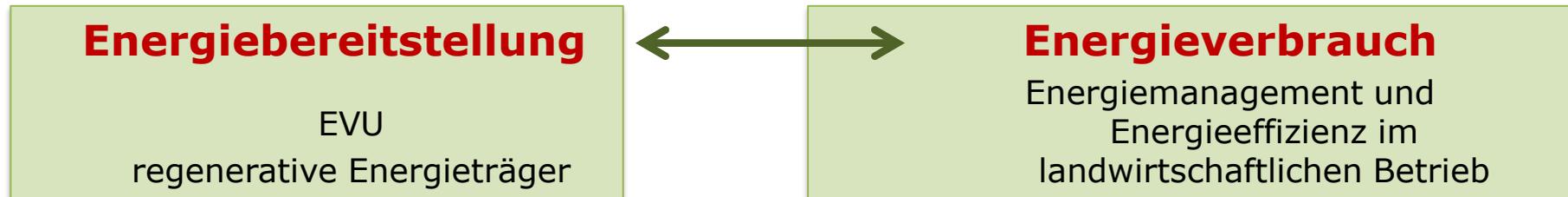
Antragsstellung erfolgt über Förderportal des Bundes easy-Online <https://foerderportal.bund.de>

# Intelligente Energieeigennutzung - Voraussetzungen



Die Nutzung **eigenerzeugter regenerativer Energien** bietet eine Möglichkeit für den landwirtschaftlichen Betrieb, unabhängiger von volatilen Energiepreisen zu werden und gleichzeitig die Energiekosten zu reduzieren.

Um regenerativ erzeugte Energie bestmöglich in das landwirtschaftliche Lastprofil einzubinden und zu nutzen:



PV: Möglichkeiten zur Optimierung des Eigenstromverbrauchs

- **Lastverschiebung:** Anpassung des Stromverbrauchs an die Stromerzeugung
- **Ausrichtung der PV-Anlage:** Verlängerung der solaren Einstrahlungszeiten (Ost-West)
- **Technische Ausstattung:** Automatisierung (Melk-, Fütterungs-, Entmistungssysteme)
- **Auslegung der Anlagengröße an den Energieverbrauch:** Grund-, Spitzenlast
- **Speicherung und bedarfsbezogene Nutzung:** Batteriespeicher (Blei-Säure, Lithium-Ionen), Druckluftspeicher, Eisspeicher in der LW für die Milchkühlung
- **Sektorenkopplung + Energiemanagement**

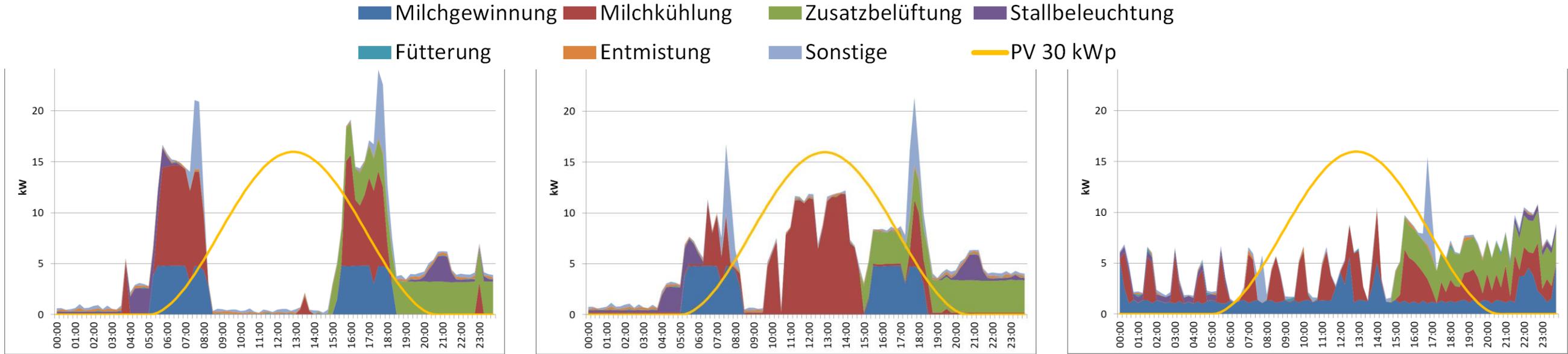
# Lastprofile in Milchviehbetrieben – Vergleich



Lastprofile in Milchviehbetrieben mit unterschiedlichen **Melksystemen** (AMS – FGM) und **Kühlanlagen** (Direkt- + Eiswasserkühlung mit Speicher)

120 Milchkühe;  
8.500 kg Milch/Kuh/a

Solarstromerzeugung der 30 kWp PV-Anlage: **30.000 kWh/a** (Süd)



