

Eigennutzung von Solarstrom für Ferkel- nester



Abb. 1: Wärmegedämmte Ferkelnester mit intelligenter Temperaturregelung ermöglichen beträchtliche Energieeinsparungen. (Fotos: Ludo Van Caenegem, Agroscope ART)

Abschätzung des Eigennutzungsanteils aufgrund des Lastgangs von modernen elektrisch betriebenen Ferkelnestern und der Photovoltaik-Produktion

April 2016

Simon Gisler
AgroCleanTech Verein
c/o Schweizer Bauernverband
Belpstrasse 26
3007 Bern

Mit finanzieller Unterstützung von:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landwirtschaft BLW
Staatssekretariat für Wirtschaft SECO



energie schweiz
Unser Engagement: unsere Zukunft.



Abschätzung des Eigennutzungsanteils aufgrund des Lastgangs von modernen elektrisch betriebenen Ferkelnestern und der Photovoltaik-Produktion

2. Teil Projektarbeit HSR / WERZ

Autor: Gisler Simon
E-Mail: simon.gisler@agrocleantech.ch
Adresse: Wybärgstrasse 12, 6232 Geuensee

Themengebiet: Erneuerbare Energien
Studiengang: CAS ENE 1502
Betreuer: Urban Frei, Ryttec AG
Co-Lektorin: Thalia Meyer, Spektrum-Energie GmbH

Abstract

Das Heizen und Klimatisieren der Schweizer Abferkelställe ist energieintensiv und braucht rund 52'000 MWh/a. Um dabei den sehr unterschiedlichen Temperaturansprüchen von Ferkeln (>34 °C) und Muttersau (<18 °C) gerecht zu werden, sind spezielle Warmhalteboxen, sogenannte Ferkelnester im Einsatz. Diese Ferkelnester werden fein gesteuert optimalerweise direkt mit elektrischer Energie beheizt.

Aufgrund der grossen Schweinestalldächer ist eine direkte Produktion des Stroms mit Photovoltaik auf den Schweineställen möglich. Mit einer Berechnung, ob der Anfall des Solarstroms gerade gut zu dem Heizbedarf von Ferkelnestern passt, wurde die Wirtschaftlichkeit von einer solchen Stromproduktion abgeschätzt. Die Investition in eine Photovoltaik-Anlage für den Betrieb der Ferkelnester mit einer hohen Eigennutzung von Solarstrom lohnt sich bei den heutigen Strompreisen jedoch nicht. Selbst mit der rasch realisierbaren Förderung der Einmalvergütung, sind die eigenen Stromgestehungskosten noch zu hoch, resp. die Rüchspeisetarife des nicht selber verbrauchten Stroms zu tief.

Die Ursache für den unwirtschaftlichen Betrieb von Ferkelnestern mit eigenem Solarstrom liegen aber auch im Stromlastgang (zeitlicher Stromanfall und -verbrauch). So ist der Stromverbrauch eines Ferkelnests in der Nacht 18% höher als am Tag und schwankt übers Jahr um $\pm 20\%$. Der höchste Bedarf fällt im Winter an und der tiefste Verbrauch im Sommer. Sowohl der tägliche wie der jährliche Lastgang von Ferkelnest und PV-Anlage sind gegenläufig. Das erschwert den notwendig hohen Anteil an Eigennutzung mit einer wirtschaftlich genügend grossen PV-Anlage zu erreichen.

Jedoch gibt es auf Schweinebetrieben andere wichtige Stromverbraucher mit deutlich günstigerem Stromlastgang. Der Verbrauch von Lüftungsventilatoren mit hohem Bedarf am Mittag und Sommer passt erwiesenermassen besser zur Solarstrom-Produktion. Deshalb ist es für die Auslegung einer hohen Eigennutzung wichtig, den gesamten Lastgang des Schweineaufzuchtbetriebs zu betrachten. Allein für den Betrieb der Ferkelnester ist der Einsatz von Solarstrom bei den momentanen Bedingungen beschränkt wirtschaftlich. Insofern gilt es zu klären, ob die Eigennutzung von Solarstrom nicht wegen, sondern auch mit den Ferkelnestern eine interessante wirtschaftliche Option sein könnte und zudem klimaschonend wirkt.

Inhalt

Abstract	1
1 Einleitung	4
1.1 AgroCleanTech	4
2 Ausgangslage	5
2.1 Energieverbrauch Schweizer Landwirtschaft Schweinehaltung	5
2.2 Energieverbrauch und spezielle Klimatisierung von Abferkelställen.....	5
2.3 Einsatz von erneuerbarer Energie in der Schweinehaltung	6
3 Aufgabenstellung	7
3.1 Kurzbeschreibung des Vorgehens	7
4 Untersuchungen und Abklärungen zu Ferkelnestern	8
4.1 Funktion des Ferkelnests	8
4.2 Verschiedene Varianten von Ferkelnestern.....	9
4.3 Heizung geschlossener Ferkelnester.....	9
4.4 Stromverbrauch von Ferkelnester	10
4.4.1 Literaturrecherche des Stromverbrauchs verschiedener Ferkelnester.....	10
4.5 Stromlastgang Ferkelnest.....	11
4.5.1 Messungen des Stromverbrauch eines Ferkelnestes	11
4.5.2 Abferkelstall und Ferkelnester des Messbetriebs	12
4.5.3 Täglicher Stromlastgang eines Ferkelnests.....	13
4.5.4 Lastgang eines Ferkelnests pro Wurf.....	14
4.5.5 Lastgang des Stromverbrauchs von Ferkelnester zweier Abferkelgruppen	14
4.5.6 Jährlicher Lastgang des Ferkelnests.....	15
5 Photovoltaik-Anlage	17
5.1 Standort Unterhilti	17
5.2 Herleitung der täglichen Photovoltaikproduktion mit PVGIS	17
6 Eigennutzung von PV-Strom für ein Ferkelnest	19
6.1 Stündliche Eigennutzung eines energieeffizienten Ferkelnests aus PV-Produktion.....	19
6.2 Eigennutzungsanteil in Abhängigkeit der PV-Anlagengrösse	20
6.3 Optimale Grösse der PV-Anlage pro Ferkelnest.....	20
7 Wirtschaftlichkeit	21
7.1 Strompreise eines Schweinehaltebetrieb: Bezug- und Rückvergütungstarif	21
7.2 Wirtschaftlichkeit der Eigennutzung von PV-Strom mit Ferkelnestern	21
7.2.1 Investitionskosten der Photovoltaik-Anlage.....	21
7.2.2 Förderbeiträge Einmalvergütung.....	22
7.2.3 Abschreibung, Verzinsung und Unterhalt der Photovoltaik-Anlage.....	22
7.2.4 Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Eigennutzung von PV-Strom.....	22
8 Schlussfolgerungen	24
9 Literatur und Quellenverzeichnis	25

