



Energieeffizienz in der Landwirtschaft

Von der Theorie zur Praxis – Energieverbrauchsmessungen an landwirtschaftlichen Betrieben

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Arbeitsbereich: Umwelttechnik in der Landnutzung

Arbeitsgruppe: Emissionen und Immissionsschutz

Josef Neiber
Haus Düsse, 30.01.2014



- **Kenngößen zum Energieverbrauch:**
Auswertung von Stromverbrauchsdaten und Energieverbrauchsmessungen auf landwirtschaftlichen Praxisbetrieben
- **Energieberatung in Bayern**
Bewertung des Energieverbrauchs und Auswertungen aus Rückläufen
- **Energiemanagement**
Lastprofile landwirtschaftlicher Produktionsverfahren und Eigenstromnutzung (PV)



- Ermittlung von Vergleichskennzahlen als Datengrundlage für die Beratung
- Entwicklung von Ansatzpunkten zur Energieeinsparung unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit

Problem: Spezifische Energieverbrauchsdaten der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren und Anlagen liegen nicht umfassend vor

1. Arbeitsschritt:

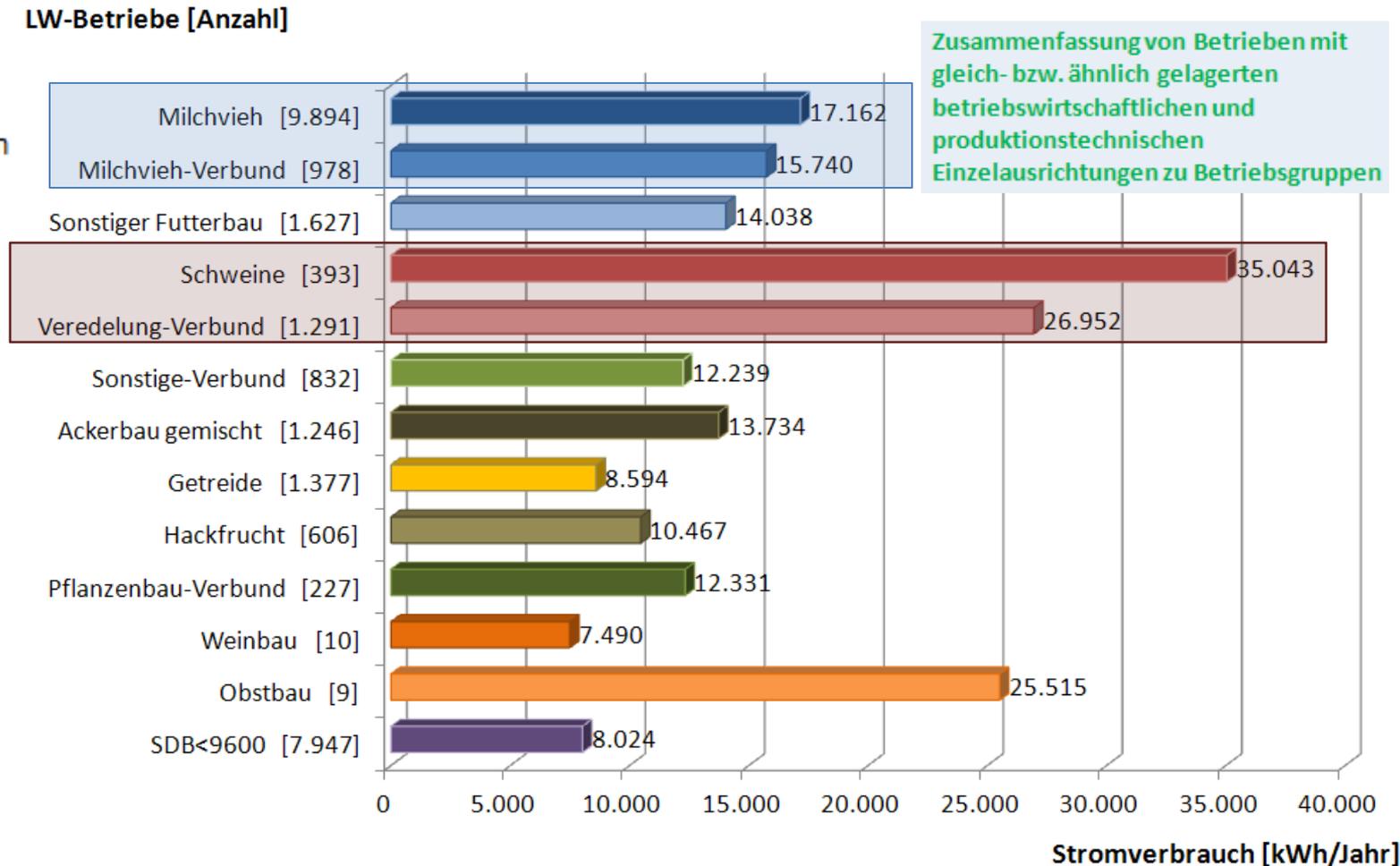
Auswertung von betriebsbezogenen Stromverbrauchsdatensätzen (EVU) zur Festlegung von Durchschnittswerten zum Energieverbrauch

Ø Elektroenergieverbrauch nach Betriebsschwerpunkt



Der gesamte Stromverbrauch aller 26.439 ausgewerteten landwirtschaftlichen Betriebe liegt bei ca. 370 GigaWh/a. Die Betriebe bewirtschaften insgesamt 721.136 ha LF. Der durchschnittliche Stromverbrauch liegt bei 13.984 kWh/a und die durchschnittlich bewirtschaftete Fläche beträgt 27,27 ha LF.

Ø Energieverbrauch nach Zugehörigkeit zur Betriebsgruppe

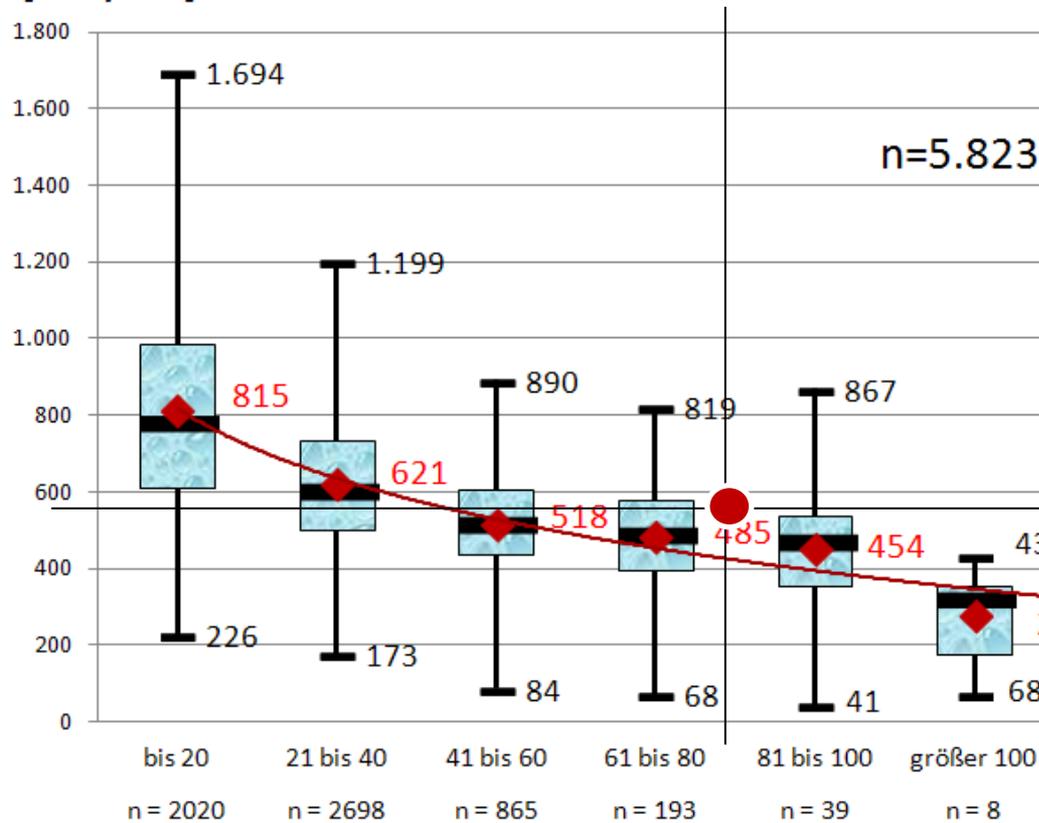


Durchschnittlicher Elektroenergieverbrauch je Milchkuh in Abhängigkeit von Betriebsgrößenklassen



Ø Stromverbrauch je Milchkuh [kWh/Jahr]

Ø Stromverbrauch 640 kWh/MV a
AEL-Planungsdaten: 400 kWh/MV a



I Spannweite des Ø Elektroenergieverbrauchs (95 % aller Betriebe)

Interquartilsabstand vom Ø Elektroenergieverbrauch (50 % aller Betriebe)

Median des Ø Elektroenergieverbrauchs

Arithmetischer Mittelwert des Ø Elektroenergieverbrauchs

PB: ca. 560 kWh/MK/Jahr

Ø Anzahl der Milchkuhe pro Betrieb
n = Anzahl der ausgewerteten Betriebe

Durchschnittlicher Elektroenergieverbrauch je Zuchtsau in Abhängigkeit von Betriebsgrößenklassen



Ø Stromverbrauch je Zuchtsau [kWh/Jahr]

