



Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft 



Energieeffizienz in der Landwirtschaft



Stromverbrauch im landwirtschaftlichen Betrieb und
Einsparmöglichkeiten –
Erfahrungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen
aus Praxisbeispielen

Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Arbeitsbereich: Umwelttechnik in der Landnutzung
Arbeitsgruppe: Emissionen und Immissionsschutz

Josef Neiber
Stuttgart – Hohenheim, 27.04.2017

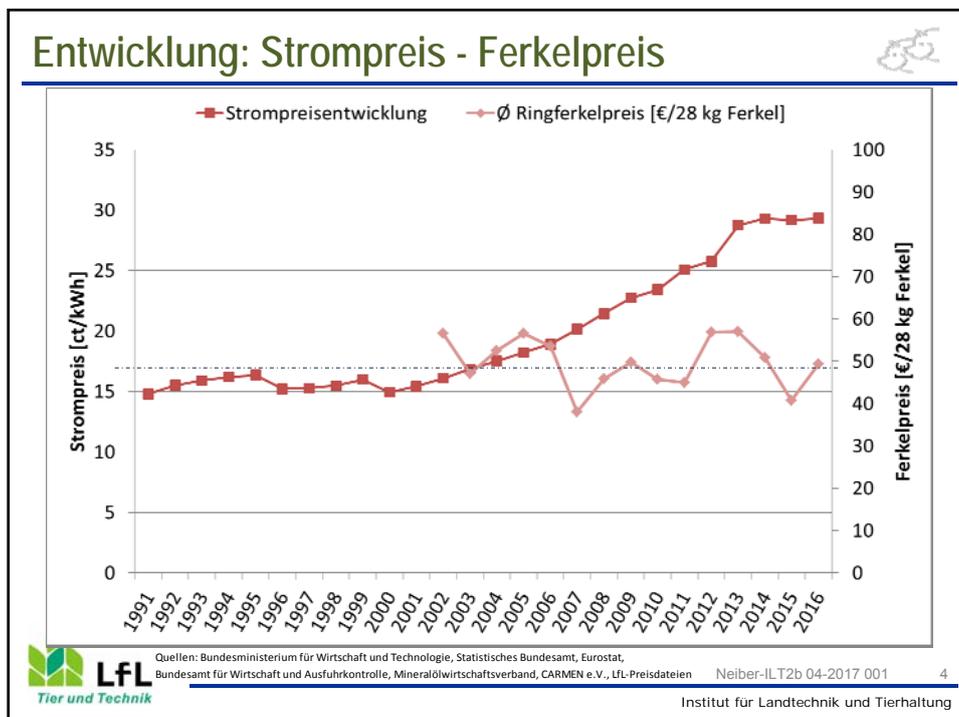
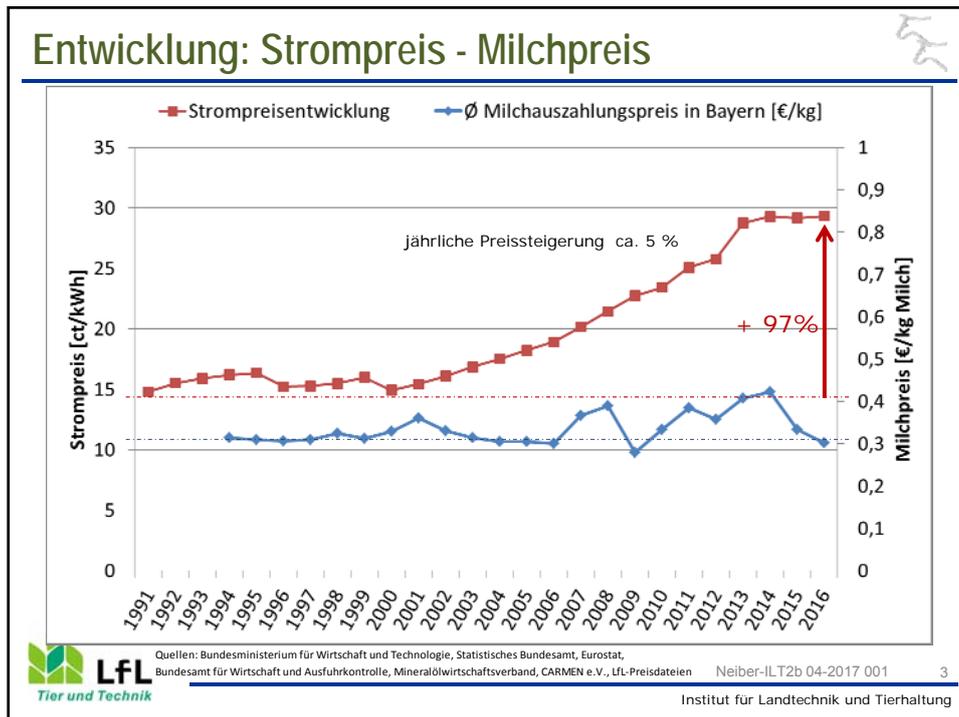
Energieeffizienz in der Landwirtschaft

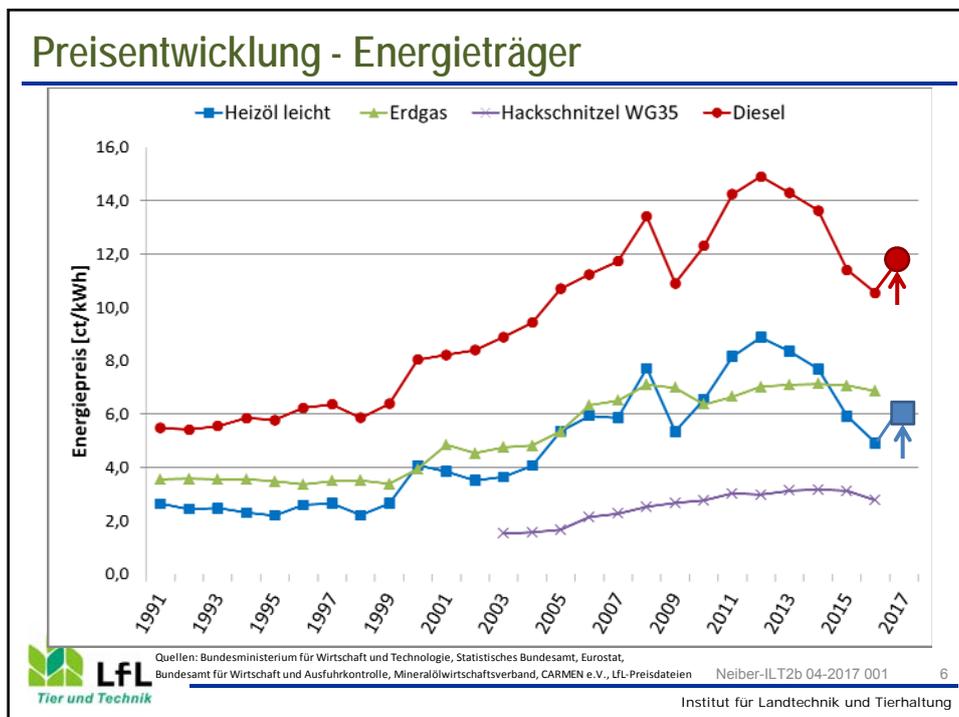
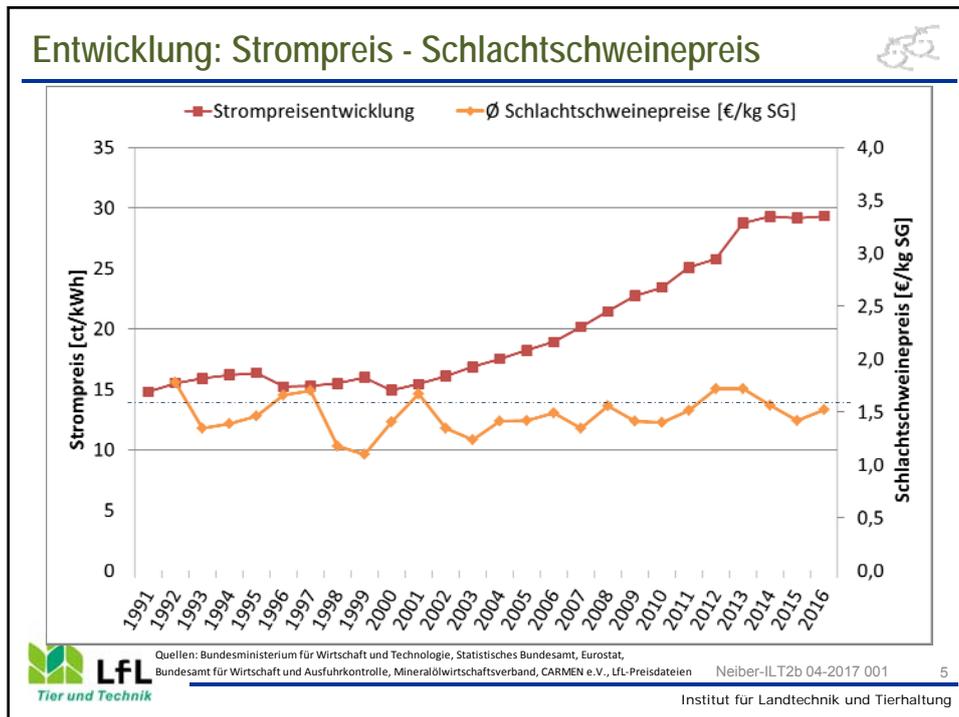
- **Preisentwicklungen**
- **Grundlagen zur Verbesserung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft**
 - Vergleichskennzahlen als Datengrundlage für die Beratung
 - Verbrauchswerte und Einsparpotentiale in der Milchviehhaltung
 - Verbrauchswerte und Einsparpotentiale in der Schweinehaltung
- **Energiemanagement**
 - Möglichkeiten und Grenzen der Eigennutzung von Solarstrom
 - Energiespeicher
- **Fazit**