FGM + Direktkühlung

FGM + Eiswasserkühlung + Speicher

AMS + Direktkühlung

**Stromverbrauch Milchviehstall**

47.160 kWh/a

20,1 t CO<sub>2</sub>

49.162 kWh/a

20,9 t CO<sub>2</sub>

49.497 kWh/a

21,1 t CO<sub>2</sub>

**Eigenstromnutzung**

33,1 %

13,5 t CO<sub>2</sub>

58,8 %

8,6 t CO<sub>2</sub>

55,3 %

9,5 t CO<sub>2</sub>

**Batteriespeicher 20 kWh Nutzkapazität**

53,7 %

9,3 t CO<sub>2</sub>

77,2 %

4,8 t CO<sub>2</sub>

71,3 %

6,1 t CO<sub>2</sub>

**Autarkiegrad**

21,1 % / 34,2 %

34,1 % / 44,7 %

33,5 % / 43,2 %

**Batteriespeicher 20 kWh Nutzkapazität**

# Praxisbeispiel: DBU Umweltkommunikationsprojekt – Leuchtturmbetrieb Bayern



160 Milchkühe

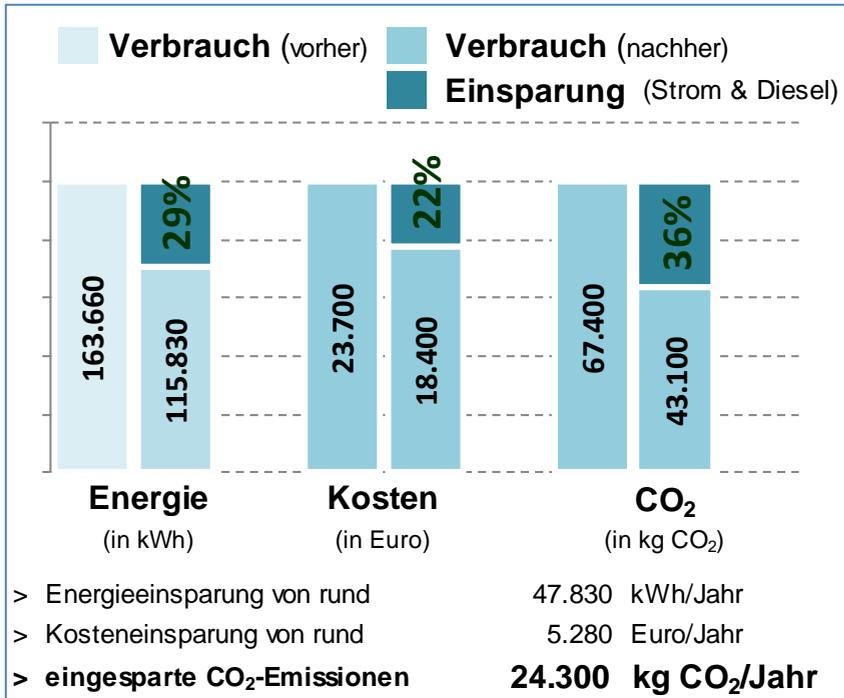
Stallbezug: 2011

Um die täglichen Arbeitsspitzen zu entzerren hat sich der Betriebsleiter für **automatisierte Systeme** bei der **Milchgewinnung** und **Grundfuttermalage** entschieden.

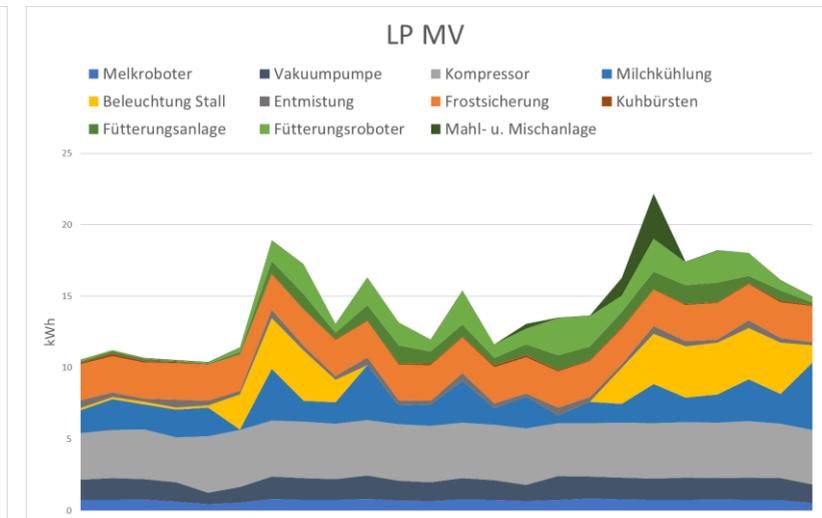
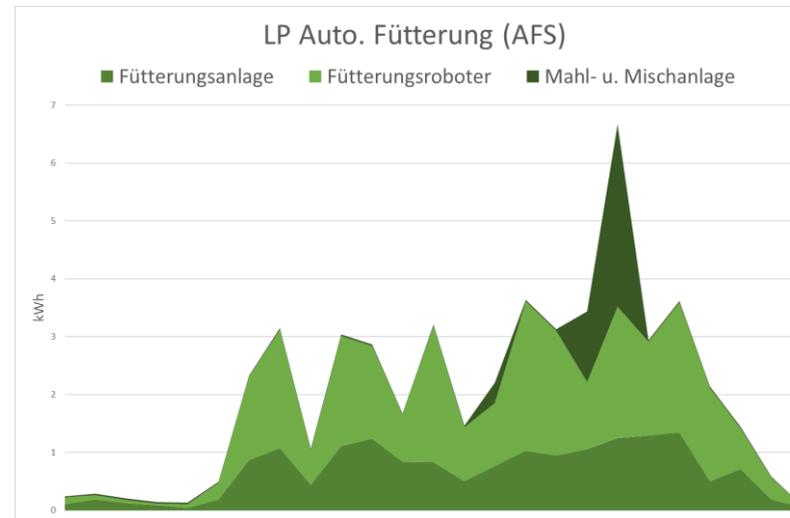


Photovoltaik-Einspeiseanlage: 191 kWp

| Die Maßnahmen (Einsparungen)            | in kWh/a       | in €/a | in kg CO <sub>2</sub> /Jahr |
|---|----------------|--------|-----------------------------|
| Milchvorkühlung                         | 7.360          | 1.470  | 4.140                       |
| Umrüstung auf LED                       | 7.760          | 1.550  | 4.360                       |
| Elektrifizierung Auto. Fütterung        | 5.850   Diesel | 140    | 950                         |
| PV-Eigenstrom (Ersatz fossiler Energie) | 26.420         | 2.110  | 14.850                      |