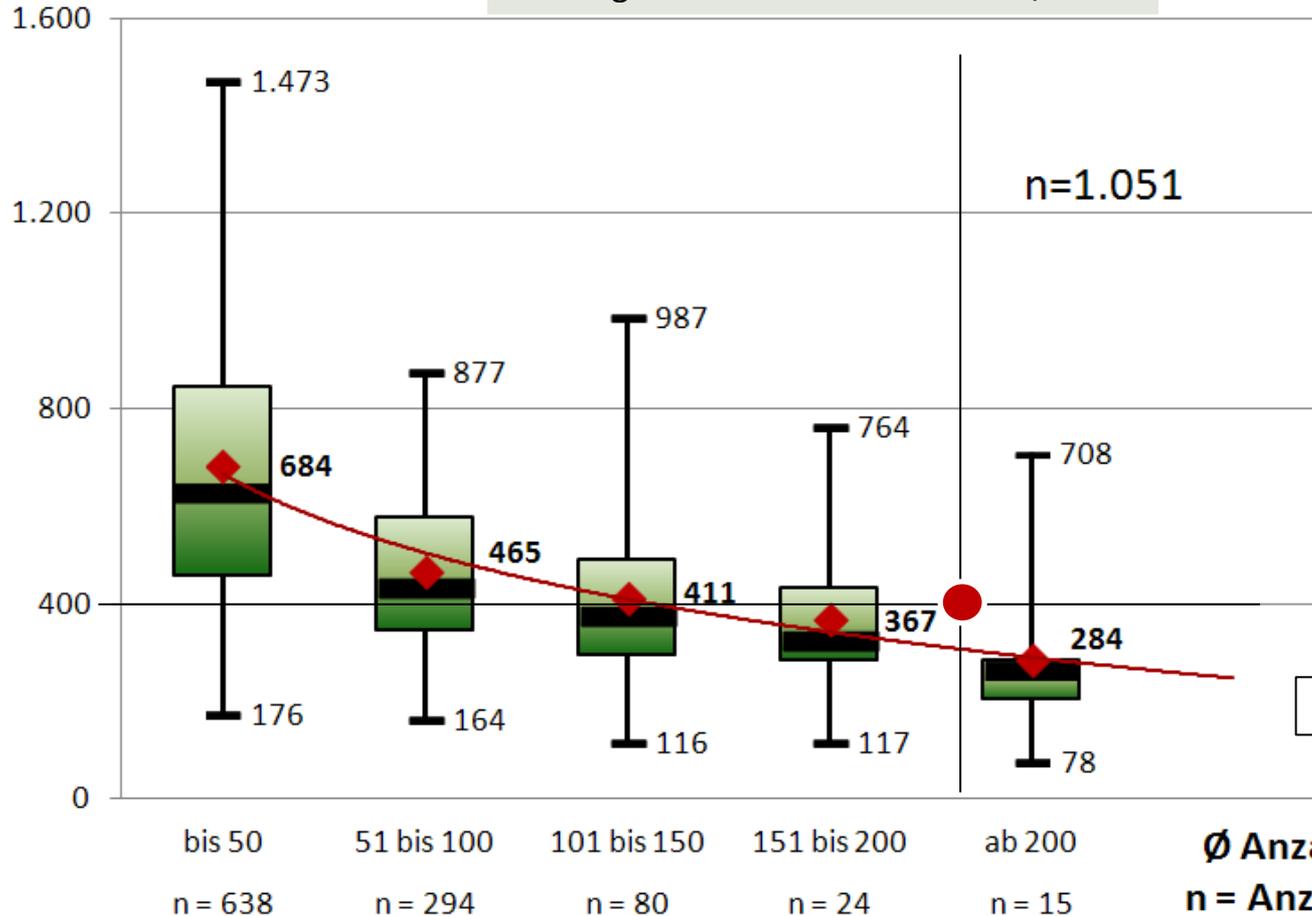
Ø Stromverbrauch 500 kWh/ZS a
Planungsdaten nach AEL: 400 kWh/ZS a

I Spannweite des Ø Elektroenergieverbrauchs (95 % aller Betriebe)

■ Interquartilsabstand vom Ø Elektroenergieverbrauch (50 % aller Betriebe)

— Median des Ø Elektroenergieverbrauchs

◆ Arithmetischer Mittelwert des Ø Elektroenergieverbrauchs



PB: ca. 400 kWh/ZS/Jahr

Ø Anzahl der Zuchtsauen pro Betrieb
n = Anzahl der ausgewerteten Betriebe



Die gesamtbetriebliche Erfassung der Energieverbrauchswerte und der Vergleich dient als Orientierungshilfe für eine erste Einstufung des betrieblichen Verbrauchs.

- ➔ um konkrete Einsparpotentiale abzuschätzen und für die wirtschaftliche Bewertung der Umsetzung konkreter Investitionsmaßnahmen werden jedoch detaillierte Verbrauchswerte benötigt.

2. Arbeitsschritt:

Exakte und zeitlich aufgelöste Messung des elektrischen und thermischen Energieverbrauchs auf Ebene von Verbrauchsbereichen und Einzelverbrauchern der verschiedenen landwirtschaftlichen Produktionsverfahren.

Energieverbrauchsmessung auf Praxisbetrieben

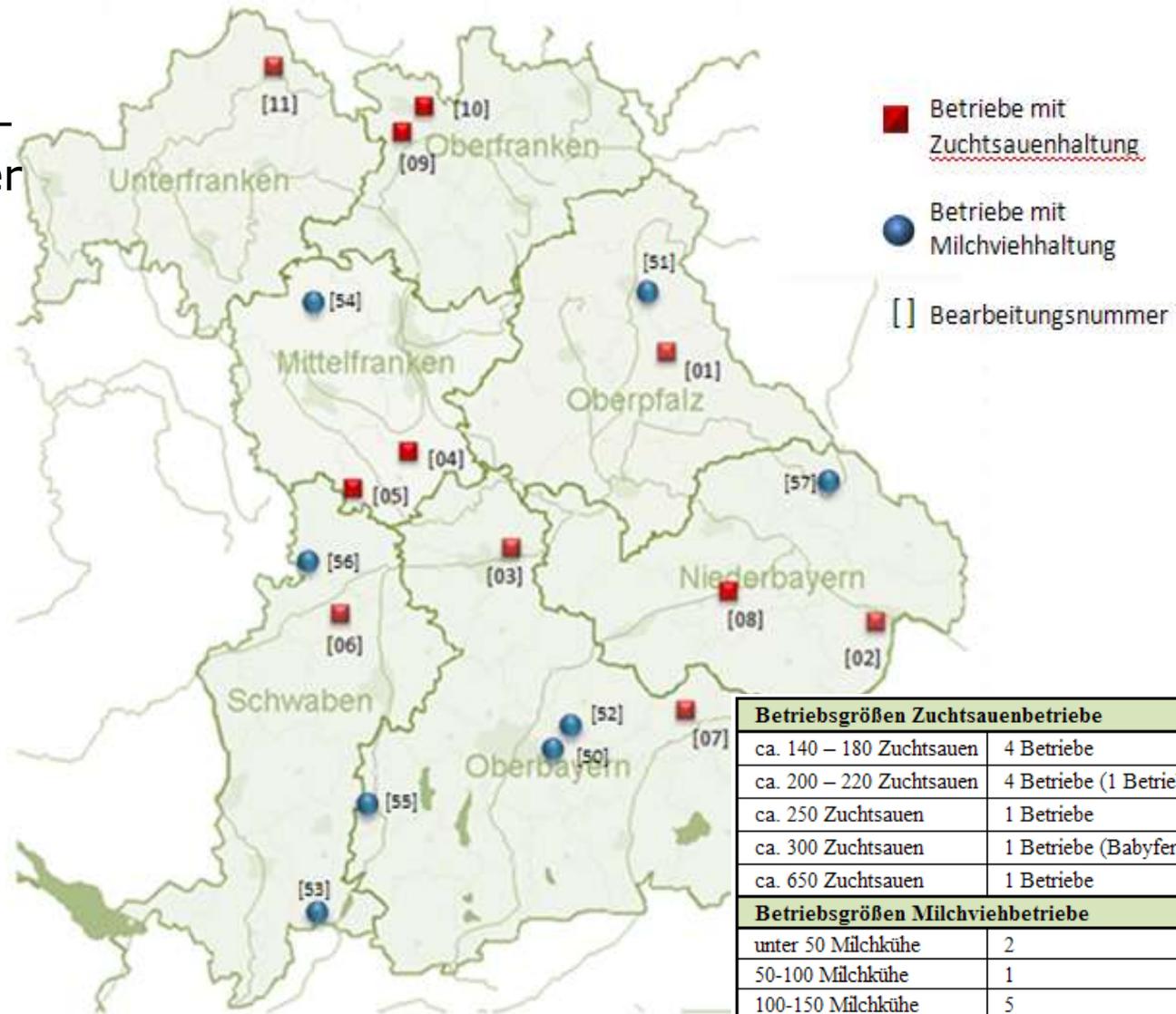


Ermittlung von Vergleichskennzahlen einzelner Verbrauchsbereiche

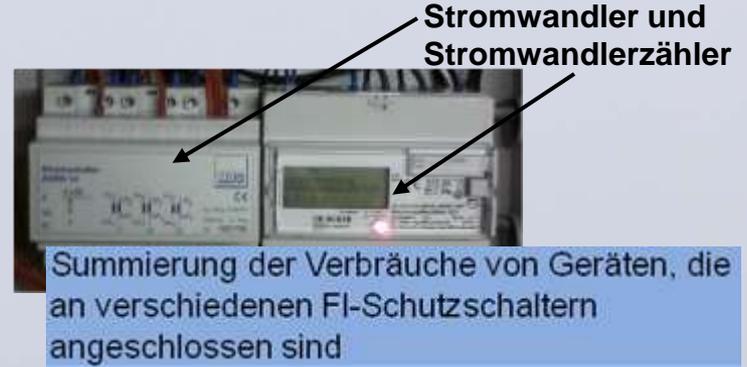
11 Betriebe mit Zuchtsauenhaltung

8 Betriebe mit Milchviehhaltung
(6 Praxisbetriebe + LVFZ Almesbach + VS Grub)

6 Betriebe mit Schweinemast (ab 2014)



Messtechnik, Datenspeicher und Datenübertragung



Berechnung über den gemessenen Volumenstrom des Heizwassers und der Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf des Heizkreislaufs