Tier und Technik

Neiber-ILT2b 04-2017 001 2
Institut für Landtechnik und Tierhaltung





Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz

Kostenfaktor Energie

- kontinuierlich, bzw. wieder steigende Energiepreise
- steigender Energiebedarf landwirtschaftlicher Produktionsverfahren
(Mechanisierung, Automatisierung, aktuelle und zukünftige technische Standards)

Ziele der Energieeinsparung

- **Global:** Ressourcenschonung - Einsparung fossiler Energieträger
- **National:** Unterstützung des **Umbaus der Energiebereitstellung und -versorgung**
- **Betriebsebene:** **Energiekostensenkung** bei gleichzeitig optimalem produktionstechnischem Standard

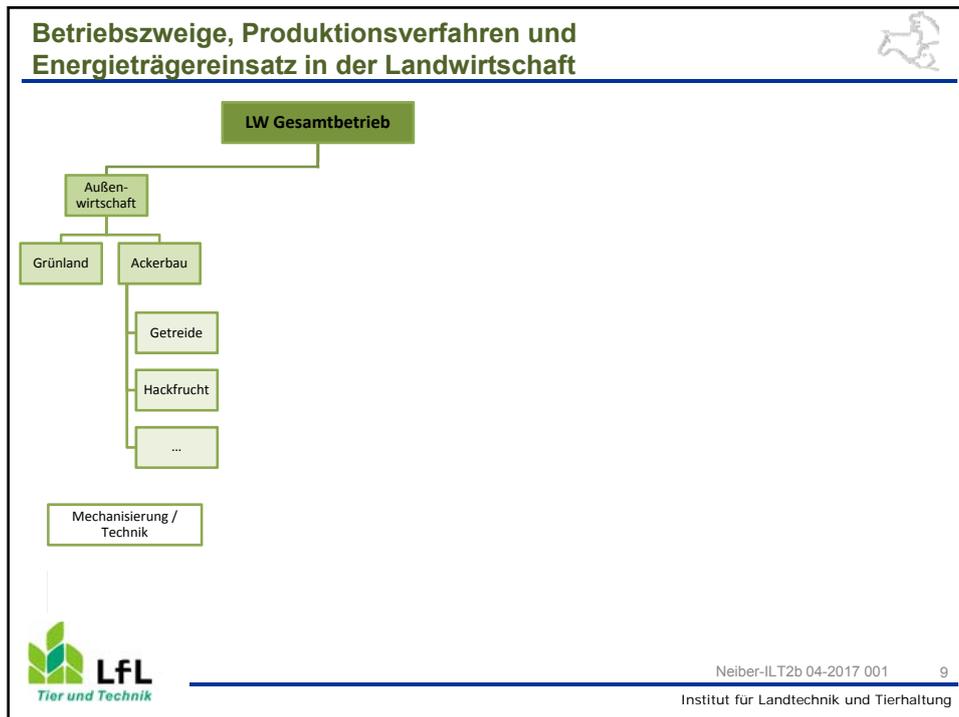
Maßnahmen:

- **technische Maßnahmen** (z.B. energieeffiziente Anlagen)
- **bauliche Maßnahmen** (z.B. Dämmung)
- **betriebliches Management** (z.B. Wartung der Anlagen, Energiemanagement)

Vergleichskennzahlen und Produktionsverfahren in der Landwirtschaft

Die Grundlage für die Entwicklung von Ansatzpunkten zur Energieeinsparung unter ökonomischen Gesichtspunkten sind die **Einstufung und der Vergleich des Energiebedarfs** des landwirtschaftlichen Betriebs und der einzelnen Aggregate mit den jeweiligen **betriebsspezifischen Orientierungswerten**.

Der Energiebedarf in der Landwirtschaft ist durch vielfältige Produktionsverfahren und deren verbrauchsbestimmenden Einflüsse gekennzeichnet.



Vergleichskennzahlen und Produktionsverfahren in der Landwirtschaft

Die Grundlage für die Entwicklung von Ansatzpunkten zur Energieeinsparung unter ökonomischen Gesichtspunkten sind die **Einstufung und der Vergleich des Energiebedarfs** des landwirtschaftlichen Betriebs und der einzelnen Aggregate mit den jeweiligen **betriebsspezifischen Orientierungswerten**.

Der Energiebedarf in der Landwirtschaft ist durch vielfältige Produktionsverfahren und deren verbrauchsbestimmenden Einflüsse gekennzeichnet.

- Die **strukturelle Entwicklung**,
- der **Grad der Mechanisierung und Automatisierung**,
- der Zustand und das Alter der **Haltungs- und Verfahrenstechnik**

sind Faktoren, die den Energiebedarf des landwirtschaftlichen Betriebes beeinflussen.

The LFL logo and text 'Tier und Technik' are at the bottom left. The bottom right contains the text 'Neiber-ILT2b 04-2017 001 10' and 'Institut für Landtechnik und Tierhaltung'.

Ansatzpunkte zur Energieeinsparung



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.