Stromverbrauch AFS: 25.650 kWh/a  
 PV 40 kWp: 40.000 kWh  
 Eigenverbrauchsanteil: 66 %, mit 20 kWh Speicher: 77% (≙ 4.240 kWh)

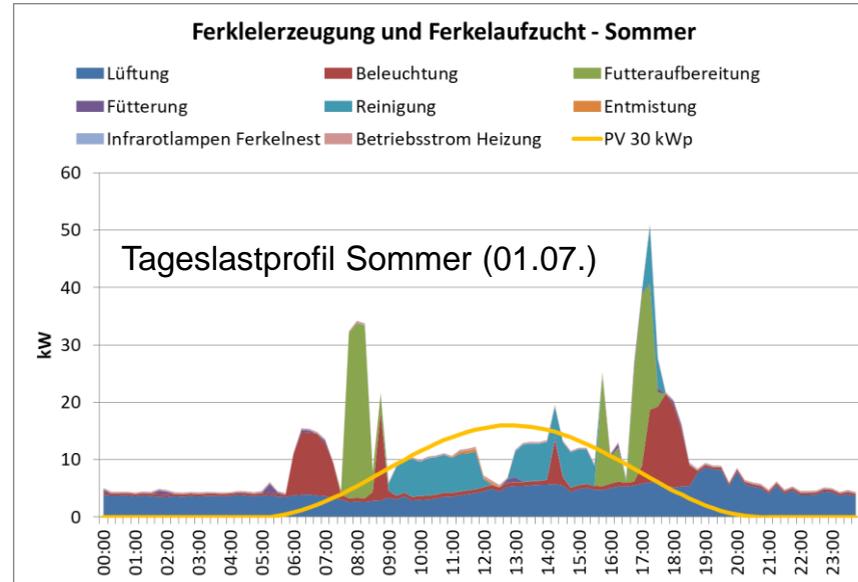
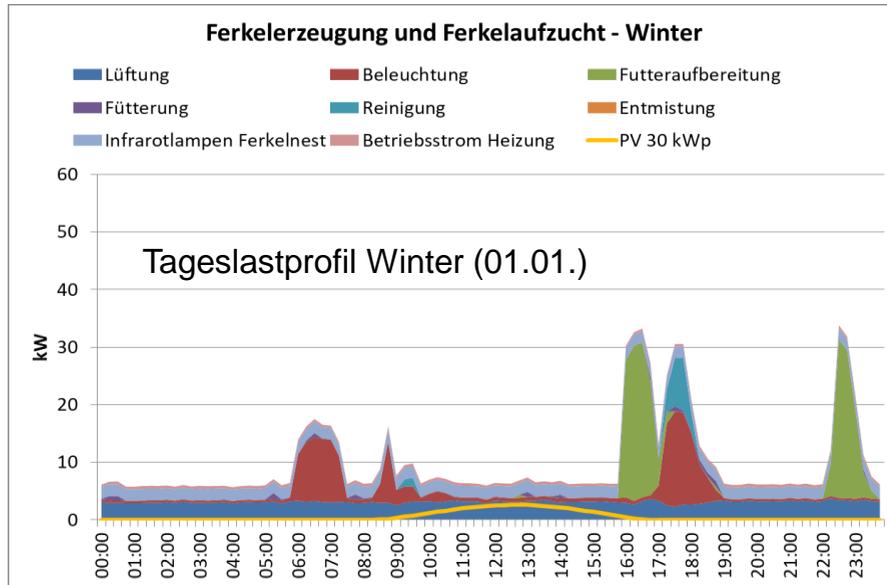


Mit aktuellen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren:  
**22.290 kg CO<sub>2</sub>/Jahr**