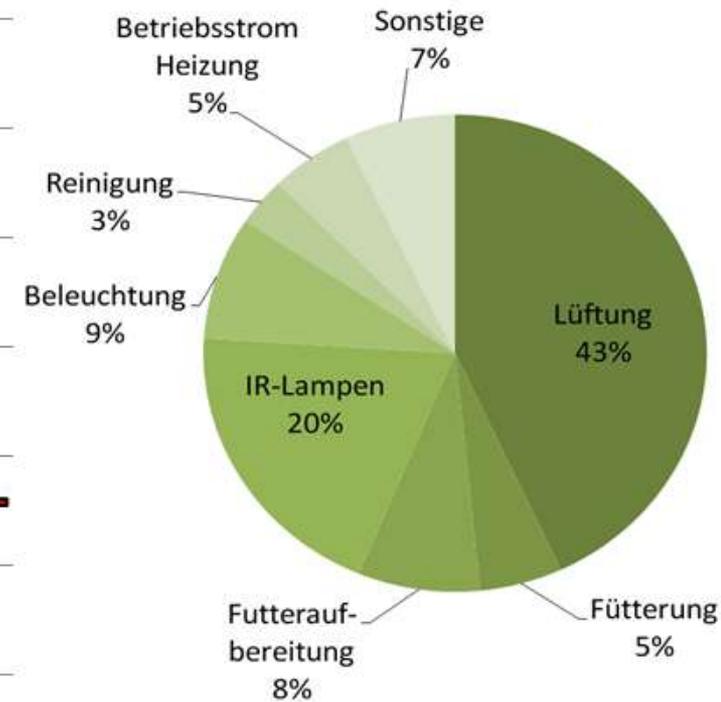
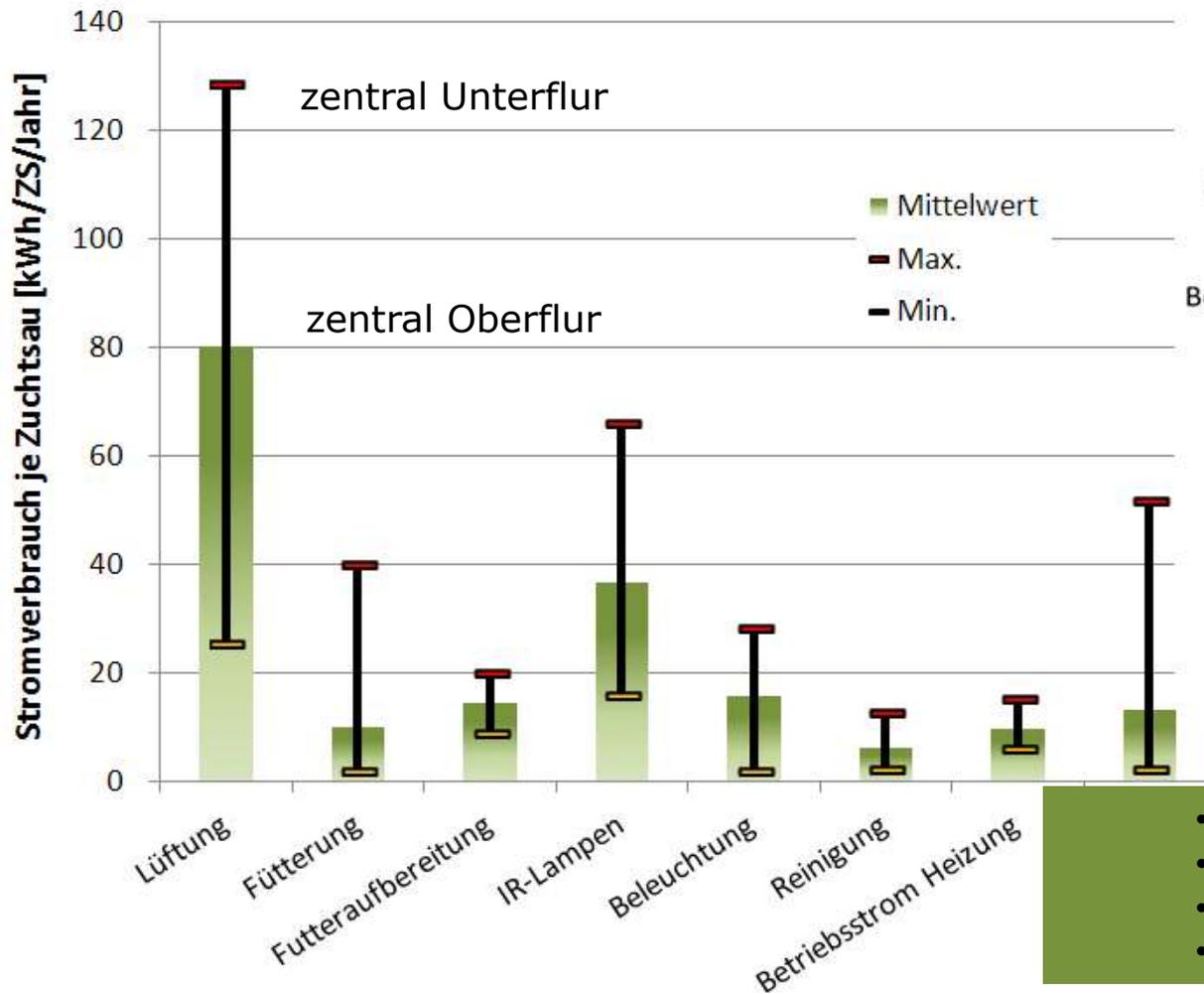
Datenlogger

Stromversorgung

Modem

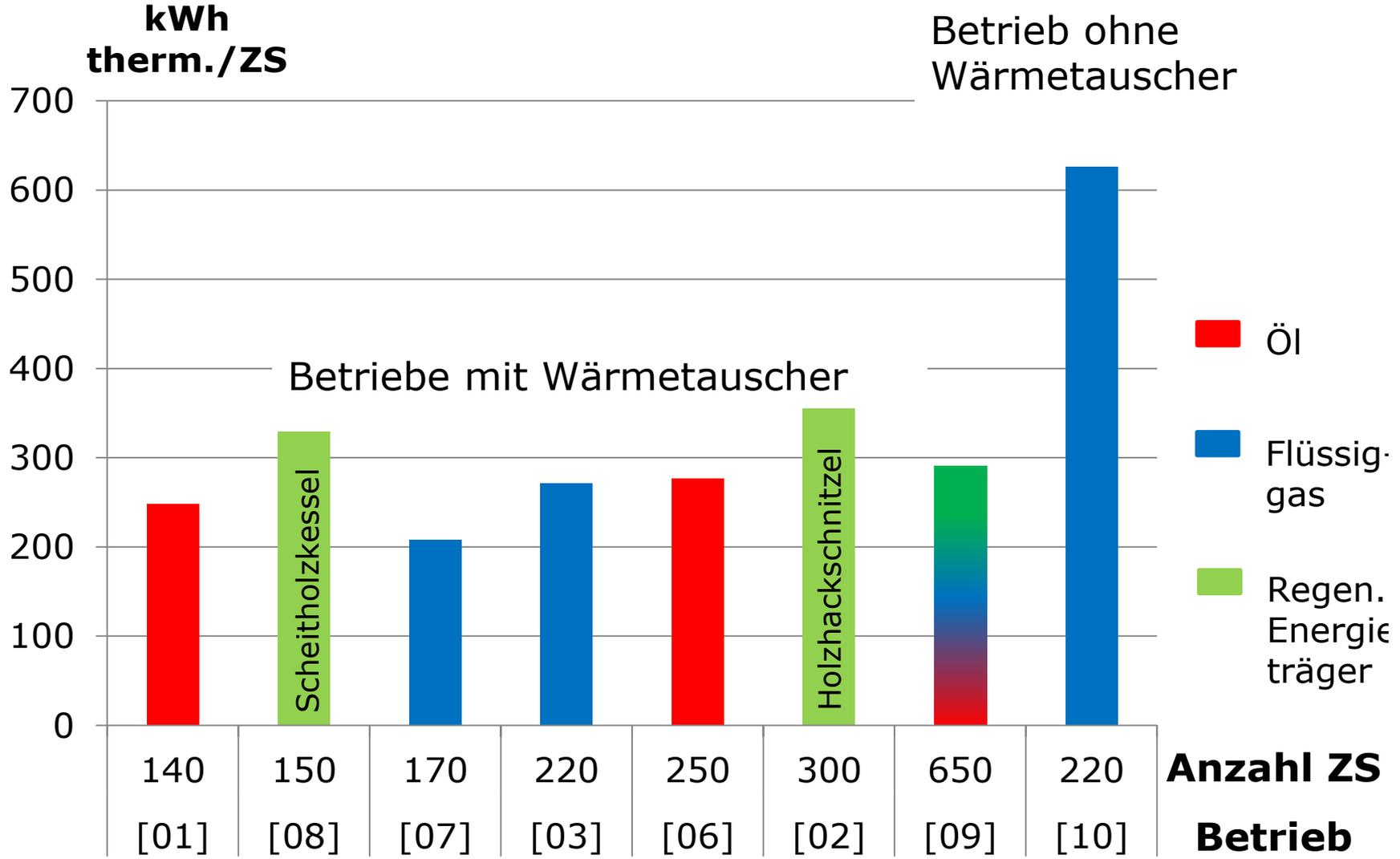


Streuung des Stromverbrauchs der einzelnen Verbrauchsbereiche (ZS)

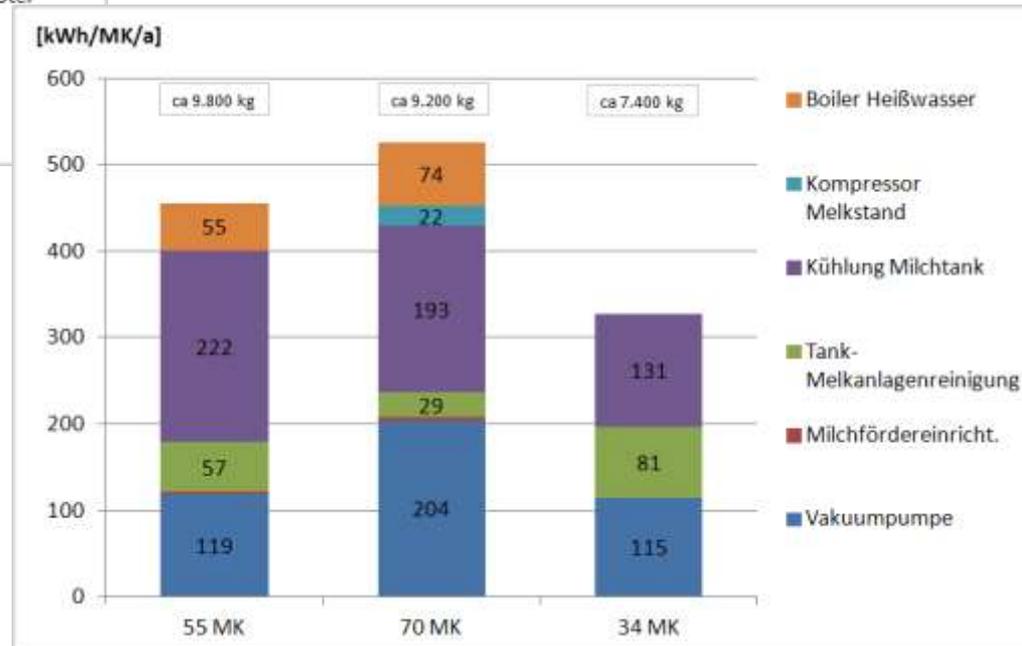
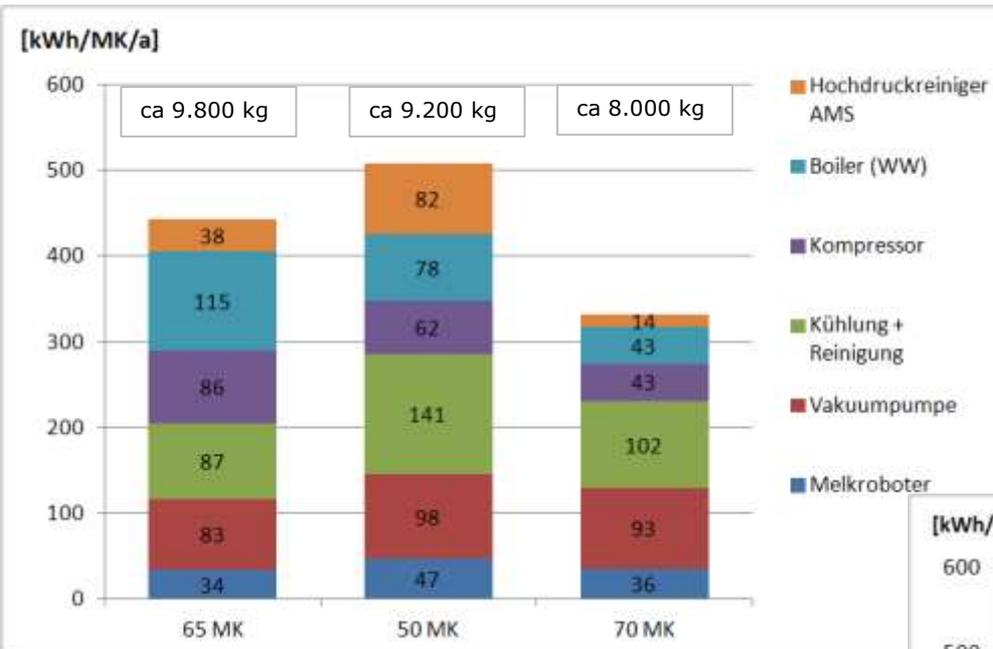


- Gefriertruhen, Kühlschränke
- Heizlüfter im Büro
- el. WW-Boiler
- ...