Anhang.....	27
I Anhang: Kurzinfo Haltung von Schweinen	27
II Anhang: Grobanalyse Stromverbrauch Ferkelnest zu PV-Produktion	29
III Anhang Rohdaten Versuch Strickhof 2014	30
IV Anhang Modellierter Tagesverbrauchskurve eines Ferkelnests der verschiedenen Monate.....	32
V Anhang Durchschnittlicher Globaler Einstrahlungsverlauf pro Monat.....	33
VI Anhang PV-Produktion im Tagesverlauf pro Monat Unterhilti Hohenrain.....	34
VII Anhang PV-Produktion auf dem Betrieb Unterhilti gemäss PVGIS.....	35
VIII Anhang Schweizer Angebote für PV-Anlagen aufdach	36
IX Anhang Annuitätenberechnung Eigenverbrauch PV-Anlagen mit 128 Ferkelnester.....	38

1 Einleitung

1.1 AgroCleanTech

Die Institution AgroCleanTech (ACT) wurde im 2011 vom Schweizer Bauernverband, Agridea, Ökostrom Schweiz und Ernst Basler & Partner aufgebaut. Im Jahr 2014 wurde AgroCleanTech in die beiden Organisationen AgroCleanTech AG und dem AgroCleanTech Verein aufgeteilt. Die AgroCleanTech AG konzentriert sich auf die Umsetzung von Energieeffizienz-Programmen. Der AgroCleanTech Verein nimmt die Funktion als Wissensplattform für erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Klimaschutz in der Landwirtschaft wahr. Der Verein hat 34 Mitglieder und wird durch drei Bundesämter (Bundesamt für Landwirtschaft, Bundesamt für Energie und Seco) sowie die fenaco (genossenschaftlich organisiertes Unternehmen im Landwirtschaftssektor) finanziell unterstützt.

ACT ist als Energie- und Klimaschutzagentur der Landwirtschaft bestrebt, das agronomische Wissen zu erneuerbaren Energien, Energieeffizienz und Klimaschutz auszubauen, zu sammeln und als Wissensplattform in der Landwirtschaft vielfältig zu verbreiten. So wurde im Jahr 2012 eine Studie „Ressourcen- und Klimaeffizienz: Potenzialanalyse Landwirtschaft“ erstellt und auf Ende 2015 eine kostenlose Internetanwendung „Energie- und Klimacheck für Landwirte“ aufgeschaltet.

Nachdem die Produktionspreise von Photovoltaikanlagen (PV) in den letzten Jahren eine bedeutende Preissenkung erfahren, zeichnet sich bei der PV-Förderung über die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) eine Änderung ab. Durch Überlegungen zu vermehrtem Eigennutzung und direkter Verbrauchsoptimierung soll auch in der Landwirtschaft der PV-Strom stärker an den Markt geführt werden. Mit der Bearbeitung dieses Themas soll untersucht werden, wie wirtschaftlich die Ferkelnester mit der Eigennutzung des PV-Stroms von den Schweinestalldächern betrieben werden können.

2 Ausgangslage

Der Bundesrat und das Parlament haben im Jahr 2011 nach der Reaktorkatastrophe in Fukushima den Grundsatzentscheid für den Umbau der schweizerischen Energieversorgung und den Ausstieg aus der Kernenergie gefällt. Die Atomkraftwerke werden nach Ablauf ihrer sicherheitsbedingten beschränkten Betriebsdauer abgestellt. Durch die konsequente Verbesserung der Energieeffizienz, sowie der Produktion von erneuerbaren Energien, wird die zukünftige Stromversorgung der Schweiz sichergestellt. Basierend auf diesen neuen Energieperspektiven hat der Bundesrat die Energiestrategie 2050 entwickelt und gleichzeitig als Instrument einer zukunftsgerichteten Klimapolitik lanciert. Die Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energien und der Ersatz von fossilen Energieträgern erlaubt zukünftig die CO₂-Emissionen zu senken. Gleichzeitig kann mit einer vermehrten Eigenversorgung die Wertschöpfung in der Schweiz, sowie die energetische Unabhängigkeit des Energiesektors substantiell gestärkt werden.

Die folgende Arbeit will mit einem konkreten Ansatz aufzeigen, wie die Landwirtschaft ihren Teil beitragen und die Energiestrategie 2050 nutzbringend umsetzen kann. Der Fokus liegt dabei auf der Schweinehaltung. Deshalb ist es nicht erstaunlich, dass in der Schweinehaltung für Stallklimatisierung und Futteraufbereitung viel Energie eingesetzt werden muss und hohe Potenziale im Einsatz von erneuerbaren Energien aufweist.