LfL-ILT Forschungsprojekt: Verbesserung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft

- ➔ Ermittlung von energetischen Vergleichskennzahlen als Datengrundlage für die Beratung

Messung von Energieverbrauchswerten auf Praxisbetrieben auf Ebene der Einzelverbraucher

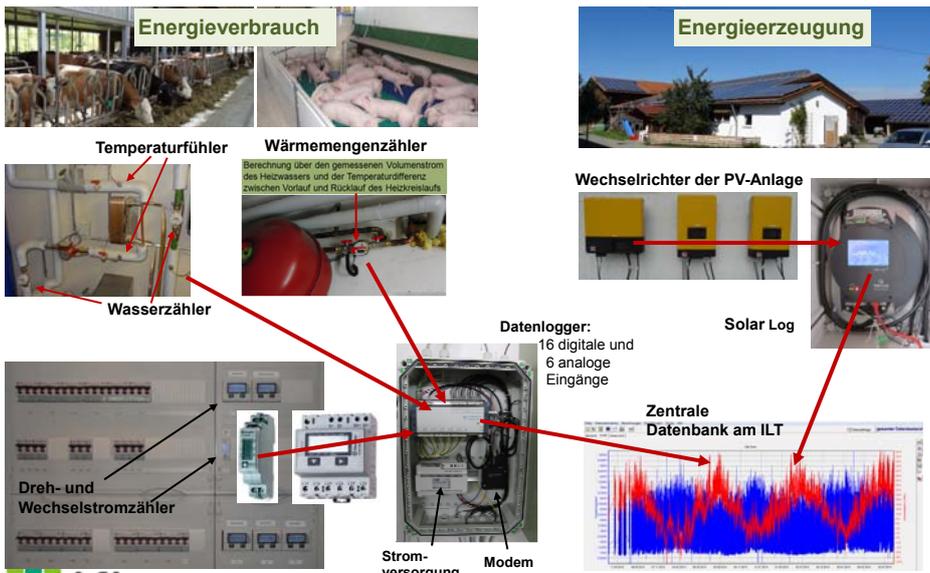
- Exakte und zeitlich aufgelöste Messung (¼ h - Werte) des Energieverbrauchs der maßgeblichen Verbrauchsbereiche der Praxisbetriebe
- Erzeugung von Lastprofilen für die einzelnen landwirtschaftlichen Produktionsverfahren
- Ableitung und Berechnung der möglichen Eigenstromnutzung



Neiber-ILT2b 04-2017 001 11

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

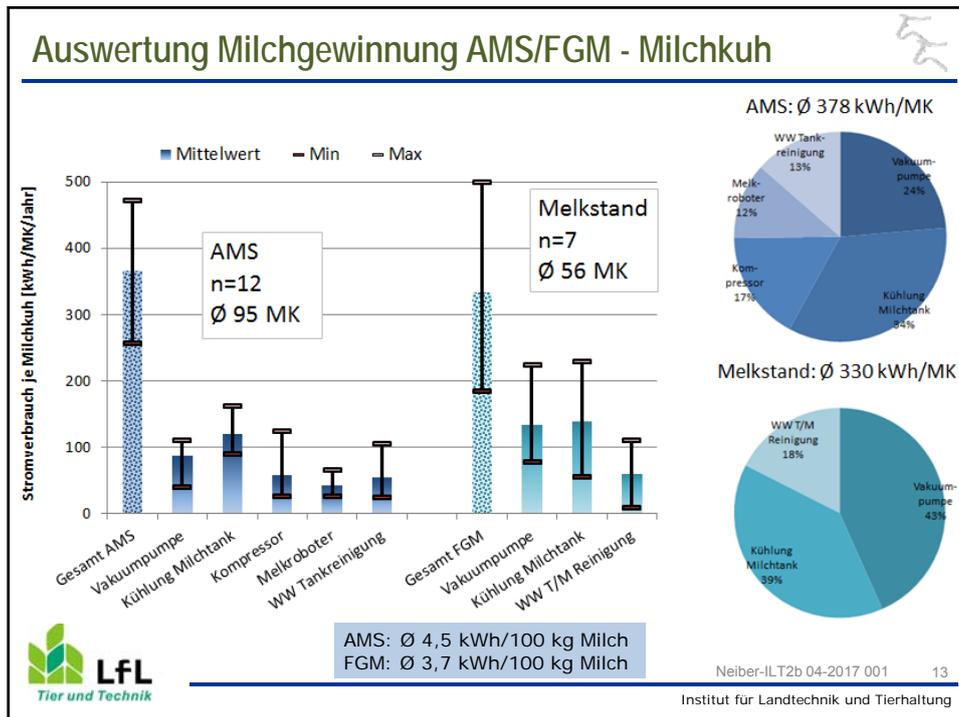
Energieverbrauchsmessung auf landwirtschaftlichen Praxisbetrieben im LfL-Projekt „Verbesserung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft in Bayern“



Neiber-ILT2b 04-2017 001 12

Messtechnik, Datenspeicher und Datenübertragung

Institut für Landtechnik und Tierhaltung



Energieeinsparung bei der Milchgewinnung

Melken

- **Zügiges Melken** (Verkürzung der Melkzeiten)
- **Angepasste Auslegung und Frequenzregelung der Vakuumpumpe**

Durch die Frequenzregelung wird die Drehzahl der Vakuumpumpe dem Leistungsbedarf ständig angepasst.

Kühlen

- **Vorkühlung** (mit einem Rohr- oder Plattenkühler wird die Milchttemperatur vor Eintritt in den Milchtank abgesenkt und der Kühlvorgang verkürzt)
- **Bedarfsgerechte Auslegung des Kälteaggregats und der Milchtankgröße**
- **Aufstellort des Kühlaggregats** an einem kühlen Platz mit genügend Luftzirkulation – bauliche Trennung von Milchlagerraum und Kompressor
- **Milchtank** in Raum mit niedrigen Temperaturen (Nordseite)
- **Regelmäßige Wartung** (Kältemittelstand, Sauberkeit des Aggregats, ...)

LFL Tier und Technik

Neiber-ILT2b 04-2017 001 14
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Praxisbeispiel: Umrüstung der Vakuumpumpe

Milchviehbetrieb mit 70 Milchkühen
 2x4er FG-Melkstand
 Vakuumpumpe 5,5 kW
 Melkdauer 5 h/Tag

Stromeinsparung: -40%
NAPE Förderung: -30%

Umrüstung Vakuumpumpe 5,5 kW	Nachrüstung der Vakuumpumpe mit Frequenzregelung	Vakuumpumpe mit Frequenzregelung		
Investitionskosten inkl. Montage	2.450 €	3.500 €	4.550 €	6.500 €
Stromeinsparung/Jahr		4.000 kWh		4.000 kWh
Strompreis		19,7 ct/kWh		19,7 ct/kWh
Monetäre Einsparung/Jahr		788 €		788 €
Amortisationszeit	3,1 Jahre	4,4 Jahre	5,8 Jahre	8,2 Jahre

Ersatzinvestition Vakuumpumpe 5,5 kW	Konventionelle Vakuumpumpe	Vakuumpumpe mit Frequenzregelung	
Investitionskosten inkl. Montage	4.000 €	4.550 €	6.500 €
Melkdauer	5 h		5 h
Feste Kosten, Wartung, Reparatur	820 €	933 €	1.333 €
Strombedarf/Jahr	10.000 kWh		6.000 kWh
Stromkosten/Jahr (19,7 ct/kWh)	19,7 ct/kWh		19,7 ct/kWh
Gesamtkosten/Jahr	2.790 €	2.115 €	2.515 €

*) 12,5% AFA, 4% Zins, 4% Wartung

Vakuumpumpe mit nachgerüstetem frequenzgesteuerten Elektromotor
 Frequenzgeregelte Vakuumpumpe

LFL Tier und Technik
 Neiber-ILT2b 04-2017 001 15
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Praxisbeispiel: Umrüstung der Vakuumpumpe

Milchviehbetrieb mit 160 MK
 8.125 kg/MK
 Vakuumpumpe 8 kW
 2x10er FG-Melkstand
 Melkdauer 2x3 h/Tag