# Lastprofile in der Ferkelerzeugung und Ferkelaufzucht

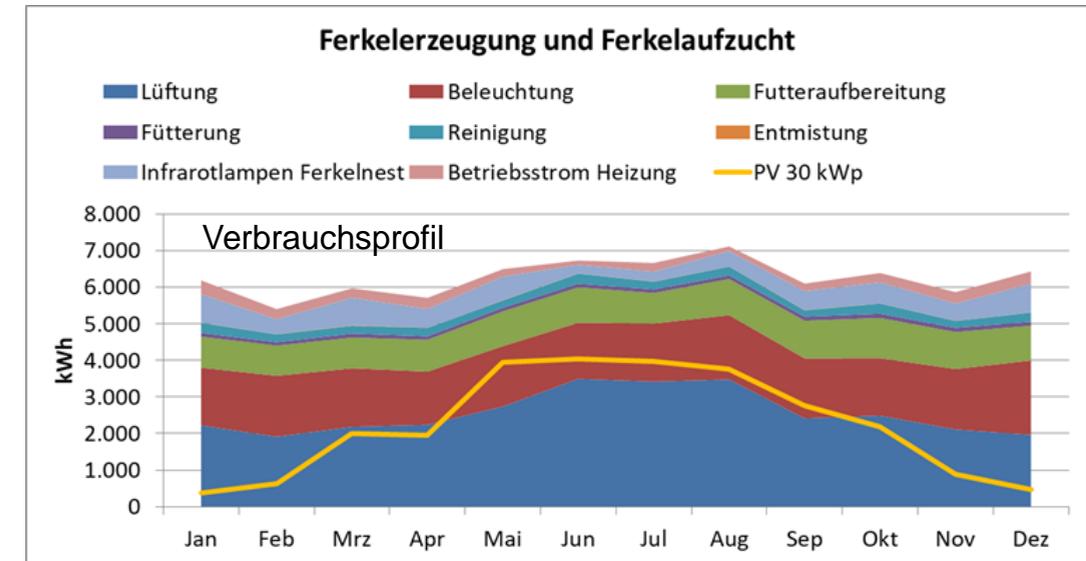


**Verbrauchsprofil Ferkelerzeugung (374 ZS) und Ferkelaufzucht (1.326 Ferkelplätze)**



## Strombilanz landwirtschaftlicher Betrieb

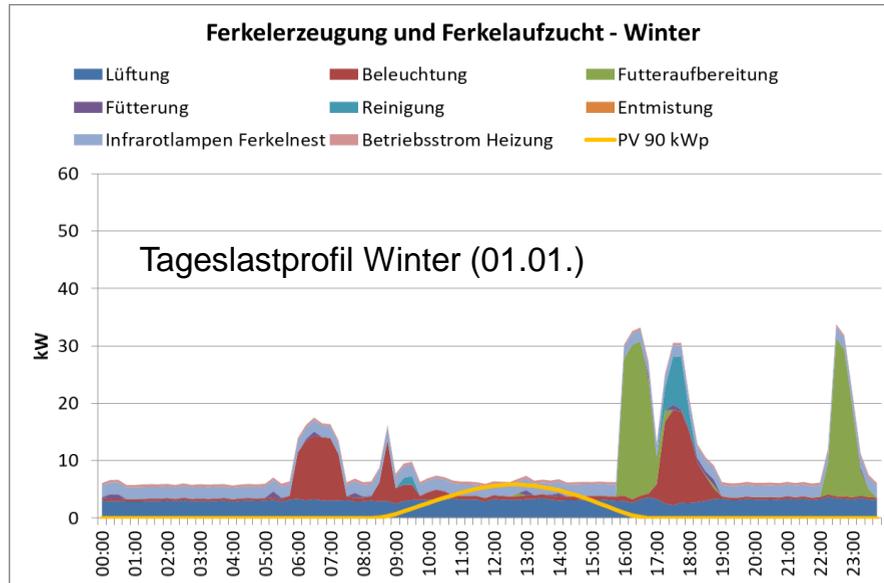
|   |                  |                           |                     |
|---|------------------|---------------------------|---------------------|
| <b>PV-Anlage</b>                          |                  | <b>Stromerzeugung:</b>    | <b>30.000 kWh/a</b> |
| PV [kWp]                                  | 30 kWp           |                           |                     |
| PV [kWh/kWp*a]                            | 1000 kWh/kWp*a   |                           |                     |
| Ausrichtung                               | Süd              |                           |                     |
| <b>Ferkelerzeugung und Ferkelaufzucht</b> |                  | <b>Strombedarf:</b>       | <b>75.078 kWh/a</b> |
| Tierplätze Zuchtsauen                     | 374 Tierplätze   |                           |                     |
| Tierplätze Ferkelaufzucht                 | 1.326 Tierplätze |                           |                     |
| <b>Strombilanz</b>                        |                  | <b>mit 20 kW Speicher</b> |                     |
| Eigenverbrauch PV                         | 19.677 kWh/a     | →                         | 23.824 kWh/a        |
| Netzbezug                                 | 55.401 kWh/a     |                           | 51.255 kWh/a        |
| PV-Überschuss                             | 10.323 kWh/a     |                           | 6.176 kWh/a         |
| Eigenverbrauchsanteil [%]                 | 65,6 %           |                           | 79,4 %              |
| Autarkiegrad [%]                          | 26,2 %           |                           | 31,7 %              |



# Lastprofile in der Ferkelerzeugung und Ferkelaufzucht



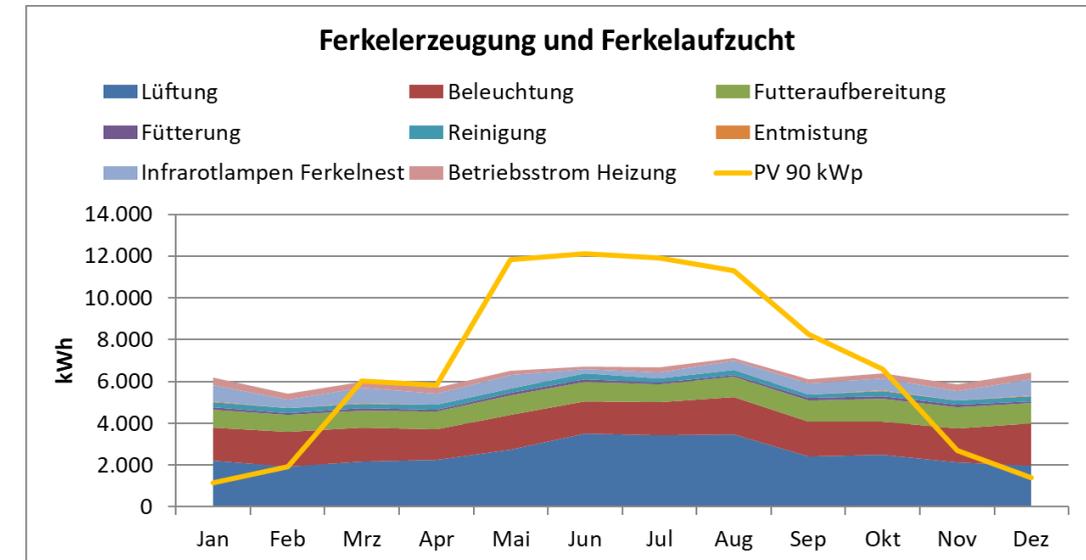
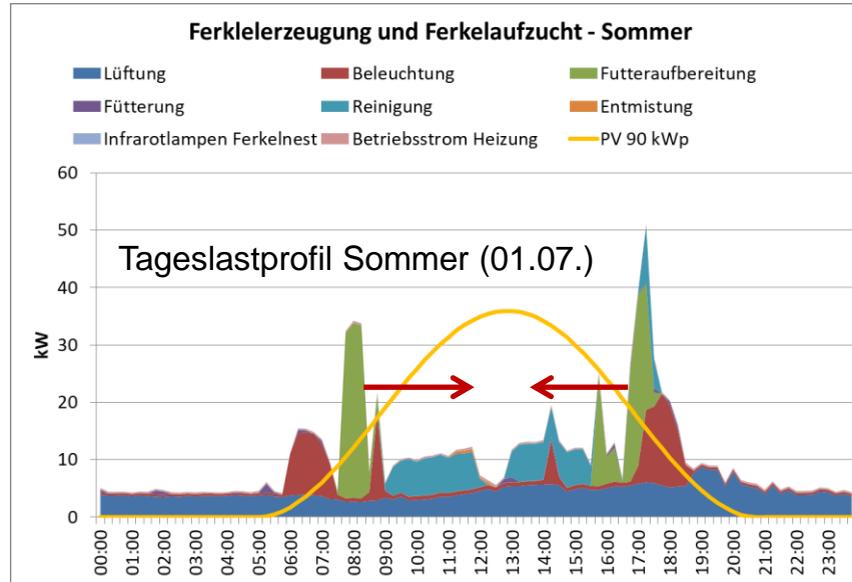
**Verbrauchsprofil Ferkelerzeugung (374 ZS) und Ferkelaufzucht (1.326 Ferkelplätze)**