Heizenergieverbrauch (ZS)



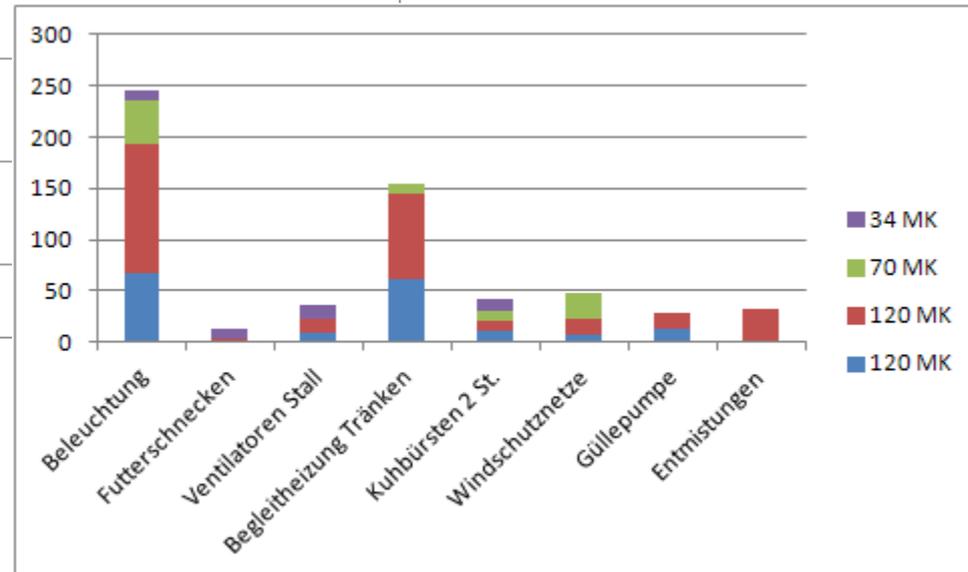
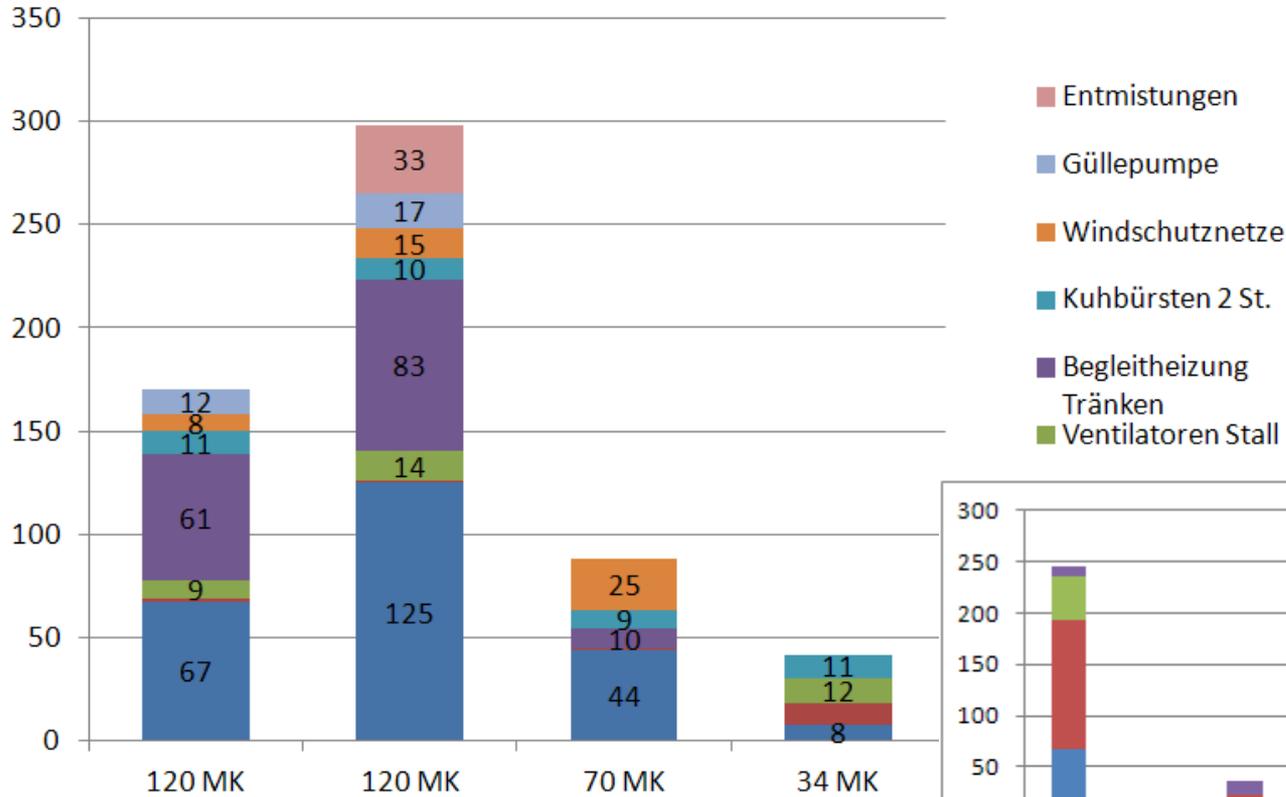
Auswertung Energiemessung MV: AMS - FG



Auswertung Energiemessung MV – Verbraucher Stall



[kWh/MK/a]



Schnell-Check



Mit dem Energie Schnell-Check kann der Berater den **einzelbetrieblichen Energieverbrauch erfassen und beurteilen**.

Auswertungsmöglichkeiten für Betriebe mit **Milchviehhaltung, Ferkelerzeugung, Schweinemast und der Außenwirtschaft**.

Im Ergebnis können **vertikale Betriebsvergleiche** mit der Entwicklung des Verbrauchs und der Kosten und **horizontale Betriebsvergleiche** mit der Bewertung und Einschätzung der Höhe des Stromverbrauchs im Vergleich zu anderen gleichgelagerten Betrieben nach Betriebsgrößenklassen durchführen werden.

Energieeffizienz im landwirtschaftlichen Betrieb

Erfassung und Beurteilung des einzelbetrieblichen Energieverbrauchs

Milchviehhaltung, Ferkelerzeugung, Außenwirtschaft

Klicken Sie auf die Buttons um die einzelnen Tabellenblätter aufzurufen

Betriebsübersicht - Dateneingabe	Energieberater	Version 1.3  
Energieeinsatz - Dateneingabe	Energielinks	
Ergebnis - Stromverbrauch	Stichwortverzeichnis Energie	
Ergebnis - Kraftstoffverbrauch	Energiespartipps	
Ergebnis - Brennstoffverbrauch	Energiebedarf Tocknung	

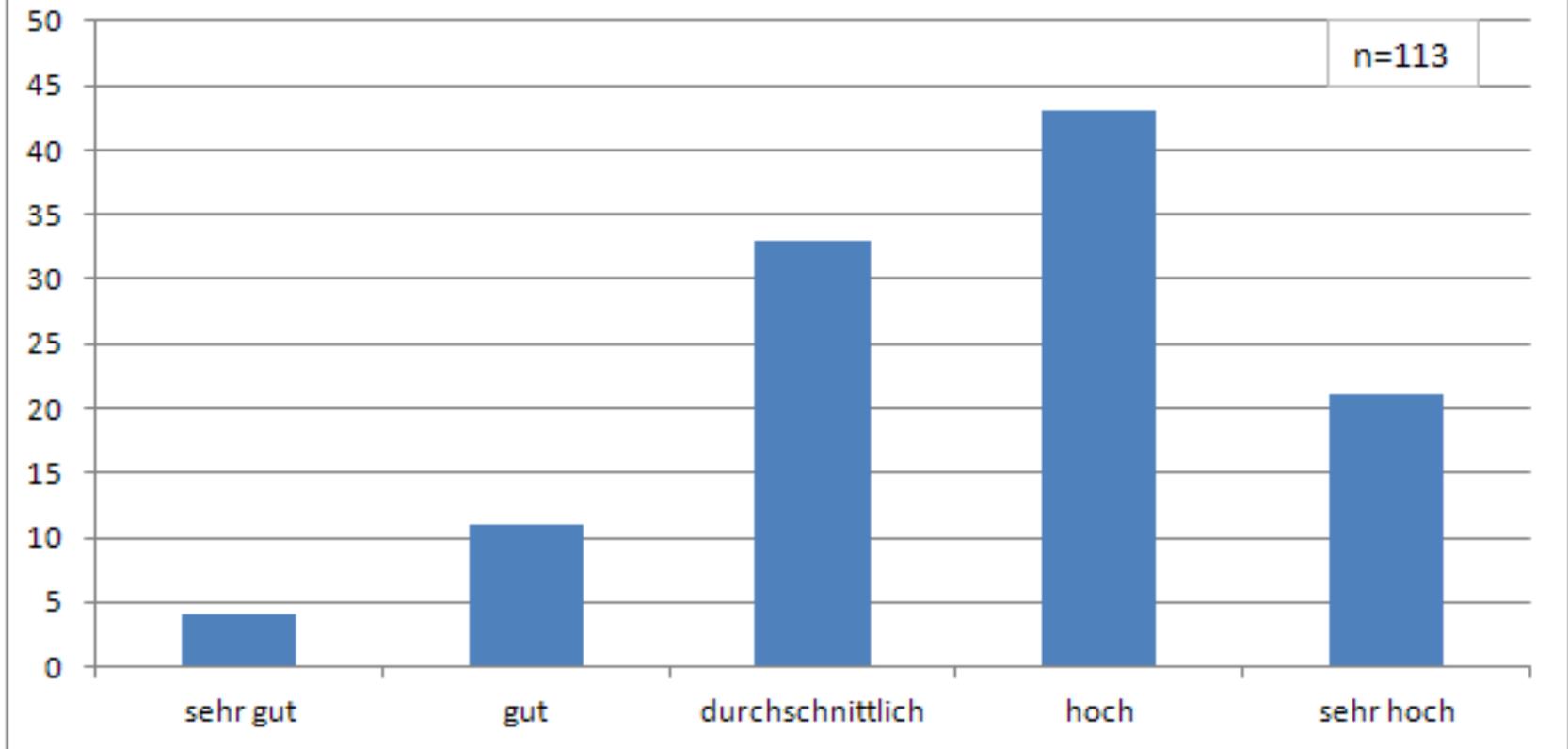
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT)
Arbeitsbereich: Umwelttechnik in der Landnutzung
Arbeitsgruppe: Emissionen und Immissionsschutz (ILT 2b)

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Weiden i.d. Opf. 