2.1 Energieverbrauch Schweizer Landwirtschaft Schweinehaltung

Die Landwirtschaft verbraucht rund 1.7 % des Schweizerischen Stromkonsums von 60 Mio. MWh pro Jahr (BFE 2015), was rund 1 Mio. MWh/a auf rund 54'000 Landwirtschaftsbetriebe ausmacht (BFS 2015). Schweinehaltungsbetriebe weisen einen Stromverbrauch von durchschnittlich 35 MWh/a aus (Alig et al. 2015; Neiber und Neser, 2010). Damit liegen sie deutlich über dem durchschnittlichen Schweizer Landwirtschaftsbetrieb von 19 MWh/a (1 Mio./54'000). Der Hauptverbrauch (> 50 %) in der Schweineproduktion ist dabei auf die Klimatisierung der Ställe zurückzuführen (Neiber und Schmid, 2012). Wegen der Luftbelastung mit Schadgasen (CO₂ und Ammoniak) ist ein hoher ständiger Luftaustausch notwendig. Dies führt zu hohem Strombedarf für die Ventilatoren und beträchtlichem Heizverlust, die technisch mit Wärmedämmung, Wärmetauschern oder gesteuerter Lüftung halbiert werden könnten (Van Caenegem et al. 2010 b).

Die Klimatisierung (Heizung und Lüftung) der Schweineställe in der Schweiz beansprucht so einen geschätzten Energiebedarf von 130'000 MWh/a (Van Caenegem et al., 2010b). Der Stromverbrauch liegt für das Mastschwein bei 120 kWh/Platz/a und für eine Zuchtsau im Bereich 600 bis 1'100 kWh/a (Van Caenegem und Sax; 2011). Die Werte für die Zuchtsauen werden in Deutschland mit 400 bis 500 kWh/a tiefer angegeben (Neiber und Neser, 2010). Das liegt an den grösseren Schweinebetrieben in Deutschland, aber vor allem auch am Einsatz anderer Warmhaltesysteme für die Ferkel (nachfolgend Ferkelstester). So werden diese im Gegensatz zur Schweiz in den deutschen Aufzuchtbetrieben nicht mit Elektro- sondern mit Warmwasserheizungen betrieben. Elektrisch wird nur sekundär nachgeheizt.

Zusätzlich verursachen die gesetzlich vorgeschriebenen Haltebedingungen von Muttersauen in der Schweiz mehr Aufwand (z.T. auch Energie), da diese einen höheren Tierschutzstandard als in der EU gefordert erfüllen. Deshalb ist ein direkter Vergleich des europäischen Stromverbrauchs von Zuchtsauen und deren Aufzuchtssystemen mit den schweizerischen Bedingungen nur begrenzt sinnvoll und die vorhandenen Werte sind entsprechend zu abstrahieren.

2.2 Energieverbrauch und spezielle Klimatisierung von Abferkelställen

Der Energiebedarf für das Beheizen der Abferkelställe wurde in der Schweiz auf 52'000 MWh/Jahr (an Caenegem 2008) geschätzt. Abferkelställe werden idealerweise bei für die Muttersau optimierten Temperaturen von 16 bis 18 °C geführt (Rudovsky et al. 1999). So braucht die Lüftung und vor allem das intensive Warmhaltesystem für die Ferkel viel Strom. Der grösste Teil des Stromverbrauchs der Schweinehaltung wird selbst in Deutschland bei der

Ferkelaufzucht eingesetzt (Neser und Neiber 2013). In Abferkelställen macht die Ferkelheizung bis zu 70 % des Stromverbrauchs aus (Büscher 2009; Öhlinger et al. 2008).

Im Gegensatz zu den Muttersauen brauchen die Ferkel Lufttemperaturen von 34 °C im Ferkelneest. Ein kleiner Teil der Betriebe heizt sogar noch über elektrische Widerstandsheizungen im Boden. Ebenso werden auch in der Schweiz etwa bei einem Viertel der Betriebe die Abferkelställe mit warmwasserbeheizten Ferkelneestern betrieben. Bei diesen können jedoch die gewünschten Temperaturen viel weniger fein geregelt werden und eine Anpassung des verminderten Wärmebedarfs mit zunehmendem Ferkelalter ist viel schlechter möglich.

2.3 Einsatz von erneuerbarer Energie in der Schweinehaltung

Der hohe Verbrauch von Elektrizität in der Schweineproduktion macht diese kostenseitig abhängig von den Strompreisen. Um dem wachsenden Kostendruck auf die Schweizer Landwirtschaft zu begegnen, sollte auch bei den Energiekosten angesetzt werden. Zudem wird beim heutigen Trend zu vermehrt vegetarischer Ernährung die Vermarktung von Fleisch und dessen umweltfreundlichen Produktion mit erneuerbaren Energien ein zunehmendes Verkaufs- und Alleinstellungsmerkmal (persönliche Einschätzung).

Einerseits sollte versucht werden die Energieeffizienz zu verbessern, andererseits weisen Abferkelställe beachtliche Dachflächen aus, die für die Photovoltaik (PV) geeignet wären. Wie bei den erfolgreichen Gebäudeprogrammen von Wohnhäusern (Wärmepumpe nach Gebäudehülle-Sanierung), könnte sich auch bei Schweineställen nach einer Verbesserung der Energieeffizienz der Einsatz von erneuerbaren Energien lohnen.

Insbesondere braucht der gängige Ansatz landwirtschaftliche PV-Anlage mit KEV-Beiträgen zu betreiben eine wirtschaftliche Alternative. Wegen der langen Warteliste der Anmeldungen für KEV-Beiträge und der politischen Zurückhaltung für weitere Unterstützung von KEV für PV muss ein anderes, marktnäheres Business-Modell für neue PV-Anlagen gesucht werden (Berger 2014). Die Einmalvergütung, zusammen mit einer Eigenverbrauchsoptimierung von PV-Anlagen, bietet die Möglichkeit einerseits die Schweineproduktion für den Landwirt wirtschaftlicher und andererseits klimafreundlicher und somit konsumentengerechter zu gestalten.

3 Aufgabenstellung

In der folgenden Arbeit wird geprüft, ob der Strombedarf von energieeffizienten Ferkelneestern mit selber produziertem PV-Strom gedeckt werden kann und für den Landwirt wirtschaftliche Vorteile bringt.