Stromverbrauch
 2014: 62.838 kWh
 2015: 60.803 kWh
 2016: 48.105 kWh

Einbau einer Vakuumpumpe mit Frequenzregelung

Stromeinsparung: > 14.000 kWh/a

LFL Tier und Technik
 Neiber-ILT2b 04-2017 001 16
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Praxisbeispiel: Nachrüstung eines Rohrvorkühlers

Milchviehbetrieb mit 115 Milchkühen
 2 x AMS (Automatisches Melksystem)
 Milchleistung: 9.520 kg/Kuh/Jahr



Verbrauchsmessung vor Installation
 Abkühlung ca. 3.000 kg Milch täglich: 65 kWh (ca. 2,17 kWh/100 kg Milch)

Verbrauchsmessung nach Installation
 Abkühlung ca. 3.000 kg Milch täglich: 41 kWh (ca. 1,37 kWh/100 kg Milch)

-37%

Investitionskosten:

Rohrvorkühler	2.567 €
CRS Ventilblock	440 €
Installationskosten	464 €
Anschlusskosten	1.900 €
Gesamtkosten, netto	5.371 €

3.760 €

Stromeinsparung/Jahr 8.760 kWh
Strompreis 19,7 ct/kWh
Monetäre Einsparung/Jahr 1.726 €

Amortisationszeit 3,1 Jahre → **2,1 Jahre**

NAPE Förderung: -30%



Rohrvorkühler der Fa. Lely

LFL Tier und Technik

Neiber-ILT2b 04-2017 001 17
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Exkurs: Wärmerückgewinnung + Vorkühlung

Mit **Wärmerückgewinnungssystemen** wird die Abwärme die beim Abkühlen der Milch entsteht, für die Erwärmung des Brauchwassers genutzt.

Durch den Einsatz eines **Vorkühlers** wird die Milch vor dem Einlauf in den Milchtank auf ca. 15°C abgekühlt.

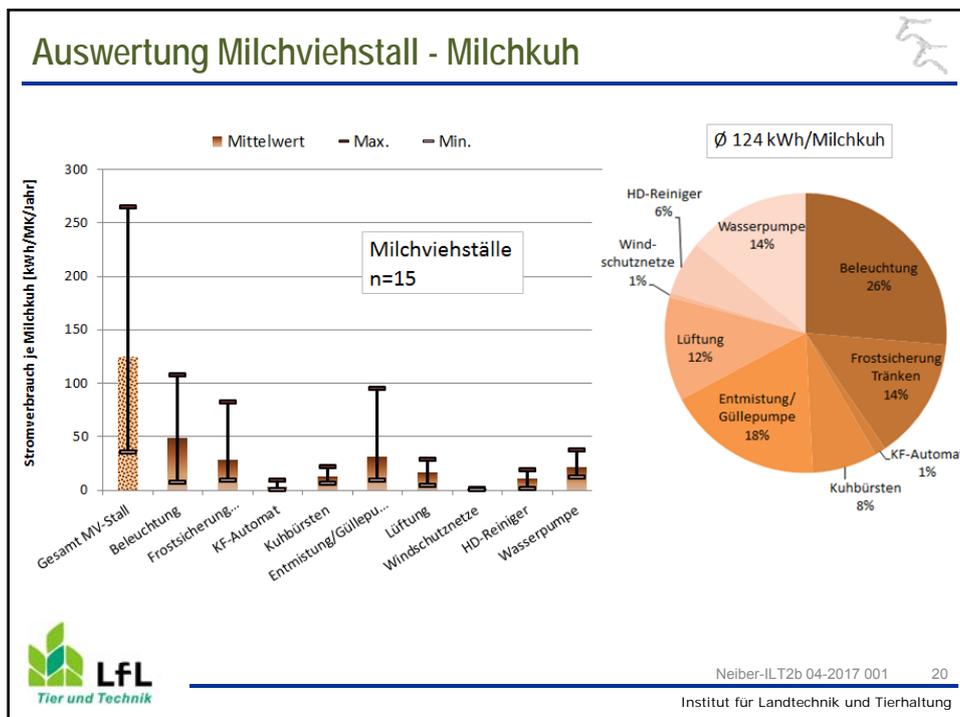
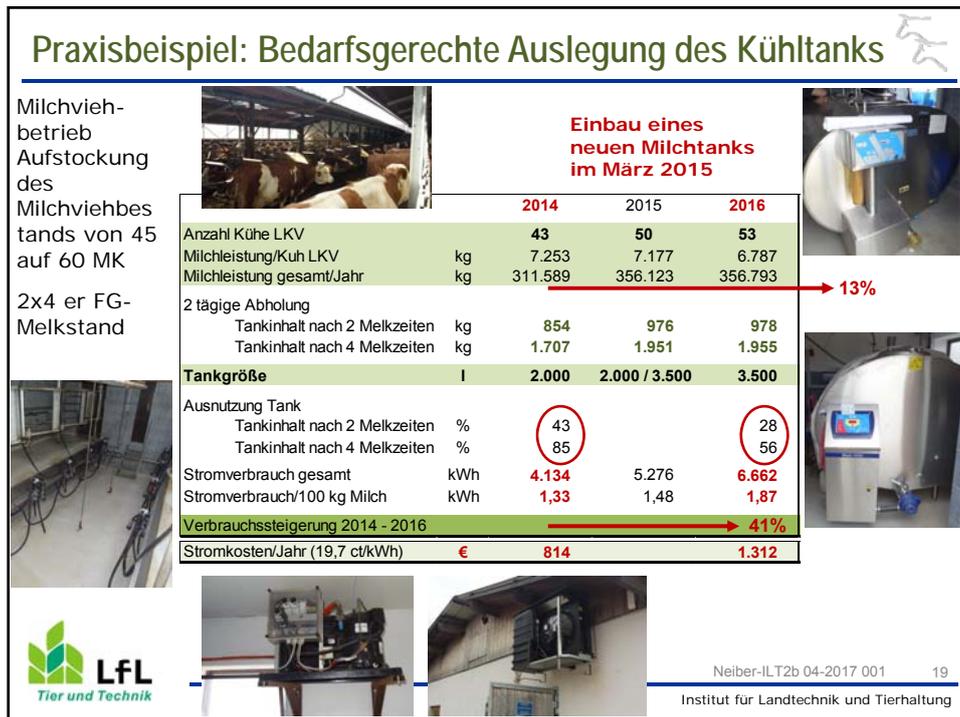
Folge: weniger Abwärme steht für die Wärmerückgewinnung zur Verfügung und die erwärmbare Wassermenge sinkt von **0,6 l** auf **0,3 l** je Liter Milch.