Vergleichsgruppe: 5.823 spezialisierte Milchviehbetriebe

Anzahl MK: Ø 57 MK/Betrieb (16-141 MK)	Stromverbrauch: Ø 540 kWh/MK (114-1.330 kWh/MK)
Milchleistung: Ø 7.555 kg/MK/J. (5.166 - 10.600 kg)	Mehrverbrauch: ca. 1 % Kostensteigerung: ca. 7,5 %

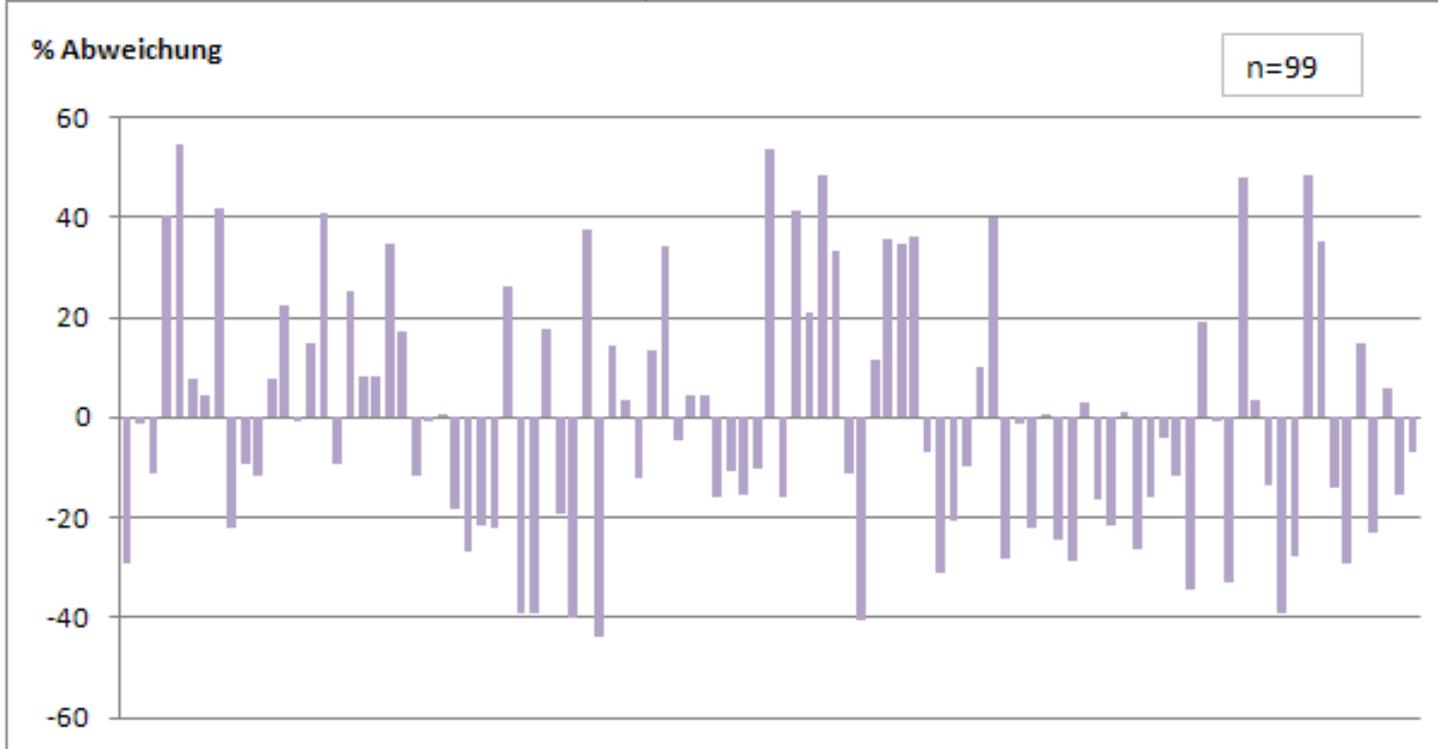


Schnell-Check Auswertung: Kraftstoffverbrauch (ZS)



In Abhängigkeit vom **Produktionsverfahren, der Anbaufläche, Mechanisierung, Schlaggröße, Feld-Hof Entfernung, Anbausystem und Ernteverfahren**

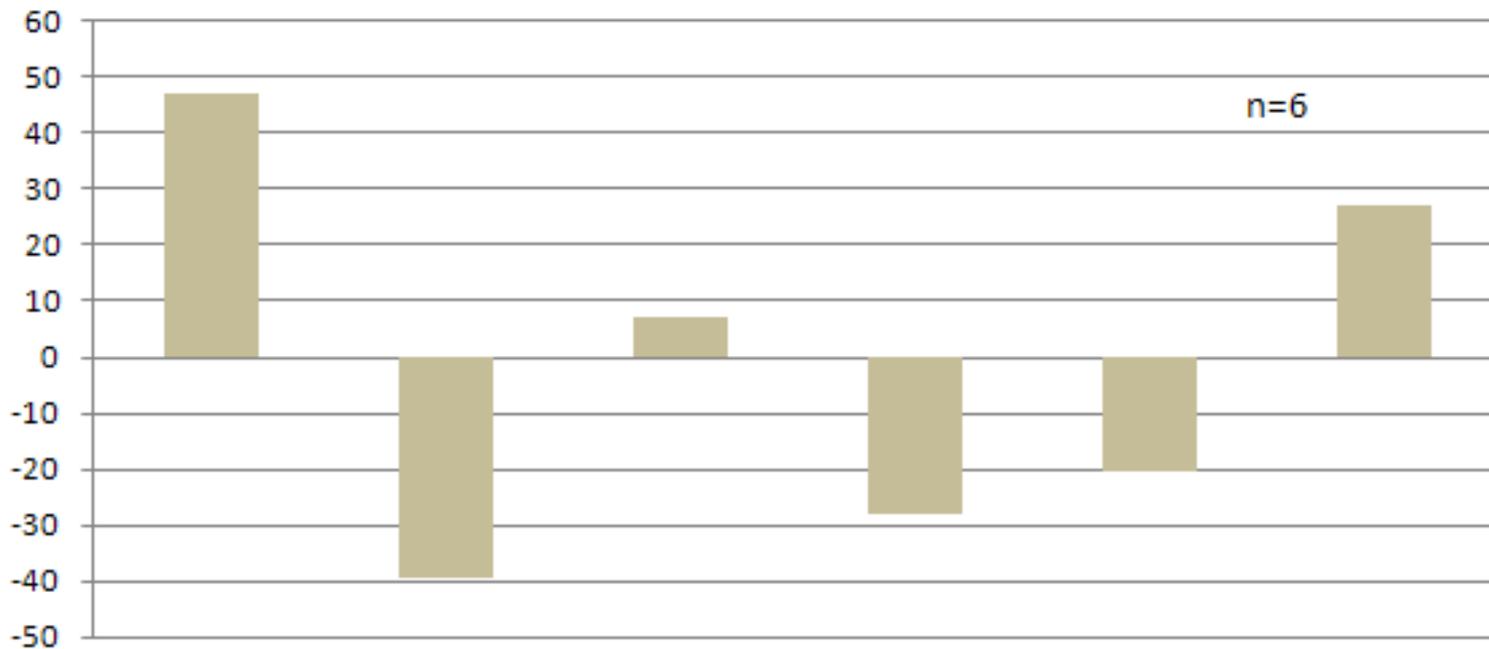
Kraftstoffverbrauch: Ø 140 l/ha	LF Ø 75,3 ha (10 - 296 ha)
Dauergrünland (DG): Ø 110 l/ha (32,4 ha)	Ackerbau (AB): Ø 146 l/ha (Ø 61,8 ha)
Mehrverbrauch: ca. 2,9 %	Kostensteigerung: ca. 7,2 %



Schnell-Check Auswertung: Heizenergieeinsatz in der Ferkelerzeugung



Heizenergie ZS-Stall: 450 kWh/therm./ZS/m²/Jahr (268-923 kWh/therm./ZSm²/Jahr)	
mit WT: 318 kWh therm./ZS/Jahr	ohne WT: 549 kWh therm./ZS/Jahr
fossile Energieträger: 386 kWh t./ZS/J.	reg. Energieträger: 535 kWh therm./ZS/Jahr
Mehrverbrauch: ca. 2 %	Kostensteigerung: ca. 9 %



Abweichung des Heizenergieverbrauchs von Standardwerten

Energiemanagement - Eigenstromnutzung



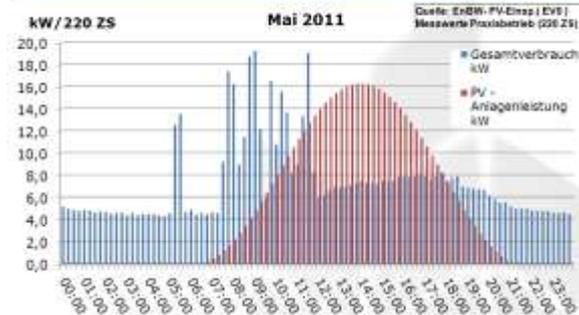
Marktintegrationsmodell EEG (seit April 2012 in Kraft):

bei neu errichteten PV-Anlagen werden nur noch **90 Prozent** der insgesamt erzeugten Strommenge gefördert – Anreiz den Strom selbst zu verbrauchen.

Netzparität seit Mitte 2012:

Bezugsstrompreis liegt über dem Vergütungssatzes für Solarstrom

Vergleich: Strombedarf Ferkelerzeugerbetrieb (220ZS) – Stromerzeugung PV-Anlage (30 kWp)



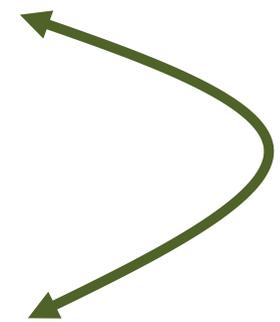
Energiebereitstellung

EVU

regenerative Energieträger

Energieverbrauch

Energiemanagement und Energieeffizienz im landwirtschaftlichen Betrieb



Der **Lastgang** beschreibt den **zeitlichen Verlauf** der erzeugten oder der abgenommenen Leistung während einer bestimmten Zeitperiode.

Unter **Energiemanagement** kann man unter anderem die Anpassung und die Optimierung des Energieverbrauchs an die Energieerzeugung verstehen.