3.1 Kurzbeschreibung des Vorgehens

Eine erste Grobanalyse zur notwendigen Dachfläche für die Deckung des Eigenverbrauchs von Strom der Ferkelneester wurde angestellt. Diese hatte gezeigt, dass mit energieeffizienten Ferkelneestern es möglich ist, den jährlichen Stromverbrauch auf dem eigenen Dach zu 40 % zu decken (Anhang II). Gemäss VESE (2016) wird ab einem Eigenverbrauchsanteil grösser als 35 % die direkte Verwendung des Stroms von der PV-Anlage wirtschaftlicher, als wenn der Strom lediglich für einen rund dreimal tieferen Preis ins Netz eingespeist wird.

Eine praxisnahe Berechnung der Produktionskosten soll klären, ob der Eigenverbrauch von Solarstrom für den Betrieb von Ferkelneestern sinnvoll sein kann. Dabei sollen in dieser Arbeit selber Messungen vom Tageslastgang eines energieeffizienten Ferkelneests auf einem Schweinebetrieb vorgenommen werden. Aufgrund des stündlichen Stromverbrauchlastgangs soll mit dem errechneten stündlichen PV-Produktion-profil vom Dach dieses Betriebs ein realistischer Eigenverbrauch durch Ferkelneester errechnet werden. Daraus kann der erzielbare Eigennutzung je nach Grösse der PV-Anlage berechnet werden. Aufgrund der hohen Preisunterschiede für Strombezug oder Einspeisung wird ein möglichst hoher Eigennutzungsanteil entscheidend sein für die Wirtschaftlichkeit dieses Unterfangens.

4 Untersuchungen und Abklärungen zu Ferkelnestern

In der Praxis werden den jungen Schweinen Warmhaltesysteme angeboten, um deren begrenzte Thermoregulation zu unterstützen. Die frisch geborenen Ferkel werden rund 5 Wochen in sogenannten Ferkelnestern gehalten.

Nach dem Absetzen von der Muttersau werden die Ferkel in grösseren Gruppen gehalten und es kommen klimatisierte Ferkelkisten zum Einsatz, die gelegentlich auch Ferkelnester genannt werden. Auf die Energieeffizienz und den Stromverbrauch dieser Ferkelkisten wird jedoch in dieser Arbeit nicht eingegangen.

In der folgenden Arbeit gilt deshalb der Begriff „Ferkelnest“ ausschliesslich für das Warmhaltesystem der säugenden Ferkel.

4.1 Funktion des Ferkelnests

Die optimalen Temperaturen für die säugenden Muttertiere liegen bei 16 bis 18 °C (Rudovsky et al. 1999). Trotz stark unterschiedlichen Temperaturansprüchen von Muttersau und Ferkel, ist eine enge Nähe für das häufige Säugen notwendig. Zudem ist der Platzbedarf für die kleinen Ferkel gering (Meyer et al. 2012). So ist es sinnvoll möglichst nahe bei der Muttersau ein Mikroklima mit deutlich höheren Temperaturen von 28 -34 °C anzubieten. Solche Mikroklimazonen werden als Ferkelnester bezeichnet und gehören zum Standard einer Abferkelbucht. Die Ferkelnester sind Voraussetzung, um die heutigen Abferkelställe bei für Muttertiere optimalen Temperaturen von 16 bis 18 °C Sommer und Winter energiesparend betreiben zu können und die Muttersauen gesund zu erhalten. Ab Temperaturen von 21 °C wird bereits die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Muttersauen und somit Wirtschaftlichkeit spürbar beeinträchtigt (Rufer und Probst 2016). Insofern ist die Verwendung von effizienten Ferkelnestern nicht nur für die direkte Stromeinsparung, sondern gerade im Sommer zur Vermeidung von schädlichem Hitze-stress der Muttertiere zentral.

Das schematische Beispiel einer Abferkelbucht ist in Abbildung 1 mit den verschiedenen funktionalen Bereichen, inkl. Ferkelnest dargestellt. Mit einem für die Ferkel durchlässigen Absperrgitter wird das Nest von der Muttersau geschützt (Abbildung 2). Nach einer kurzen Anlernzeit unmittelbar nach der Geburt beziehen die Ferkel diese warme Umgebung instinktiv. Nach den häufigen täglichen Säugevorgängen benutzen diese die Ferkel Tag und Nacht zum Schlafen, Ruhen und Wachsen.

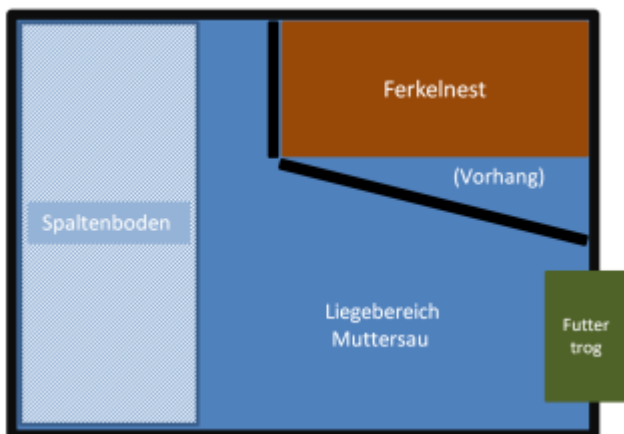


Abb. 1: Abferkelbucht für eine Muttersau mit funktionalen Bereichen und Ferkelnest.



Abb. 2: Eingang Ferkelnest mit Absperrgitter und isolierendem Streifenvorhang.

Die minimale Anforderung an die Ausgestaltung der Abferkelbuchten ist in der Schweiz deutlich strenger als in der EU geregelt. Sie werden von der Tierschutzverordnung 2008 und Verordnung über die Haltung von Nutztieren und Haustieren 2008 festgelegt. So ist in den ersten drei Tagen nach der Geburt im Ferkelnest eine Mindesttemperatur von 30 °C sicherzustellen und die Ferkel müssen jederzeit Zugang haben (BLV 2008, BLV 2009, Anhang I).