**Strombilanz landwirtschaftlicher Betrieb**

|   |                  |                           |                     |
|---|------------------|---------------------------|---------------------|
| <b>PV-Anlage</b>                          |                  | <b>Stromerzeugung:</b>    | <b>90.000 kWh/a</b> |
| PV [kWp]                                  | 90 kWp           |                           |                     |
| PV [kWh/kWp*a]                            | 1000 kWh/kWp*a   |                           |                     |
| Ausrichtung                               | <b>Süd</b>       |                           |                     |
| <b>Ferkelerzeugung und Ferkelaufzucht</b> |                  | <b>Strombedarf:</b>       | <b>75.078 kWh/a</b> |
| Tierplätze Zuchtsauen                     | 374 Tierplätze   |                           |                     |
| Tierplätze Ferkelaufzucht                 | 1.326 Tierplätze |                           |                     |
| <b>Strombilanz</b>                        |                  | <b>mit 20 kW Speicher</b> |                     |
| Eigenverbrauch PV                         | 29.923 kWh/a     | →                         | 36.248 kWh/a        |
| Netzbezug                                 | 45.155 kWh/a     |                           | 38.831 kWh/a        |
| PV-Überschuss                             | 60.077 kWh/a     |                           | 53.752 kWh/a        |
| Eigenverbrauchsanteil [%]                 | <b>33,2 %</b>    |                           | <b>40,3 %</b>       |
| Autarkiegrad [%]                          | <b>39,9 %</b>    |                           | <b>48,3 %</b>       |

**Auslegung der Anlagengröße an den Energieverbrauch + Lastverschiebung**



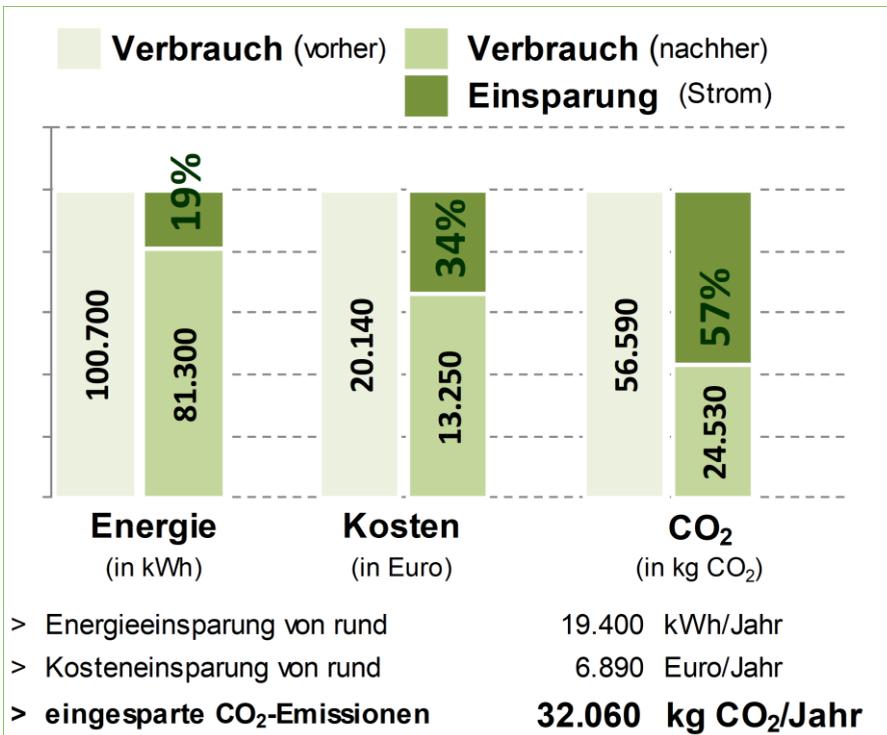
# Praxisbeispiel: DBU Umweltkommunikationsprojekt – Leuchtturmbetrieb Bayern