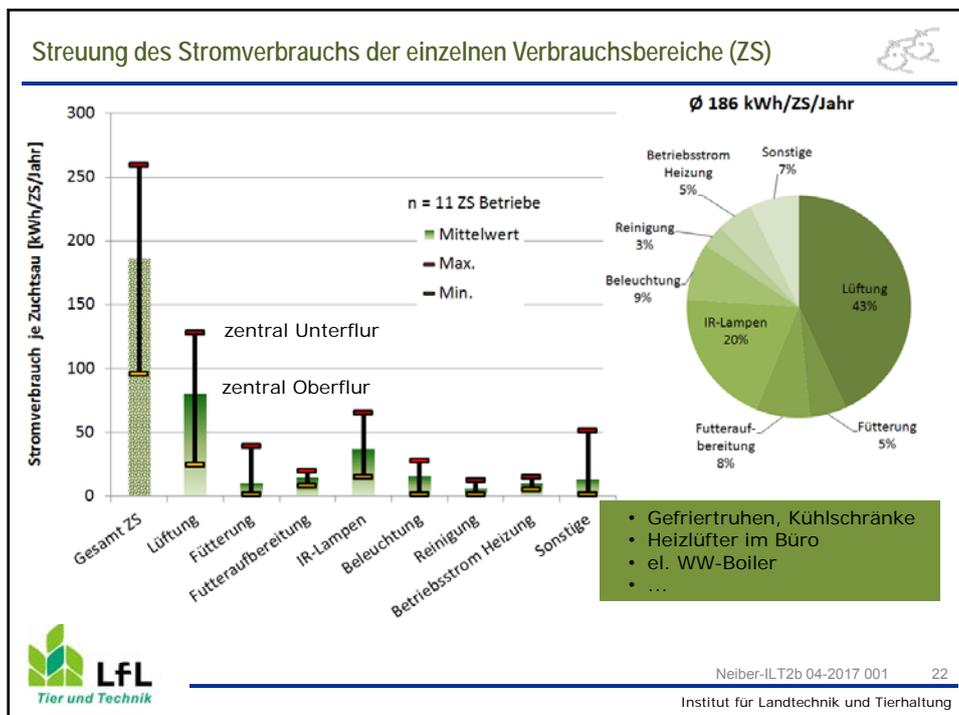
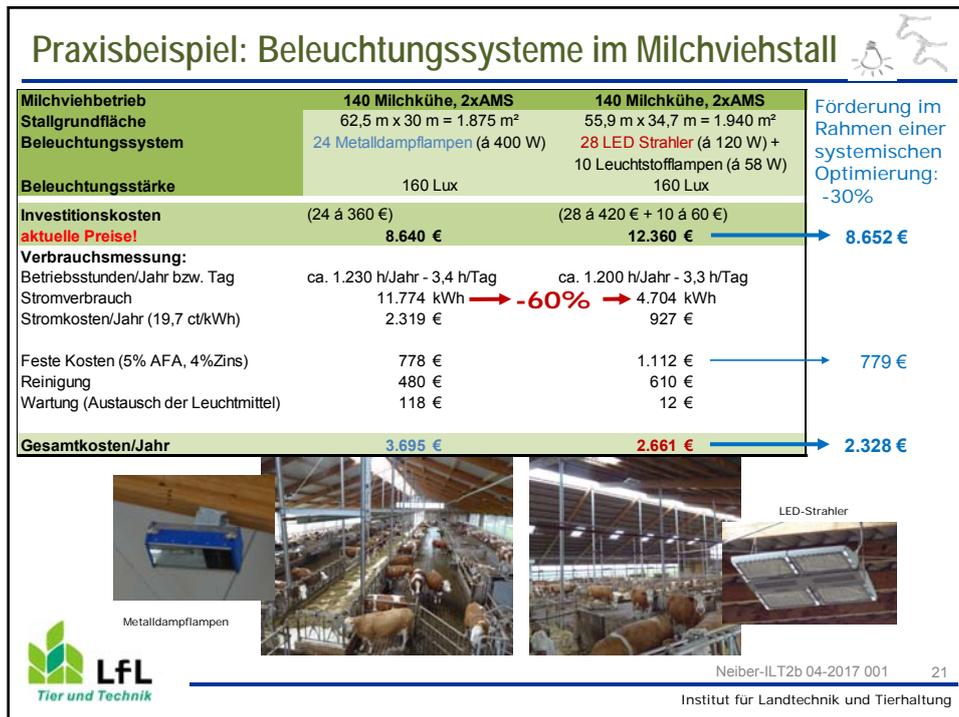


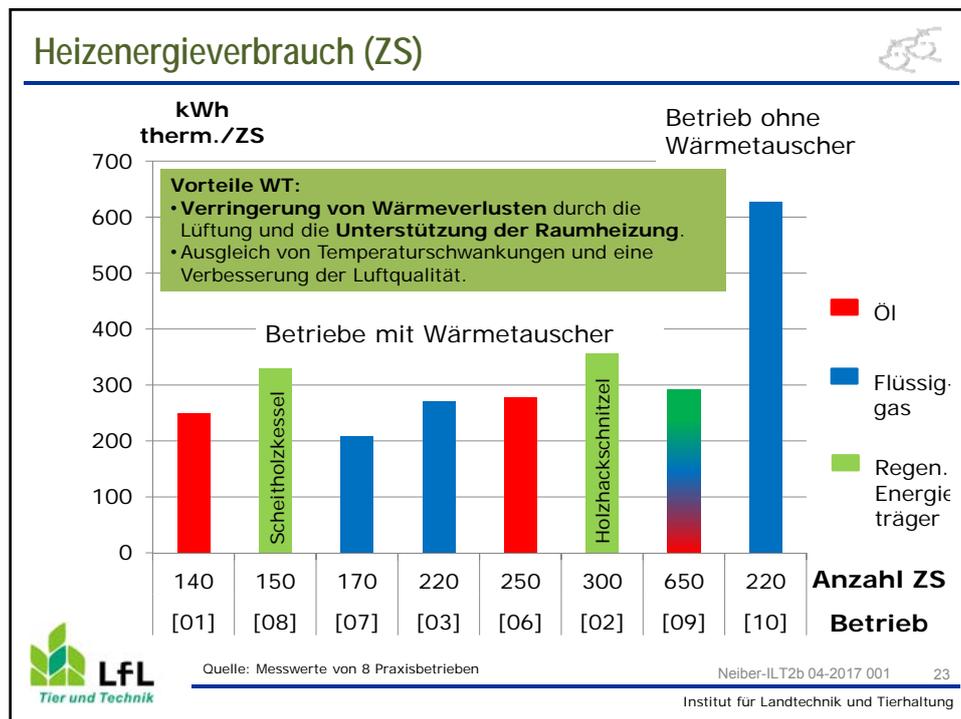

Vorkühlung + Wärmerückgewinnung (WRG)	Praxisbetrieb 1: 55 Milchkühe 2 x 5er FGM	Praxisbetrieb 2: 115 Milchkühe 2 x AMS
Milchleistung:	9.600 kg/Kuh/Jahr 528.000 kg/Jahr	9.520 kg/Kuh/Jahr 1.094.800 kg/Jahr
	Liter/Tag	
Milchmenge	1.450	3.000
erwärmbare Wassermenge (50 °C) inkl. Vorkühlung	435	900
./ Reinigun der Melk- und Tankanlage	300	500
./ Kälbertränke/Handwaschbecken	100	200
verbleibende nutzbare Warmwassermenge	35	200

LFL Tier und Technik

Neiber-ILT2b 04-2017 001 18
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung







Baulich-technische Maßnahmen

Energieeinsparung bei der Stallklimatisierung durch:

- richtige **Dimensionierung der Lüftungsanlage**
 (Sommer: Abfuhr der Wärme – Winter: Wasserdampf + Schadgase)
- strömungstechnisch günstige Gestaltung der **Zu- und Ablufführung**

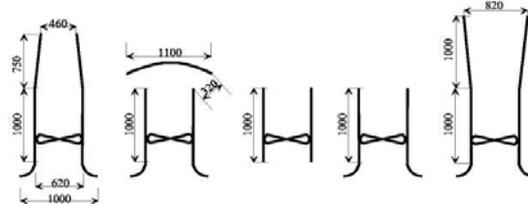
- fachgerechte **Dämmung und Abdichtung** der Stallgebäude und des Dachraums
 (Vermeidung von Wärmeverlusten im Winter und eine starke Zuluftanwärmung im Sommer)

Quelle: Neiber-ILT2b 04-2017 001 24
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Energieeinsparung durch optimale Gestaltung der Abluftführung



Der Luftdurchsatz der Ventilatoren wird durch **Strömungswiderstände** abgesenkt. Besonders deutlich wird dieser Zusammenhang bei der **Abluftgestaltung**.