4.2 Verschiedene Varianten von Ferkelnestern

Die effektive Ausgestaltung der Ferkelnester variiert von Betrieb zu Betrieb und es gibt verschiedene Systemanbieter. Das energieintensive System wird offen mit einem warmwasser- oder elektrowiderstandbeheizten Boden und zusätzlicher offener Infrarotlampe von oben beheizt (Abbildung 3).

Als optimiertes und energieeffizientes System sind vermehrt klar abgegrenzte und isolierte Kisten mit Infrarot-Heizelement im Deckel und isolierendem Vorhang im Einsatz (Abbildung 4). Während in der Schweiz das geschlossene Ferkelnest mittlerweile auf den Betrieben zum Standard zählt, ist in Deutschland eine offene Infrarotlampe in Kombination mit einer lokalen Bodenheizung (Warmwasser) der Standard (Meyer 2012). Offene Ferkelnester sind aufgrund der Sichtbarkeit und des schnellen Zugriffs für den Betreuer arbeitswirtschaftlich einfacher zu handhaben, bieten jedoch geringe Möglichkeit für Muttersau und Ferkel optimale Klimaverhältnisse im Sommer und Winter zu haben.

Das geschlossene Ferkelnest verursacht einerseits durch die aufwändige Hülle und Heizsystem höhere Investitionskosten, andererseits können gerade durch den geringeren Energieverbrauch Kosten eingespart werden. Bewusst wird im Folgenden der Schwerpunkt nun auf geschlossene Systeme gelegt, da nur dies die zukünftigen Anforderungen klimafreundlicher und energieeffizienter Nahrungsmittelproduktion erfüllen kann.



Quelle: <http://www.braeuer.cc/de>

Abb. 3: Ferkelnest mit Bodenheizung und offener aufgehängter Infrarotlampe ohne Isolation.



Abb. 4: Geöffnete Ferkelkiste mit Infrarotheizplatte im Deckel .

4.3 Heizung geschlossener Ferkelnester

So wurden in den letzten Jahren zahlreiche Verbesserungen bezüglich der Energieeffizienz von Ferkelnestern entwickelt. Vermehrt werden gut isolierte Wände mit Wärmeverhang und gesteuerten elektrischen Heizelementen von Stallbauern angeboten. Denn auch durch eine stärkere Steuerung der Nesttemperatur lässt sich diese besser dem abnehmenden Wärmebedarf der wachsenden Ferkel anpassen. Ferkelnest-Heizsystem mit absenkender Temperaturkurve

Neugeborene Ferkel benötigen eine geschützte Umgebung mit Oberflächentemperaturen von 37-39 °C und Lufttemperaturen von 32 – 34 °C (Zentner 2006; Meyer et al. 2012). Das BLV (2009) gibt optimale Temperaturen von 33 – 22 °C für Ferkel an. Der Temperaturanspruch der wachsenden Ferkel nimmt dabei laufend ab.

In der Praxis wird die notwendige Heizeinstellung und Regelung, wenn überhaupt, über das Verhalten der Ferkel beurteilt und entsprechend angepasst. Liegen die Ferkel dicht auf einem Haufen in der Kiste, ist es zu kalt, liegen sie ausserhalb der Kiste, ist die Temperatur zu warm eingestellt (AEL 1996). Die Temperatur kann so durch Einschalten oder Ausschalten der Heizquelle (Infrarotlampe, Heizelement oder Bodenheizung) grob manuell gesteuert werden.

Mit einem Steuerschema kann dieser abnehmende Temperaturanspruch gesteuert werden. Gängige Absenkkurven starten mit 34°C und reduzieren pro Tag 1/3 °C, womit man beim Absetzen der Ferkel nach 28 Tagen auf rund 25°C gelangt. Ein Steuergerät mit entsprechender Absenkkurve regelt mittels Temperaturfühler in der Ferkelkiste die jeweilige Ist-Temperatur (Abbildung 7).



Abb. 7: Steuergerät (links) eines Ferkelnestes sowie Infrarotheizplatte (rechts) im Deckel mit Temperaturfühler in der Mitte

4.4 Stromverbrauch von Ferkelnester

Eine möglichst feine und energieeffiziente Temperatursteuerung der verschiedenen dezentralen Ferkelkistenheizungen eines Abferkelstalls erfolgt am besten mit elektrisch betriebenen Heizsystemen. Im Folgenden soll anhand Literaturangaben der Stromverbrauch konventioneller, heute im Einsatz stehenden, Ferkelnester im Vergleich zu einem auf dem Markt erhältlichen energieeffizienten Ferkelnest bestimmt werden.

4.4.1 Literaturrecherche des Stromverbrauchs verschiedener Ferkelnester

Berkner (1979) wies für den Stromverbrauch eines offenen Ferkelnestes (Infrarotlampe 250 W) einen Stromverbrauch von 186 kWh/Wurf (28 Säuge tage) aus. Bereits in den 80er Jahren wurden Messungen eines mit einer Holzkiste abgegrenzten Ferkelnestes gemacht. Bei ungenügenden Lufttemperaturen von knapp 25°C im Ferkelnest betrug der Strombedarf pro Wurf (39 Säuge tage) im offenen Nest für die Infrarot-Lampe (250 W) 237.5 ± 129.2 kWh und in einer geschlossenen Ferkelkiste für die Infrarot-Lampe (150 W) 86.5 ± 41.4 kWh (Weber 1987). Ebenso schätzte Stuhec et al. (2002) den Stromverbrauch bei offen betriebener Infrarot-Lampe (250 W) 168 kWh/Wurf und mass bei geschlossener Kiste mit Vorhang und einem temperaturregulierten elektrischen Heizventilator 42.68 kWh/Wurf (28 Säuge tage).