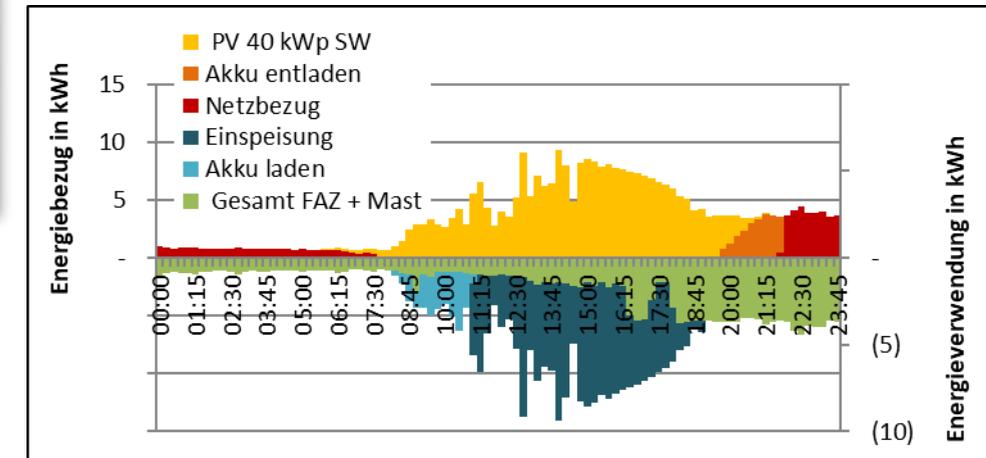
300 Zuchtsauen (Hofstelle)  
 1440 Ferkelaufzuchtplätze (2008)  
 960 Mastplätze (2017)  
 Photovoltaik-Einspeiseanlage

| Die Maßnahmen (Einsparungen)                   | in kWh/a | in kg CO <sub>2</sub> /Jahr |
|--|----------|-----------------------------|
| Lüftungstechnik                                | 12.240   | 6.880                       |
| Umrüstung auf LED                              | 3.890    | 2.190                       |
| Frequenzgeregelter Umwälzpumpen                | 3.270    | 1.840                       |
| Eigenstromnutzung PV (Ersatz fossiler Energie) | 37.640   | 21.150                      |

|                                 |                     |                 |       |
|---------------------------------|---------------------|-----------------|-------|
| Lüftungstechnik                 | 7.760<br>Zuchtstall | 4.480<br>FAZ    | kWh/a |
| Umrüstung auf LED               | 3.220<br>Zuchtstall | 670<br>FAZ+Mast | kWh/a |
| Frequenzgeregelter Umwälzpumpen | 2.790<br>Zuchtstall | 480<br>FAZ      | kWh/a |



2 x PV 40 kWp: 40.000 kWh  
 Eigenverbrauchsanteil ZS: 50%,  
 mit je 20 kWh Speicher: 62% (≙ 5.200 kWh)  
 Eigenverbrauchsanteil FAZ + Mast: 42%,  
 mit je 20 kWh Speicher: 56% (≙ 5.500 kWh)



Mit aktuellen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren:  
 24.360 kg CO<sub>2</sub>/Jahr

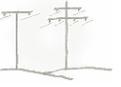
# Automatisierung, Elektrifizierung und Energiespeicher



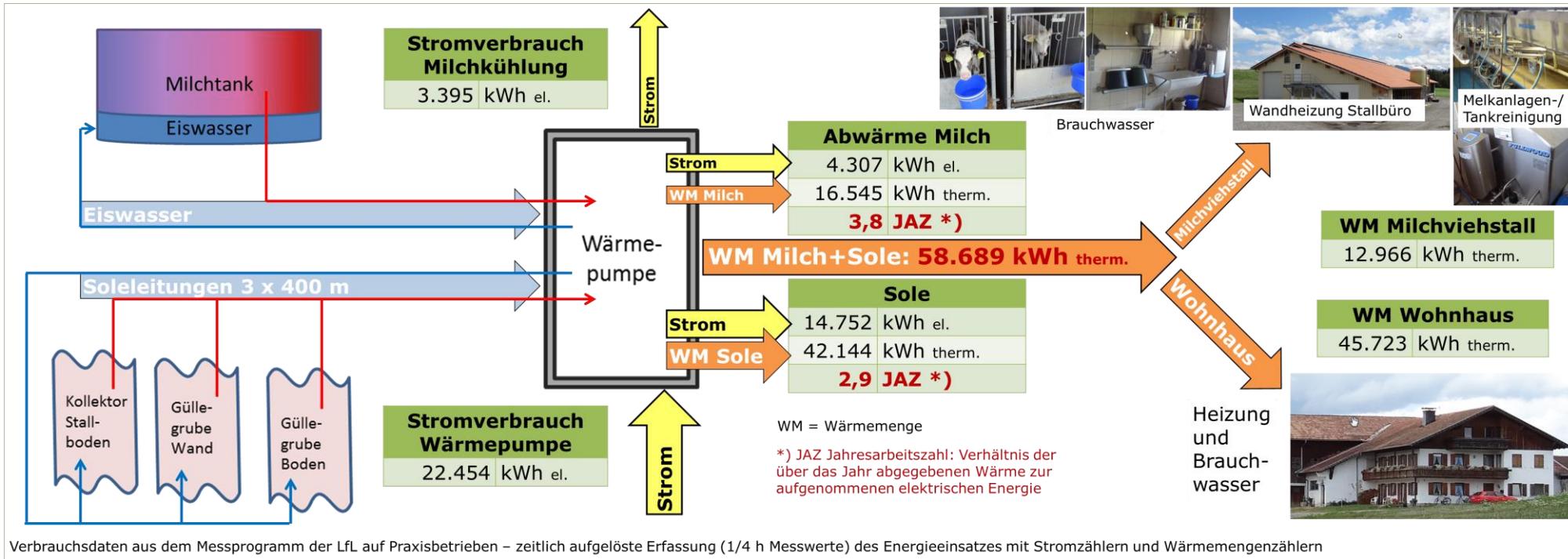
Neben **stationären Batteriespeichern**, stehen durch die zunehmende Elektrifizierung von Arbeits- und Antriebsmaschinen vermehrt auch **mobile Speicher** auf den Betrieben zur Verfügung, die in einem gewissen Rahmen **zeitlich flexibel** aufgeladen werden können.