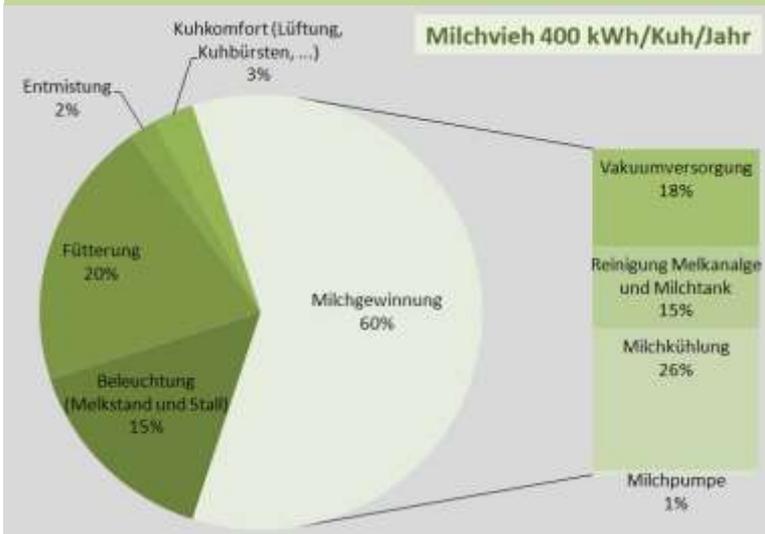


1. Produktionsverfahren

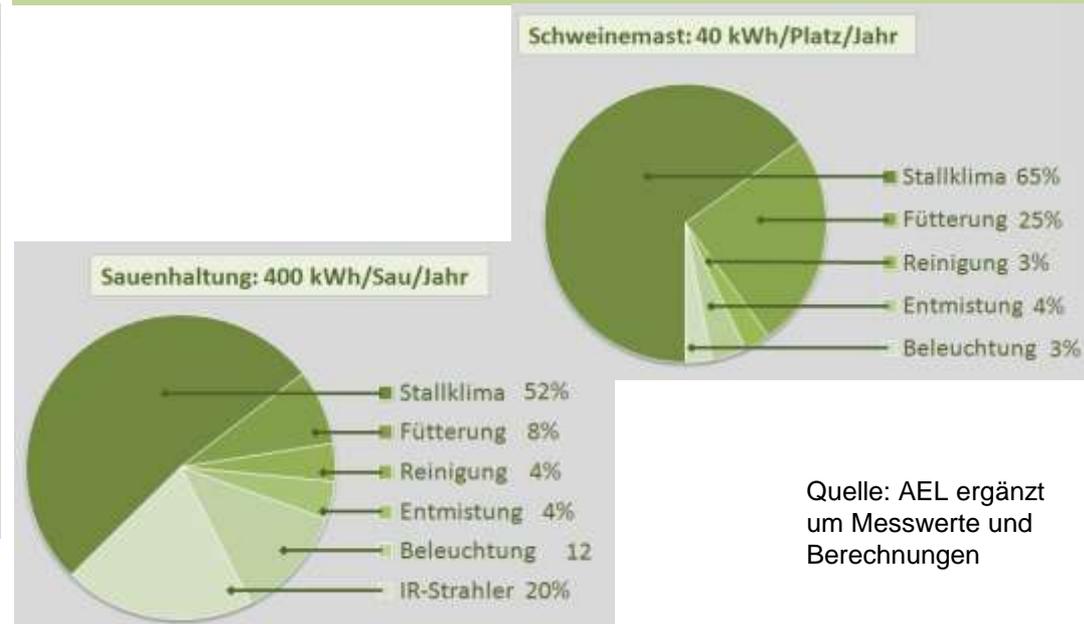
Für jeden Betriebstyp, für jedes Produktionsverfahren aber auch für jeden einzelnen Betrieb gibt es ein **individuelles Lastprofil**, das aber auch einem ständigen Wechsel unterzogen ist.

Eine Voraussetzung für eine sinnvolle Abstimmung des betrieblichen Lastgangs an die Energieerzeugung ist die **Kenntnis** der **einzelnen Verbrauchsbereiche** und deren **Leistungsbedarf**.

Hauptverbrauchsbereiche in der Milchviehhaltung

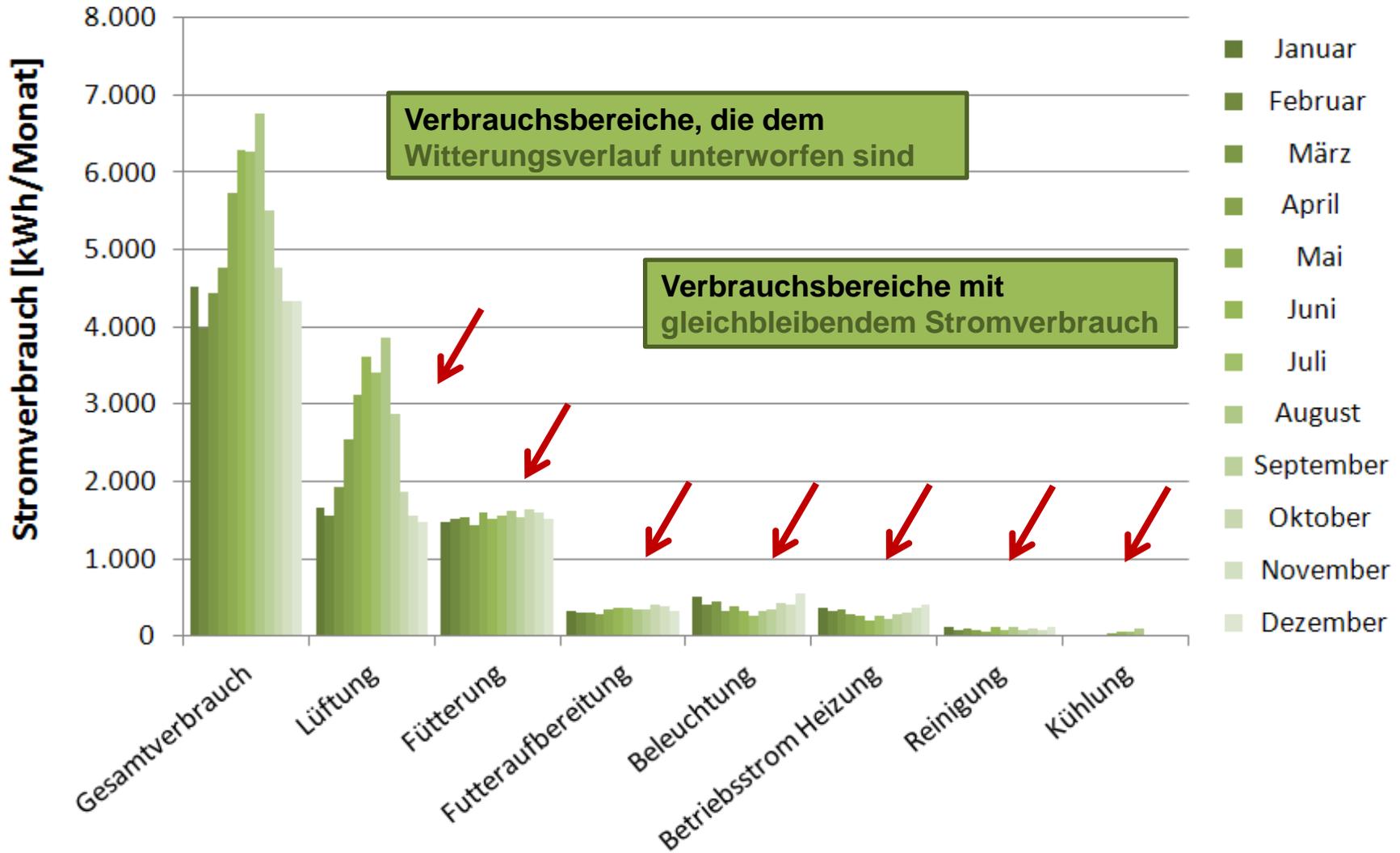


Hauptverbrauchsbereiche in der Schweinehaltung



Quelle: AEL ergänzt um Messwerte und Berechnungen

2. Jahreszeit und Witterungsverlauf



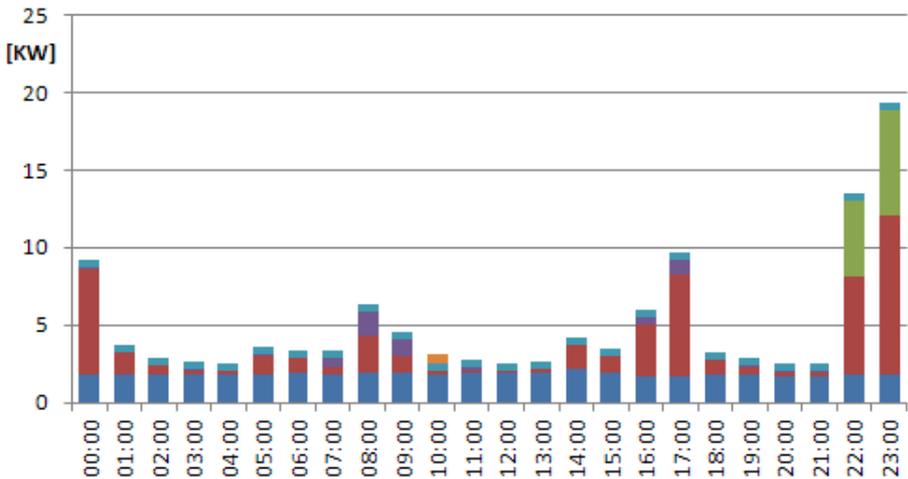
3. Einfluss der Tageszeit bzw. des Arbeitsablaufs



Die Tageslastgänge zeigen, den Einfluss der **Tageszeit** bzw. des **Arbeitsablaufs** auf den Stromverbrauch.

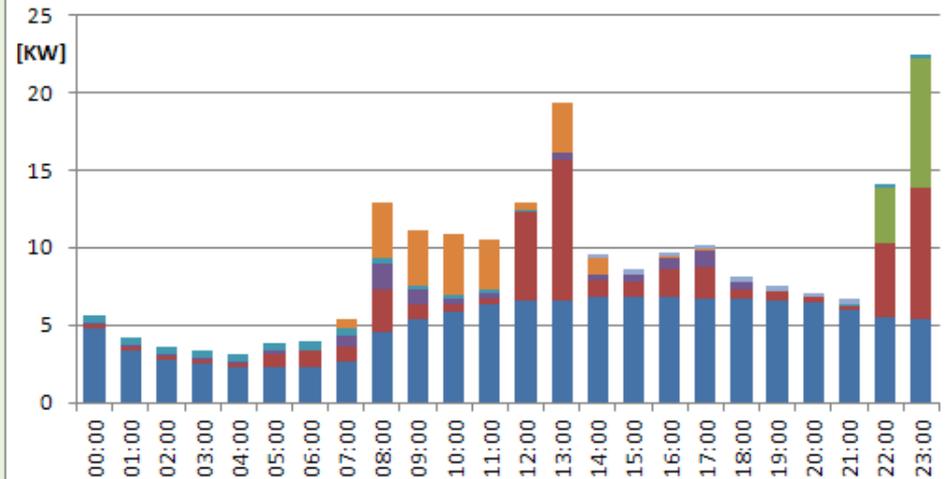
Tageslastgang Winter (300 Zuchtsauen)

- Lüftung
- Beleuchtung
- Kühlung
- Fütterung
- Betriebsstrom Heizung
- Reinigung
- Futteraufbereitung



Tageslastgang Sommer (300 Zuchtsauen)