Bei automatischer Temperaturabsenkung einer Infrarot-Heizplatte wurde in Holzkisten aus Betonschalplatten ($U = 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$) und einfachem Polyethylen-Streifenvorhang der Stromverbrauch auf 131 kWh/Wurf (35 Säuge tage) resp. 125 kWh/Wurf (21 Säuge tage) berechnet. Im Vergleich dazu lag der Stromverbrauch einer Kiste mit isoliertem Deckel (Polyurethan-Kerndämmung 45 mm, $U = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$) und doppeltem Streifenvorhang bei 36 kWh/Wurf (35 Säuge tage) resp. 35 kWh/Wurf (21 Säuge tage) (Van Caenegem und Dörfler, 2008 [Werte von mir aus dem Jahresverbrauch entsprechend auf den Wurf gerechnet]).

Aufgrund der gesichteten Literatur wurden für die Systeme in **offenen konventionellen Ferkelnestern mit 180 kWh/Wurf** und in **geschlossenen konventionellen Ferkelnestern mit 130 kWh/Wurf** eingeteilt. Für die Festlegung dieser Werte wurden nur Heizsysteme berücksichtigt, welche die Solltemperatur von 30°C im besetzten Ferkelnest einhielten. Die 150 W Infrarot-Lampe erreicht die gesetzlich vorgeschriebene Temperatur nicht und wurde daher nicht berücksichtigt.

Bei Bio-Abferkelbuchten, die im Winter bei Aussentemperaturen (1.3 und 4.4 °C) betrieben wurden, zeigten verschiedene gesteuerte, elektrische Ferkelnester folgenden Stromverbrauch pro Wurf (28 Säugetage) (Bauer et al. 2013):

Anbieter	Heizsystem	Ferkelnesttemperaturen	kWh/Wurf
Filip Tech	Keramikstrahler 280 W	30.5 - 31.8 °C	75
Veng	2 regelbare Infrarotlampen à 150 W	23.3 - 26.3 °C	85
Reventa	Heizschlangen, 300 W	25.9 – 27.6 °C	108.5
ATX Thermonest	Infrarot Wärmeplatte 300 W	31.1 - 31.3 °C	37

Beim System von ATX wurden die Solltemperaturen im Nest eingehalten und gleichzeitig den tiefsten Stromverbrauch ausgewiesen. Ebenso ergaben die Verbrauchsmessungen vom ATX Thermonest im Jahr 2014 über neun Monate pro Wurf (28 Säugetage) durchschnittlich einen Stromverbrauch von 38.7 kWh (Rohdaten Anhang III).

In dieser Arbeit wird das ATX Thermonest deshalb als Standard eines energieeffizienten Ferkelnests gesetzt. Für die weiteren Berechnungen wird der Verbrauch für ein **energieeffizientes Ferkelnest bei 38 kWh/Wurf** angesetzt.

4.5 Stromlastgang Ferkelnest

Um den Eigennutzungsanteil eines Ferkelnests von einer Photovoltaik-Anlage festlegen zu können, muss der tägliche Stromlastgang (stündlicher Stromverbrauch) bekannt sein. In der Differenz zum täglichen Photovoltaikstrom (stündlicher Stromertrag) kann dann die Eigennutzung errechnet werden.

Konkret ist folgende, selbst vorgenommene Messung des stündlichen Stromverbrauchs Voraussetzung, um feststellen zu können, wie gut die Photovoltaik-Produktion mit dem Verbrauch übereinstimmt.

4.5.1 Messungen des Stromverbrauch eines Ferkelnestes

Mit dem Multifunktionsgerät Smart-me (Plug Type J) wird der Stromverbrauch in Echtzeit festgehalten. Smart-me speichert die Daten über ein WiFi-Netzwerk in einer Cloud, wodurch über www.smart-me.com eine direkte Überwachung, Steuerung und das Abrufen der Daten möglich ist. Damit die Geräte jeweils die Daten in ein WiFi-Netzwerk eingegeben und online abgelesen werden konnten, wurde für die Versuche mittels Huawei Mobile Hotspot E5330 (Model E5330Bs-2) ein WiFi erstellt.

Der Stromanschluss der Ferkelnestheizung ist mit einer normalen 220 V Stecker verbunden, so konnte das Smart-me einfach dazwischengeschaltet werden (Abbildung 9).



Abb. 9: Strommessgerät Smart-me bei der Stromversorgung der Ferkelnestheizung dazwischengeschaltet

4.5.2 Abferkelstall und Ferkelnester des Messbetriebs

Die Messungen wurden in Hohenrain LU auf dem Hof Unterhilti (GPS 47°10'52.5"N 8°19'42.2"E) in einem Abferkelstall mit je zwei Gruppen von 16 Abferkelbuchten vorgenommen. Die Ställe sind nebst den Ferkelnestheizungen mit keiner weiteren Heizung ausgerüstet. Bei Bedarf wird an einzelnen kalten Wintertagen mit provisorischen Heizgeräten nachgewärmt. Der Luftaustausch erfolgt mit einfachen Ventilatoren, so dass für die Muttersauen Temperaturen von 17-20°C im Stallklima herrschen.

Die Ferkelnester sind als Doppelnester (gemeinsame Rückwand) seitlich vom Futtertrog angeordnet (Abbildung 10).

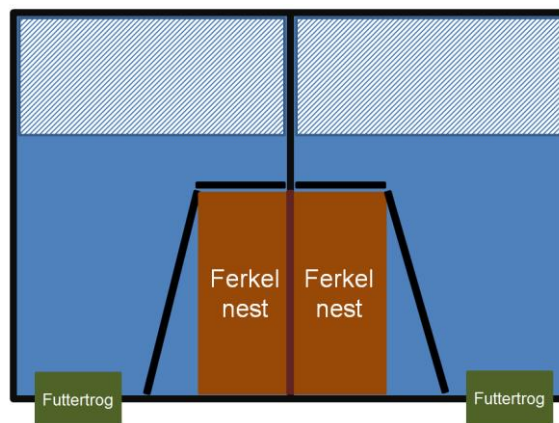
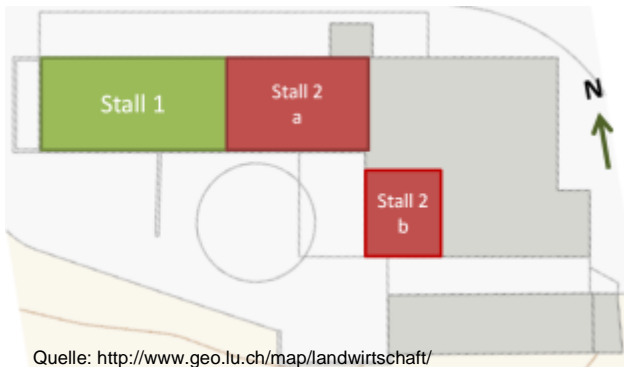


Abb. 10: Ausgestaltung der Abferkelbuchten und Anordnung der Ferkelnester im Betrieb Unterhilti, Hohenrain.