# Sektorenkopplung



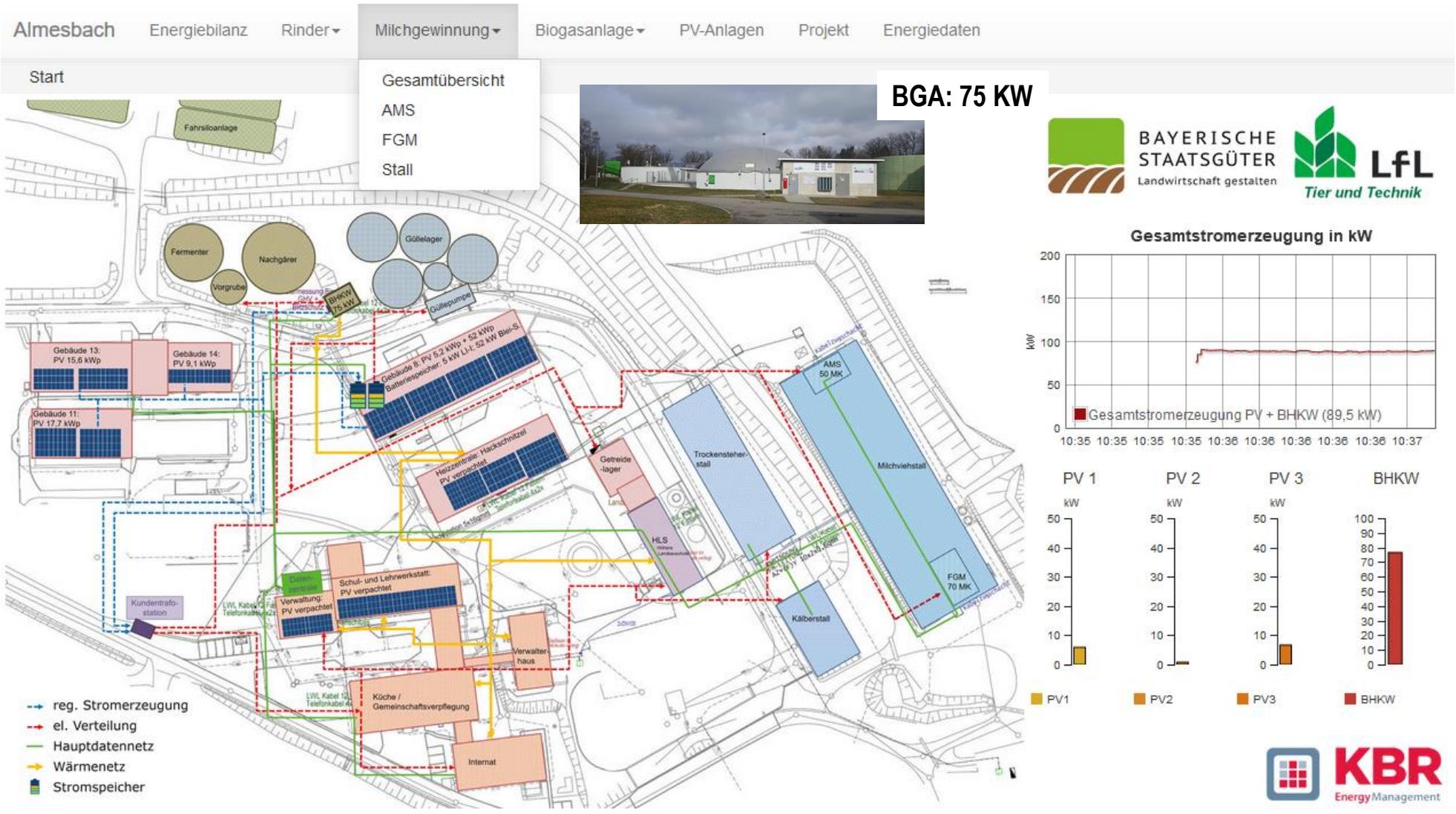
Technische Anlagen und Verfahren wie die Eiswasserproduktion für die Milchkühlung oder die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen (Sektorenkopplung) bieten weitere Möglichkeiten die selbst produzierte Energie vermehrt zu nutzen.



**Milchabwärme + Sole-Wasser Wärmepumpe** für die Produktion von Eiswasser zur Abkühlung der Milch, sowie der Erhitzung von Brauch- und Heizwasser für Stall und Wohngebäude



# Erfassung und Visualisierung der Energieflüsse mit EMS



## Energieerzeugung

- PV1:**  
Gebäude 13 (15,6 kWp),  
Gebäude 14 (9,1 kWp),  
Gebäude 11 (17,68 kWp)
- PV2:**  
Gebäude 8 (5,2 kWp)  
mit Lithiumspeicher 5 KW, 90% nutzbar
- PV3:**  
Gebäude 8 (52 kWp)  
mit Bleispeicher 31 KW, 50% nutzbar