- Lüftung
- Beleuchtung
- Kühlung
- Fütterung
- Betriebsstrom Heizung
- Reinigung
- Futteraufbereitung



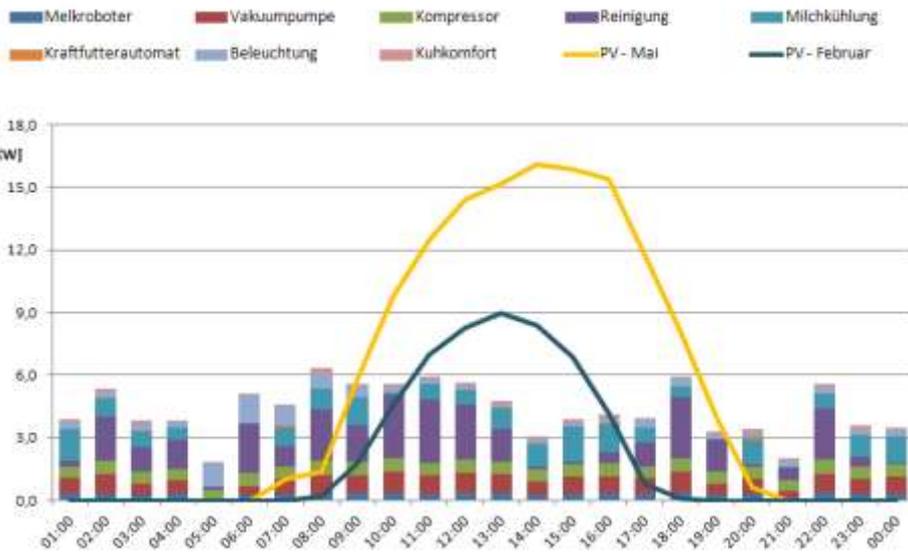


4. Einfluss der technischen Ausstattung

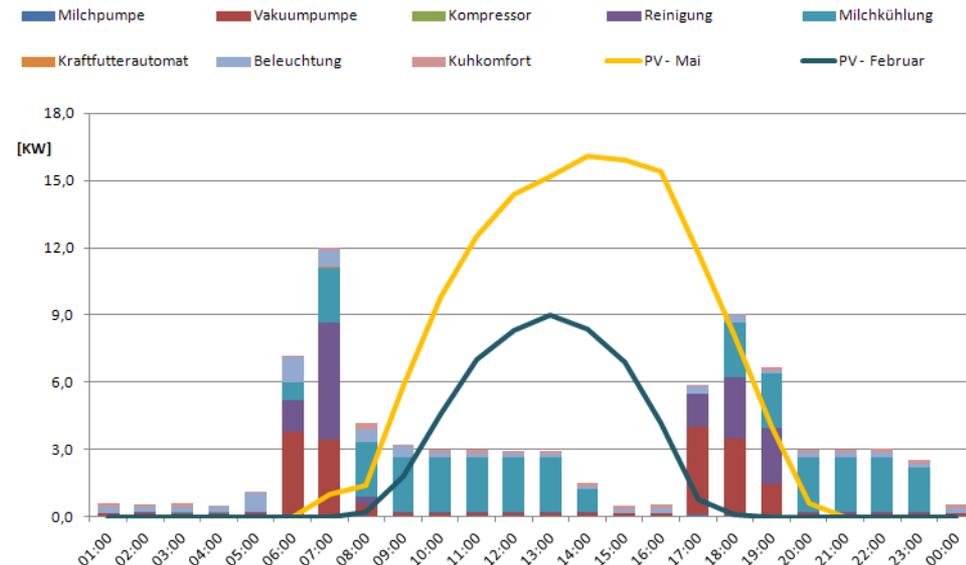
Die Tageslastgänge zeigen, welchen Einfluss die die **technische Ausstattung** auf und den Stromverbrauch haben.

Lastgänge in Milchviehbetrieben mit unterschiedlicher melktechnischer Ausstattung.

Tageslastgang AMS (65 Milchkühe)



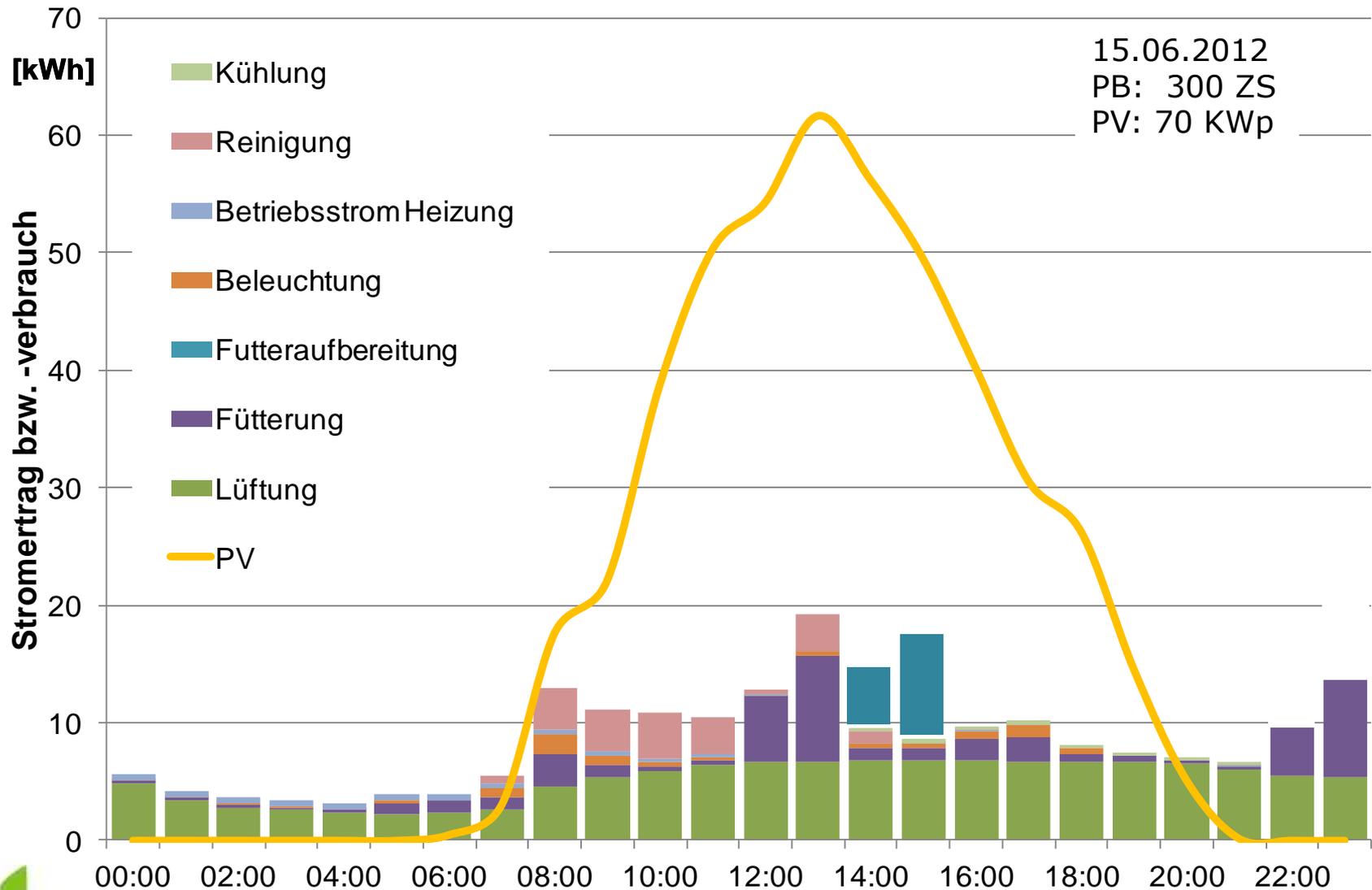
Tageslastgang FG-Melkstand (55 Milchkühe)



Möglichkeiten zur Optimierung des Eigenstromverbrauchs

Eiswasseraufbereitung in Niedertarifzeiten oder bei PV-Eigenstromnutzung in Zeiten mit hoher solarer Einstrahlung möglich

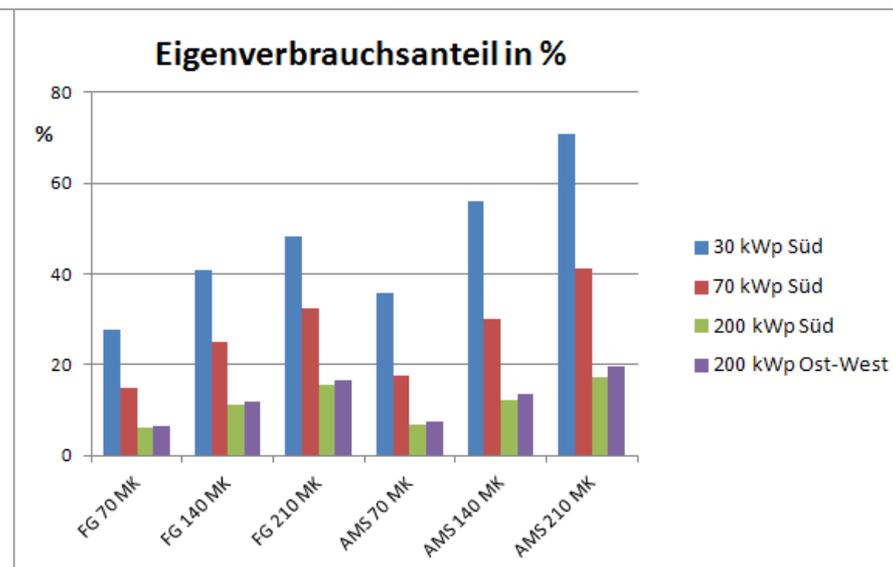
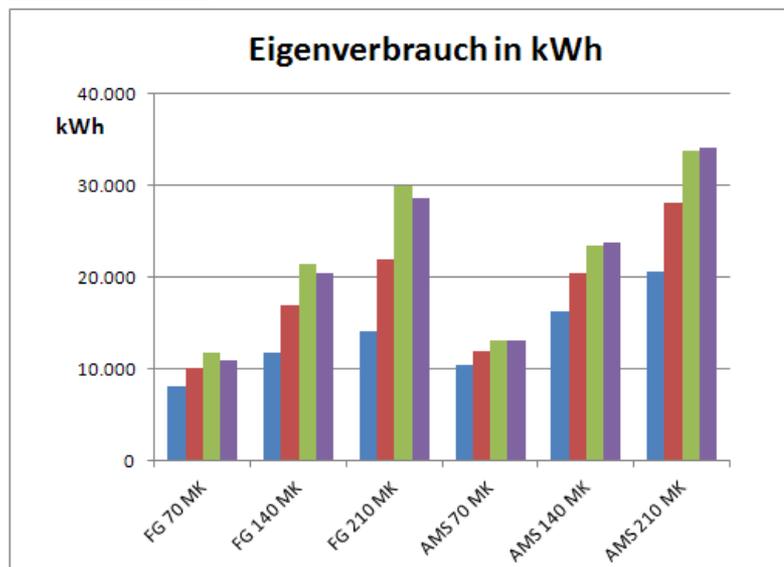
Verlagerung von Einsatzzeiten