Im Schweinestall Unterhilti sind zwei Muttersaugruppen in drei Abferkelabteilungen untergebracht. (Abbildung 11) Da die Warmhaltesysteme unterschiedlich erneuert wurden, sind sie technisch nicht auf demselben Stand (Tabelle 2).



Quelle: <http://www.geo.lu.ch/map/landwirtschaft/>

Ferkelneester	Stall 1	Stall 2 a	Stall 2 b
Länge x Höhe x Tiefe	2 x 155 x 60 x 50 cm	2 x 150 x 45 x 50 cm	2 x 140 x 45 x 50 cm
Isolationsmaterial	Isolierte PP-Paneeelen Deckel 6 cm Wände 5 cm (U = 0.5 W/m ² K)	Holzschalplatten 2.6 cm (U = 2.4 W/m ² K)	PP-Paneeelen (U = 2.3 W/m ² K)
Steuergerät	ATX Typ DT 1	ATX HR 1000	ATX Typ DT 1
Heizplatten	2 x ATX 280 W	ATX480 W	2 x ATX 200 W
Vorhang	Doppelter PE-Vorhang (10 mm) mit Isolationsfolie	Einfacher Polyethylen- Streifenvorhang	Zweifacher Polyethylen- Streifenvorhang

Abb 11: Abferkelställe auf dem Betrieb Unterhilti; Hohenrain

Tabelle 2: Charakterisierung der Ferkelneester der unterschiedlichen Ställe

4.5.3 Täglicher Stromlastgang eines Ferkelneests

Meine Messung des Lastgangs eines Ferkelneests im Stall 1 erfolgte bei einem Wurf vom 5.3.2016. Aus den Messungen vom 23. März bis 29. März 2016 ergibt sich der in Abbildung 12 dargestellte Lastgang. Die Abbildung zeigt eine grosse Streuung der Werte und kein klares Lastgangmuster für den einzelnen Tag ist sichtbar.

Grundsätzlich regelt die Steuerung ATX Typ DT 1 die Temperatur mit Ein oder Aus der vollen Leistung von 280 W. Dadurch ist der kurzfristige Stromverbrauch (< 1 Stunde) der einzelnen Heizung von grossen kurzzeitigen Ausschlägen und Nullverbräuchen geprägt. Bei mehreren gleichzeitig betriebenen Heizungen ist von einem gegenseitigen Ausgleich auszugehen, so dass sich mehrere Verbrauchskurven gegenseitig ausgleichen.

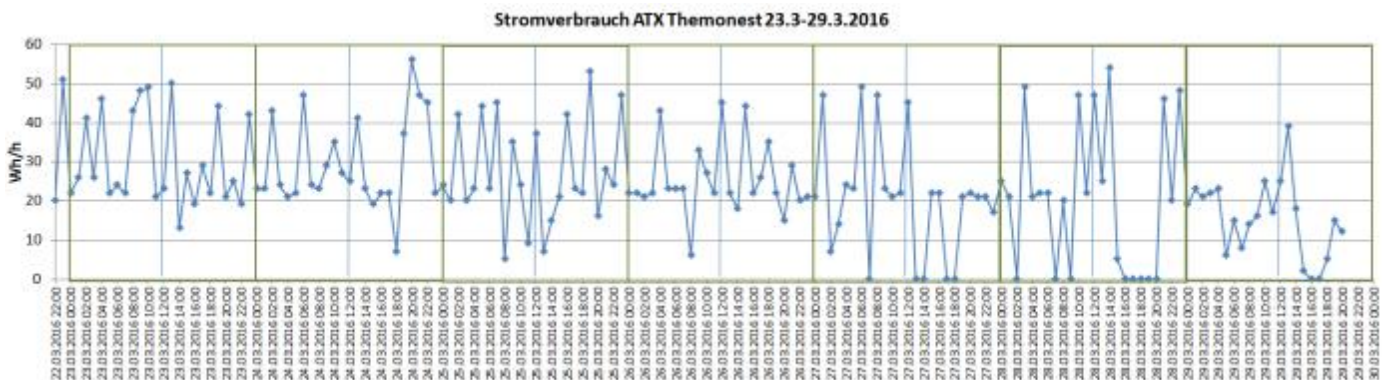


Abb. 12: Tageslastgang pro Stunde eines ATX Thermonestes. Die grünen Kästen grenzen jeweils einen Tag ein.

Durch das Übereinanderlegen der sieben Messtage ergeben sich etwas deutlichere durchschnittliche Stundenverbräuche als typischer Tageslastgang (Abbildung 13.). Eine Aufteilung auf Tag (6:00- 20:00 Uhr) und Nacht (20:00 – 6:00 Uhr) zeigt mit einem Stundenverbrauch von 21.5 Wh resp. 26.2 Wh mit 18 % einen etwas tieferen Verbrauch am Tag. Interessanterweise ist der Verbrauch am Nachmittag am kleinsten. Damit ist die anfängliche Vermutung, dass höhere Ferkelaktivität am Tag mit einem gesteigerten Heizbedarf zusammentrifft, nicht eingetroffen. Im Gegenteil deuten die tiefen Werte zu Fütterungszeit 6:00 Uhr und 18:00 Uhr darauf hin, dass durch die Fütterung mehr Aktivität entsteht, die mehr Eigenwärme produziert und im Ferkelneest zu weniger Heizbedarf führt.