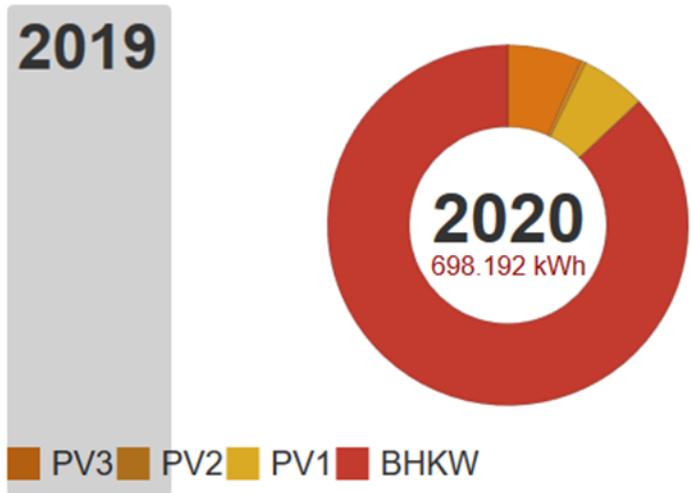
## Energieeinsatz

- Milchvieh-, Trockensteher-,  
Kälberstall:** 120 Milchkühe  
(70 FGM, 50 AMS)
- Verwaltungs-, Werkstatt-,  
Betriebseinrichtungen;  
Schule + Internat inkl.  
Kantine**

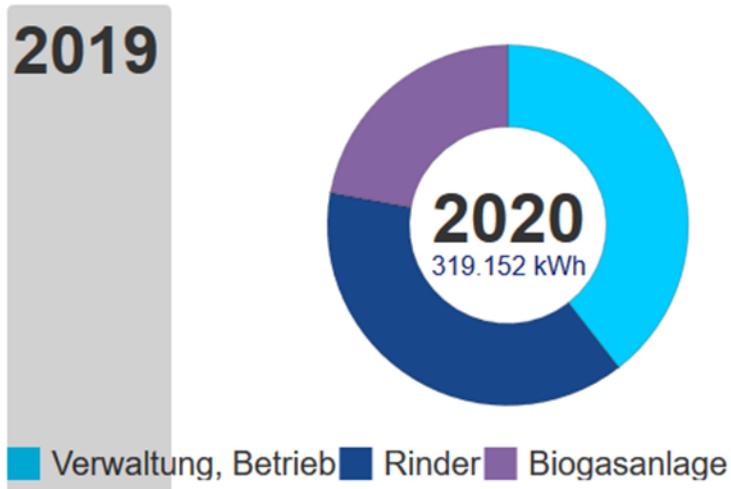
# Energieerzeugung und Energieeinsatz



## Eigenerzeugung

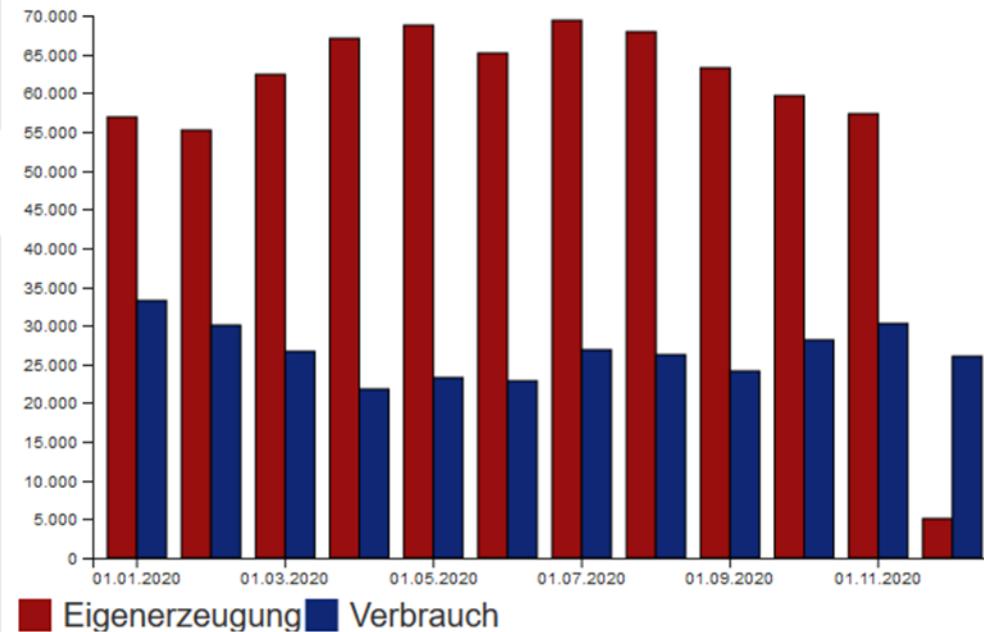


## Verbrauch



2021

- 1 = Tagesansicht
- 7 = Wochenansicht
- 31 = Monatsansicht
- 4 = Quartalsansicht
- 12 = Jahresansicht



BAYERISCHE  
STAATSGÜTER  
Landwirtschaft gestalten





Die gesamtbetriebliche Erfassung der Daten- und Energieflüsse dient als Grundlage für eine künftige Steuerung von Energiebereitstellung und Energieverteilung.

Vernetzte Energiesysteme sind hierbei essentielle Bestandteile, um eine dezentrale und intelligente Energieverteilung, gerade im Hinblick auf eine verbesserte Integration erneuerbarer Energien, zu realisieren.

Mit zunehmender Automatisierung und Elektrifizierung von Maschinen und Anlagen wird die Nutzung eigenproduzierter regenerativer Energie einen wichtigen Beitrag für eine umweltverträgliche Gestaltung von landwirtschaftlichen Produktionsprozessen leisten.



**Josef Neiber**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT)

Arbeitsbereich: Umwelttechnik in der Landnutzung

Koordination Energiemanagement Landwirtschaft

Vöttinger Straße 36

85354 Freising

Telefon 08161/8640-3930

[josef.neiber@lfl.bayern.de](mailto:josef.neiber@lfl.bayern.de)

[www.lfl.bayern.de](http://www.lfl.bayern.de)

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**