Solarstromerzeugung und –verbrauch bei unterschiedlicher Anlagengröße Milchviehbetrieb



PV Anlagengröße und Ausrichtung	PV Jahresertrag	Milchviehbetrieb - Melktechnik	FG (Melkstand)			AMS (Melkroboter)		
		Anzahl Milchkühe	70 MK	140 MK	210 MK	70 MK	140 MK	210 MK
		Stromverbrauch Betrieb	27.110 kWh	54.221 kWh	81.332 kWh	29.906 kWh	56.293 kWh	84.440 kWh
30 kWp Süd	29.080 kWh	Eigenverbrauch in kWh	8.045	11.833	14.071	10.385	16.312	20.580
		Eigenverbrauchsanteil in %	27,7	40,7	48,4	35,7	56,1	70,8
70 kWp Süd	67.854 kWh	Eigenverbrauch in kWh	10.093	16.933	21.957	11.954	20.430	28.022
		Eigenverbrauchsanteil in %	14,9	25,0	32,4	17,6	30,1	41,3
200 kWp Süd	193.869 kWh	Eigenverbrauch in kWh	11.761	21.509	29.982	13.067	23.483	33.801
		Eigenverbrauchsanteil in %	6,1	11,1	15,5	6,7	12,1	17,4
200 kWp Ost-West	172.715 kWh	Eigenverbrauch in kWh	10.987	20.347	28.630	13.174	23.696	34.091
		Eigenverbrauchsanteil in %	6,4	11,8	16,6	7,6	13,7	19,7



Eigenstromverbrauch PV-Anlage (9 Monate und 10 Tage)

70 KW PV-Anlage
seit 30.01.2012 angeschlossen



11.03.2013

10.10.2012

Summe Lieferung:
36.689 kWh

41.261 kWh

Stromproduktion PV:
68.489 kWh
78.847 kWh

Eigenstromverbrauch:
31.800 kWh
37.613 kWh

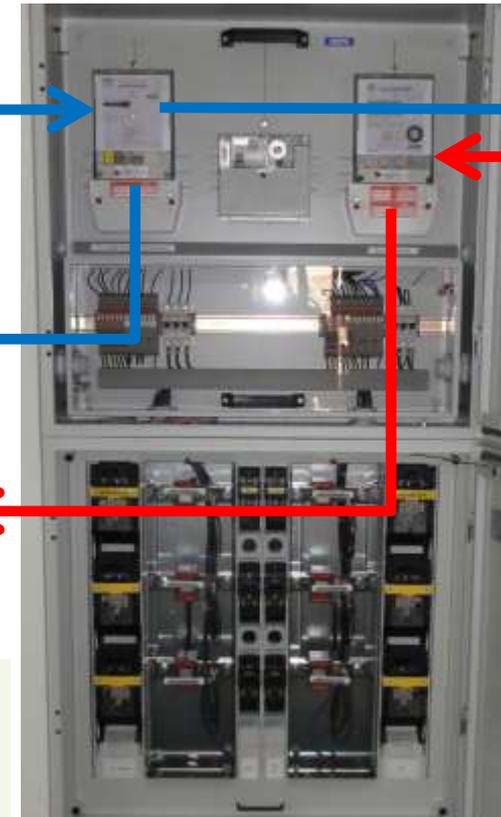
Stromverbrauch Betrieb:
64.001 kWh
96.198 kWh

Summe Bezug:
32.206 kWh
58.585 kWh

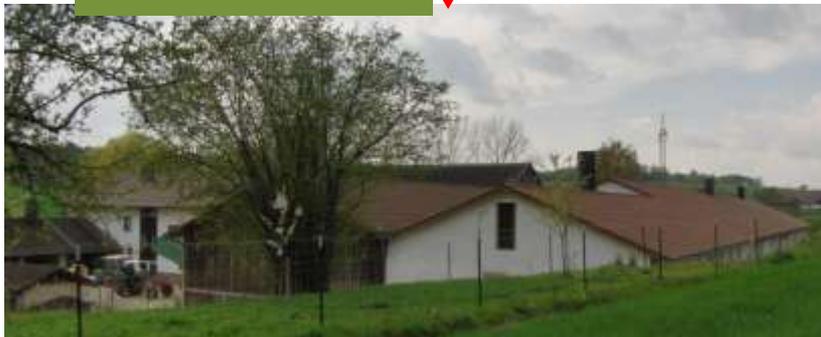
Anteil
Eigenstromverbrauch:

= 46,4 %

47,7 %



Zählerschrank mit
Messwandlerzähler und
Vorsicherungen

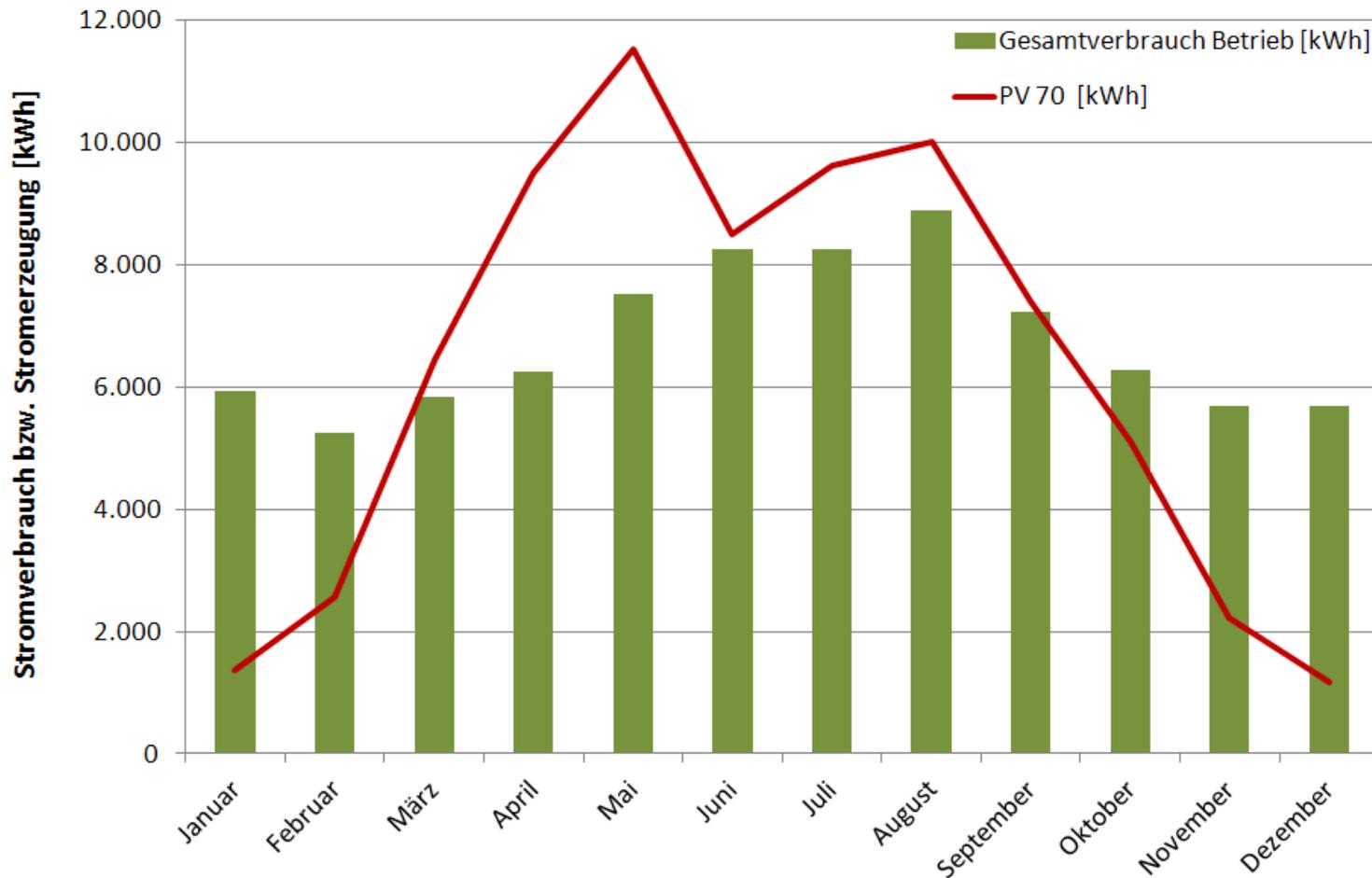


Ferkelerzeugung mit 300 ZS

Eigenbedarfsdeckung mit Photovoltaik (PB ZS 300)



Der Stromverbrauch in Betrieben mit Schweinehaltung verteilt sich auf die einzelnen Monate ähnlich wie die Solarstromerzeugung.



Energiespeicherung

Gründe für den Einsatz von Speichern

- **Optimierung des Eigenverbrauchsanteils**
- Unabhängigkeit von der Strompreisentwicklung
- Notstromfunktion bei Netzausfall
- Netzstabilisierung

Anforderungen an Speicher

- Hoher Wirkungsgrad / Lebensdauer
- Geringe Kosten
- Umweltverträglichkeit
- Sicherheit

Entwicklung der Anschaffungskosten: Lithium-Ionen Batterie

Speicherkapazität [kWh] Spitzenleistung [KW]	4,6 2,4	8,1 3,5	10,2 5,0	20,5 6,0	20,5 12,0	41 18
10/2012	€ 11.000	15.000	18.000	24.500	28.900	49.300
10/2013	€ 10.500	14.200	17.200	23.700	28.000	48.000

Wirtschaftlichkeit: Was kostet der gespeicherte Strom

$$\frac{\text{Kosten}}{\text{kWh}} = \frac{\text{Anschaffung [€]} + \text{Wartung [€]}}{\text{Effizienz [\%]} \times \text{Entladetiefe} \times \text{Nutzungszyklen} \times \text{Speicherkapazität [kWh]}} \quad *)$$

$$\text{Kosten/kWh} = \frac{(41 \text{ kWh} * 1170\text{€}) \text{ Anschaffungskosten} + 0\text{€} \text{ Wartung}}{90\% \text{ (Effizienz)} * 80\% \text{ (Entladetiefe)} * 6500 \text{ (Zyklen)} * 41 \text{ kWh (Kapazität)}} = 0,25 \text{ €/kWh}$$

*) Quelle: Vortrag Müller C.A.R.M.E.N. e.V.

Fazit

Die Kenntnis über den betrieblichen Energiebedarf ist die Basis

- für einen Vergleich mit anderen Betrieben (z.B. Arbeitskreis)
- für einen Vergleich mit allgemeinen Kennzahlen
- für Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Effizienzsteigerung

Mit dem **Energie Schnell-Check** kann der Berater den einzelbetrieblichen Energieverbrauch erfassen und beurteilen.

Die Kenntnis **detaillierter Lastprofile** unterstützt bei der Planung und Integration regenerativer Energieträger (PV-Anlagen, Windkraftanlagen).

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