Drehzahl	min ⁻¹	821	814	790	805	832
Leistungsaufnahme	W	390	390	403	401	378
Volumenstrom	m ³ /h	4870	5090	6620	7410	10930
	%	68	71	100	109	127
Spezifischer Volumenstrom	m ³ /kWh	15050	15 620	21390	23470	28920
	%	70	73	100	110	135
Spezifische Leistungsaufnahme	W/1000 m ³ h ⁻¹	66,4	64,1	46,8	42,6	34,6
	%	142	137	100	91	74



Quelle: S. Pedersen, DK, SJF, 1999

Neiber-ILT2b 04-2017 001 25

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

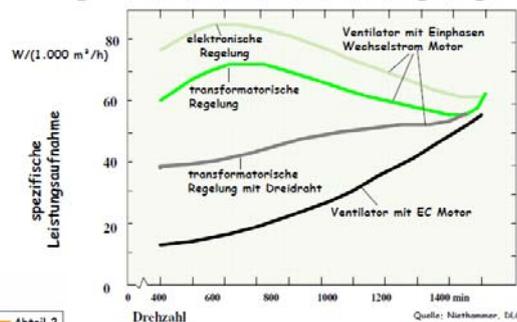
Praxis: Regelungstechnik



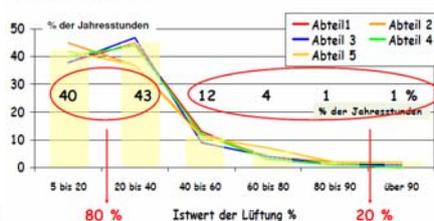
Die Art der Regelung hat einen direkten Einfluss auf den Energiebedarf.

Vor allem im abgeregelten Leistungsbereich haben **frequenzgesteuerte** und **EC-Ventilatoren** mit **elektronisch geregelter Gleichstrommotor** im Vergleich zu herkömmlichen Ventilatoren mit **Phasenanschnitt-** oder **transformatorischer Steuerung** eine deutlich geringere spezifische Leistungsaufnahme.

Leistungsaufnahme verschiedener Regelungen



Lüfterlaufleistung



In Abferkelställen verursacht die Lüftung im Winter bis zu 85% der gesamten Wärmeverluste.

Durch eine optimal an die Lüftungsrate angepasste Regelung werden der **Heizbedarf** reduziert und Temperaturschwankungen im Stall auf ein Minimum begrenzt.



Quelle: Feller, LWK NRW

Neiber-ILT2b 04-2017 001 26

Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Praxisbeispiel: Beleuchtung

Nutztierhaltungsverordnung:
 Beleuchtungsstärke im Aufenthaltsbereich der Tiere mindestens 80 Lux über 8 Stunden dem Tagesrhythmus angepasst




- Halbierung der Anschlussleistung durch Einsatz von Lichtreflektoren:**
 Verbesserung des Lampenwirkungsgrades durch gezielte Lichtabgabe in die Beleuchtungsebene
- Einsatz elektronischer Vorschaltgeräte**
 Wirkverlustleistung einer 58 W Leuchtstoffröhre KVG = 8-12 W
EVG = 4-6 W

Beispielrechnung Beleuchtung: Praxisbetrieb mit 300 ZS					EVG + T5 36 W	LED
Beleuchtung mit Leuchtstoffröhren 58 W (KVG) – 80 Lux					-40%	-20%
Gemessener Wert (Licht Abteile): 4.377 kWh					kWh	kWh
	Anzahl	Stunden	Tage	kWh		
Büro, Hygiene, Z-Gang	15	1,5	365	476		
Abferkelabteile	24	3,5	365	1.778		
Wartebereich	10	1	365	211		
Deckzentrum	10	2	365	423		
Stimulationsbeleuchtung	24	14	44	857		
Ferkelaufzuchtteile	24	2	365	1.016		
Gesamt	107			4.761	2.857	2.286
Stromkosten Beleuchtung /Jahr (24 ct/kWh)			€	1.143	686	548
Investitionskosten pro Leuchte			€	40-60	40-60	70-200

 Einsatz von **Bewegungsmeldern, Zeitschaltuhren** oder abschnittsweises Beleuchten langer Gänge und Abteile

Neiber-ILT2b 04-2017 001 27
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Praxisbeispiel: Austausch von Umwälzpumpen

Alte Heizungspumpen sind meist nicht regelbar. Das bedeutet, sie arbeiten immer mit der gleichen Drehzahl und können sich nicht dem tatsächlichen Bedarf anpassen.

Austausch von Heizungspumpen (6 Jahre in Betrieb)				
FAZ 1440 Plätze Messwerte über 1 Jahr	Verbrauch [kWh]	Stromkosten [ct/kWh]	Kosten/Jahr	
2 Umwälzpumpen im Heizraum	434	0,24	104,2	€
4 Umwälzpumpen für Abteile	327	0,24	78,5	€
Gesamtkosten			182,7	€
Kosten Austausch von 6 Umwälzpumpen (à 150 €)			900	€
Annahme: Energieeinsparung von 60 %			110,6	€
Statische Amortisation (ohne Verzinsung)			ca. 5,7 Jahre	ca. 8,1 Jahre
Kosten Austausch von 2 Umwälzpumpen Heizraum (à 150 €)			300	€
Annahme: Energieeinsparung von 60 %			62,5	€
Statische Amortisation (ohne Verzinsung)			ca. 3,4 Jahre	ca. 4,8 Jahre

NAPE Förderung: -30%

↓
↓

 Neiber-ILT2b 04-2017 001 28
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Dämmung

Baulicher Wärmeschutz – Minderung des Transmissionswärmestromes durch Dämmung

Beispielrechnung: 240 ZS; Stall: 50 x 25 m = 1250 m² - Stalldecke
 Innentemperatur: Ø 20°C Außentemperatur: Ø 10 °C

Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

8 cm Perlite-Schüttung	0,56W/m ² K
12 cm Hartschaumplatten:	0,26W/m ² K

Transmissionswärmeverlustleistung P = U-Wert * Fläche * Temperaturdifferenz

U-Wert [W/m ² K]	Fläche [m ²]	ΔT [K]	Jahr [h]	[kWh]	Heizöl [10 kWh/l]
0,56	1.250	10	8.760	61.320	6.132
0,26	1.250	10	8.760	28.470	2.847 ↓

Neiber-ILT2b 04-2017 001
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Möglichkeiten der intelligenten Energienutzung

Energiebereitstellung
 EVU
 regenerative Energieträger

↔

Energieverbrauch
 Energiemanagement und Energieeffizienz
 im landwirtschaftlichen Betrieb

Optimierung der Eigenstromnutzung von PV-Anlagen

Die **Einbindung und Nutzung** von eigen erzeugter regenerativer Energie in das betriebliche Lastprofil.

- Einspeisevergütung für Solarstrom ist niedriger als der Bezugspreis für Strom (**Ökonomie**)
- Einsparung fossiler Energieträger (**Ökologie**)

Möglichkeiten zur Optimierung des Eigenstroms

- **Lastverschiebung:** Anpassung des Stromverbrauchs
- **Ausrichtung der PV-Anlage:** Verlängerung der Nutzungszeit
- **Technische Ausstattung:** Automatisierung (Mastfütterung)
- **Auslegung der Anlagengröße an den Energiebedarf**
- **Speicherung und bedarfsbezogene Nutzung** (Druckluftspeicher, Eisspeicher in der LW für die Milch Kühlung)

Neiber-ILT2b 04-2017 001
 Institut für Landtechnik und Tierhaltung

Beispiel: Lastverschiebung

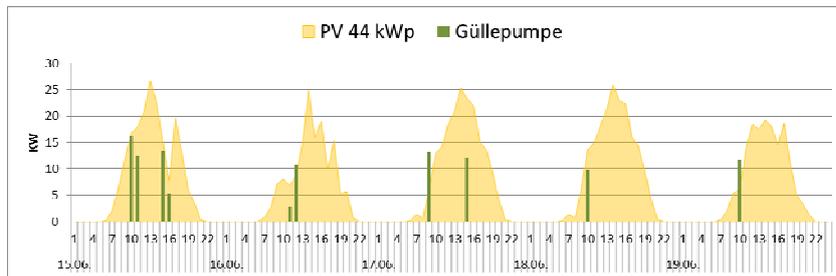


Entmistung

- Güllepumpen in Zeiten mit hoher solarer Einstrahlung einschalten.
- Zeitschaltuhr, Lastabwurfgerät oder Verriegelung

Bsp.: Güllepumpe Milchviehstall VS Grub 120 MK

Anlage Güllegrube (Lagerkapazität 1.400 cbm)	Elektrischer Anschlusswert [kW]	Laufzeit [h/Jahr]	Jahresstrom- verbrauch [kWh]
Güllepumpe	18	ca. 220	2.862

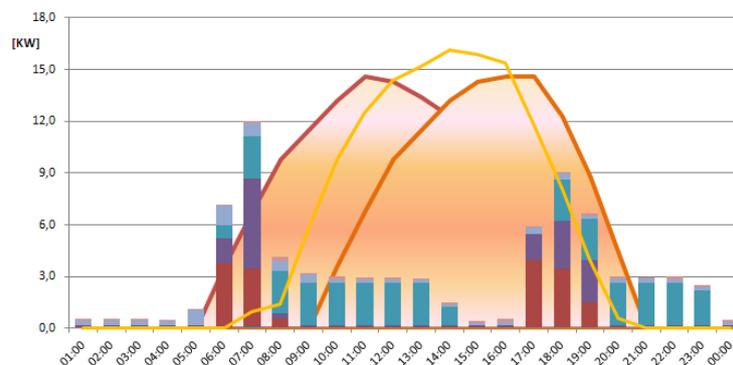


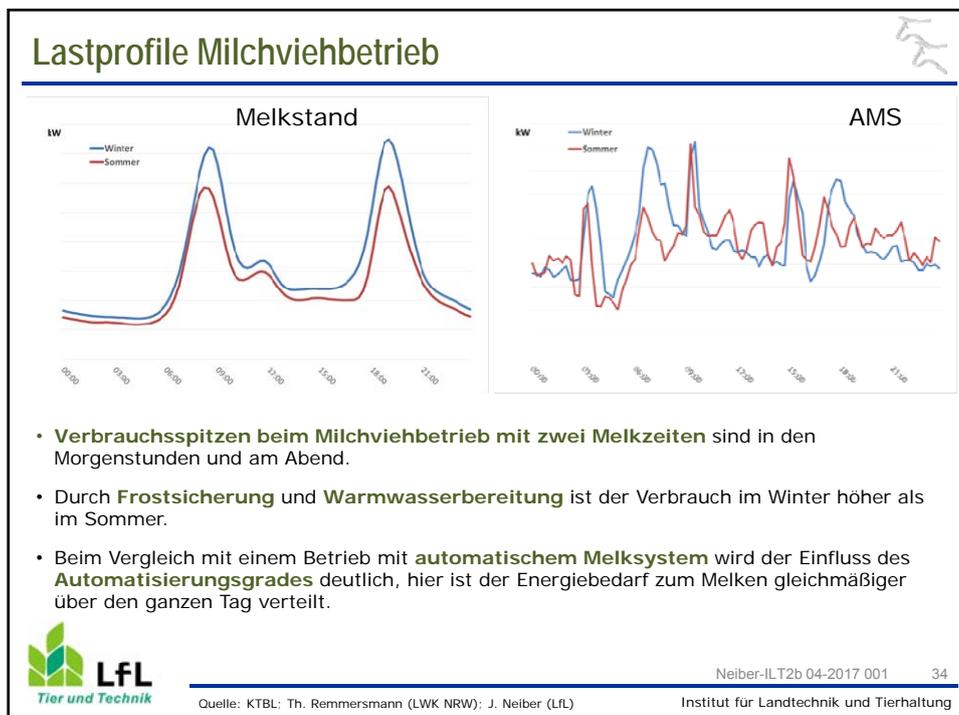
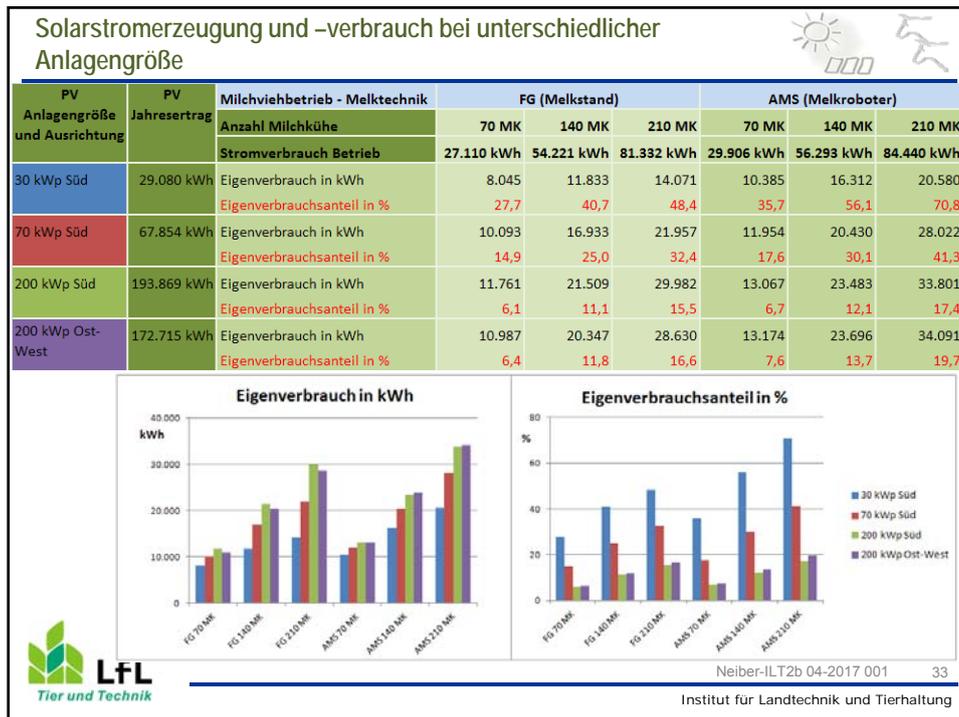
Ausrichtung der PV-Anlage

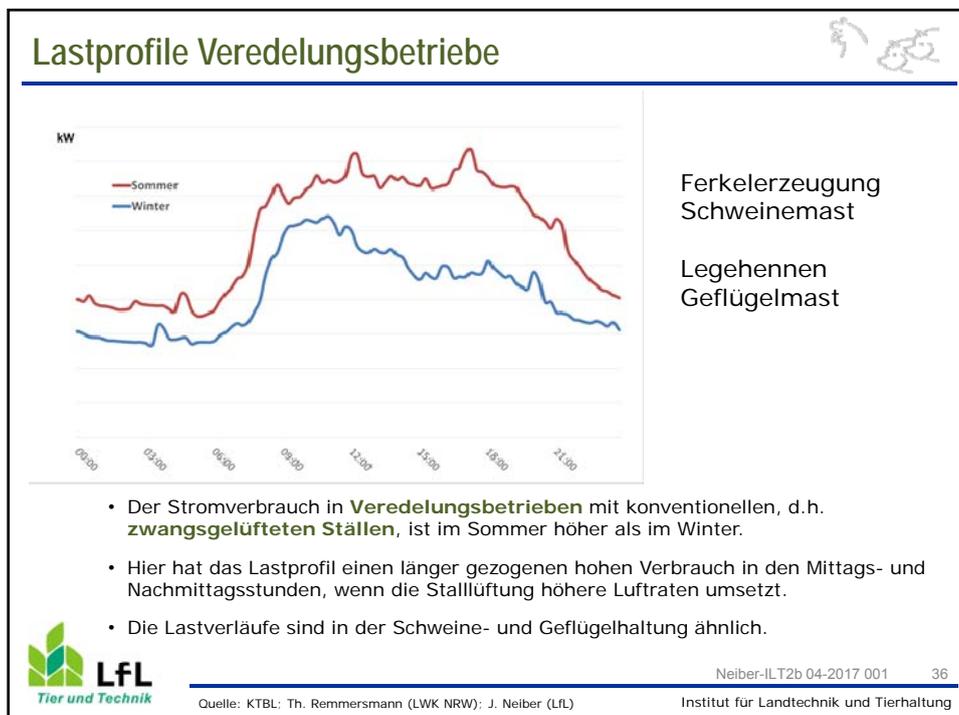
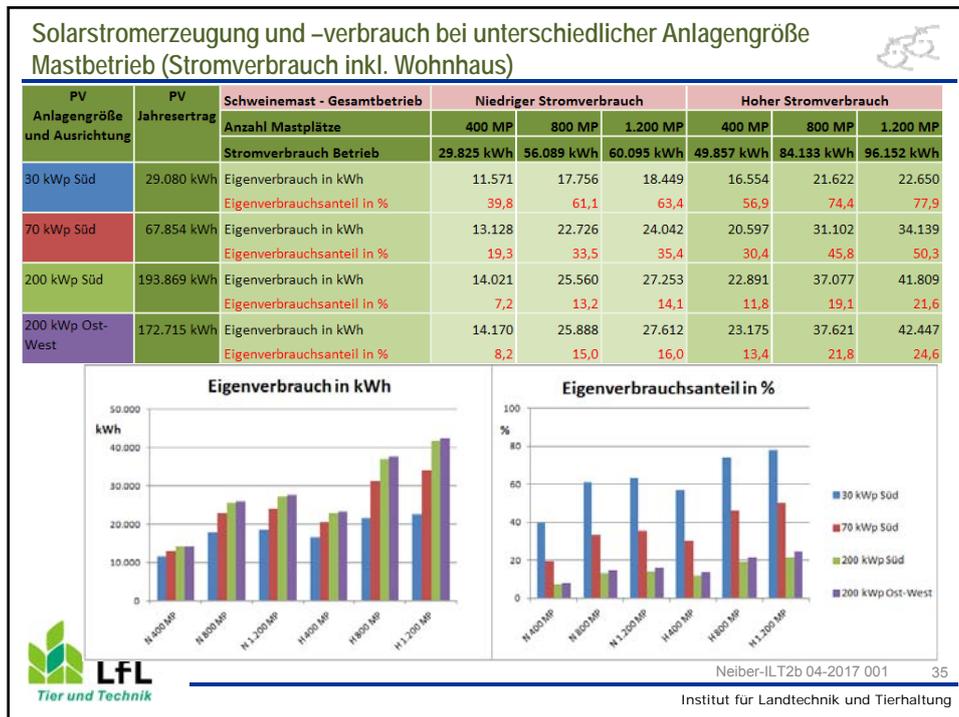


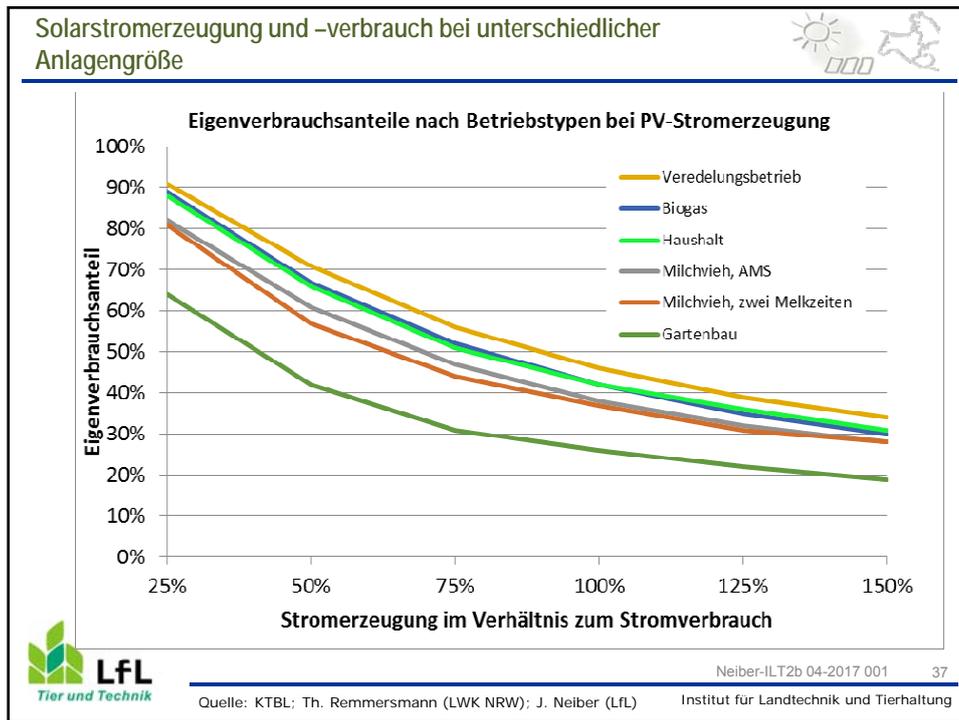
Tageslastgang FG-Melkstand (55 Milchkühe)

- Milchpumpe
 - Milchkühlung
 - Vakuumpumpe
 - Kraffütterautomat
 - Kompressor
 - Beleuchtung
 - Reinigung
 - Kuhkomfort
 - PV - Ost
 - PV - Süd
 - PV - West
- PV: 60 kWp









Energiespeicherung: Batteriespeicher

Gründe für den Einsatz von Speichern

- Optimierung des Eigenverbrauchsanteils
- KfW - Programm 275: Erneuerbare Energien "Speicher"
- PV < 30 kWp
- 20 Jahre 50% Leistungsbegrenzung
- Tilgungszuschuss

Anforderungen an Speicher

- Hoher Wirkungsgrad / Lebensdauer

0,20 €/kWh

Speicherleistung [kW]	Speicherkapazität [kWh]
10	41
20	18
30	54.300
40	53.000
50	48.800

Antragszeitraum	Anteil an förderfähigen Kosten
ab 1.3.2016 (Programmbeginn) bis 30.6.2016	25 %
ab 01.07.2016 bis 31.12.2016	22 %
ab 01.01.2017 bis 30.06.2017	19 %
ab 01.07.2017 bis 31.12.2017	16 %
ab 01.01.2018 bis 30.06.2018	13 %
ab 1.7.2018 bis zum 31.12.2018 (Programmende)	10 %

Stromspeicherkosten

10/2016	€/kWh	0,38	0,30	0,28	0,26	0,27	0,25
---------	-------	------	------	------	------	------	------

Quelle: verändert nach C.A.R.M.E.N. e.V., KTBL-Heft 110 Institut für Landtechnik und Tierhaltung