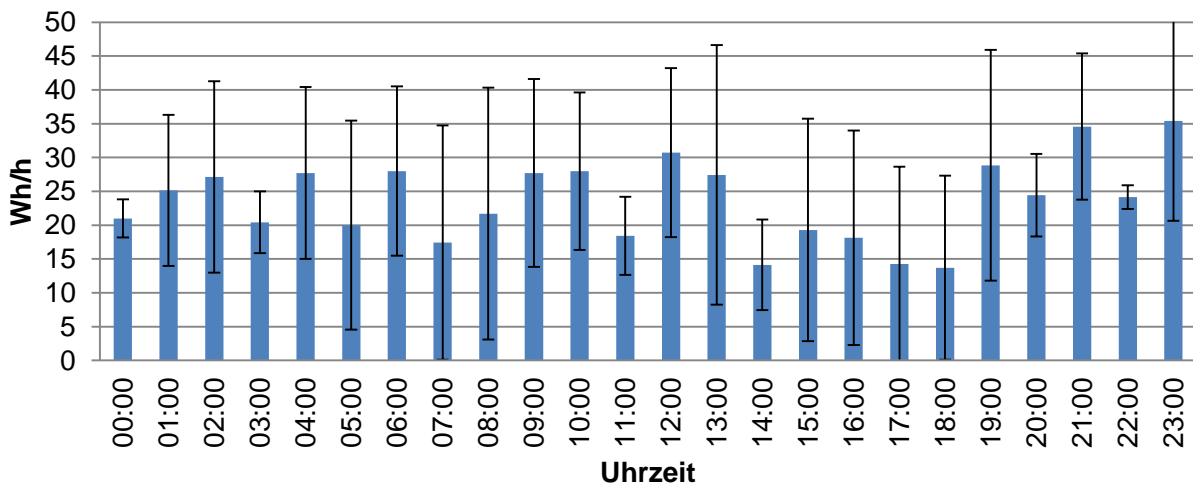


Abb 13: Durchschnittlicher Tageslastgang (\pm STABW) pro Stunde eines Ferkelneests im Stall 2 über die Tage vom 23.- 29.3.2016.

Bereits aus dieser Tageslastgangverteilung lässt sich auf eine schlechte Übereinstimmung von Stromverbrauch des Ferkelneests und Produktion der Photovoltaikanlage schliessen. Trotzdem soll im Folgenden mit der jahreszeitlichen Verteilung der Einsatz von Photovoltaikstrom für die Heizung von Ferkelnestern mit genaueren Daten geprüft werden.

4.5.4 Lastgang eines Ferkelneests pro Wurf

Der tägliche Stromverbrauch nimmt aufgrund der linearen Absenkung der Ferkelnesttemperatur durch das Steuergerät um $1/3\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro Tag und mit der Gewichtszunahme und steigenden Wärmeabgabe der Ferkel kontinuierlich ab. Die Abnahme des Wärmebedarfs und somit Stromverbrauchs folgt einem linearen Verlauf (Stuhec et al. 2002). Deshalb wurde zur Bestimmung des Verbrauchs auf den ganzen Wurf des gesamten Verbrauchs von 38 kWh/Wurf hochgerechnet (Abbildung 14).

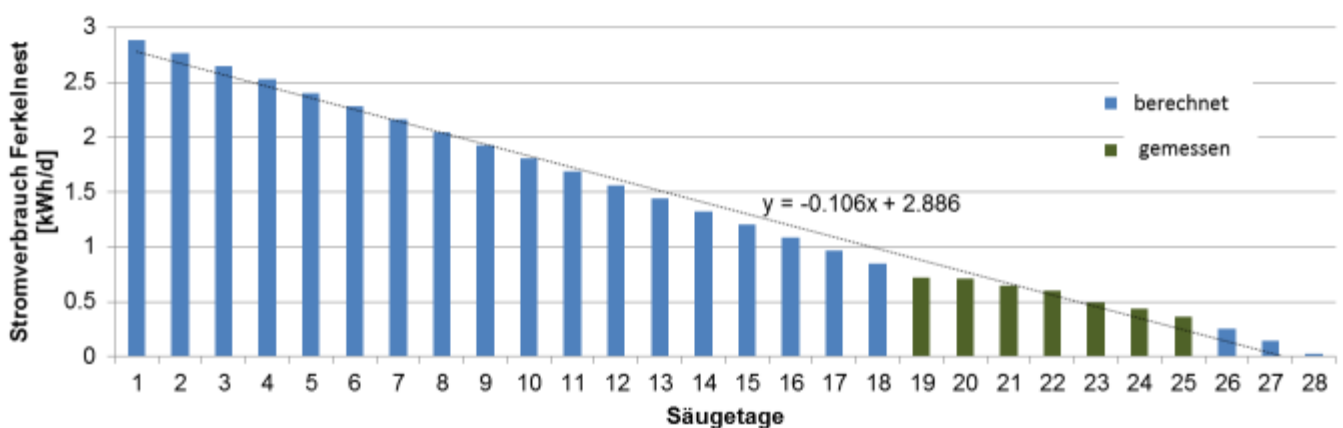


Abb. 14: Modellierter täglicher Stromverbrauch eines energieeffizienten Ferkelneests

4.5.5 Lastgang des Stromverbrauchs von Ferkelneester zweier Abferkelgruppen

Die regelmässige Abnahme des Stromverbrauchs eines einzelnen Ferkelneests im Verlauf eines Wurfs gilt es bei der Berechnung des Eigenverbrauchs von PV-Strom zu berücksichtigen. Speziell da man versucht, die Muttersauen

einer Gruppe gleichzeitig abferkeln zu lassen. Da ein normaler Abferkelbetrieb jedoch meistens zwei Gruppen um drei Wochen verschoben abferkeln lässt, ergibt sich eine Überschneidung der Verbrauchskurve (Abbildung 15).

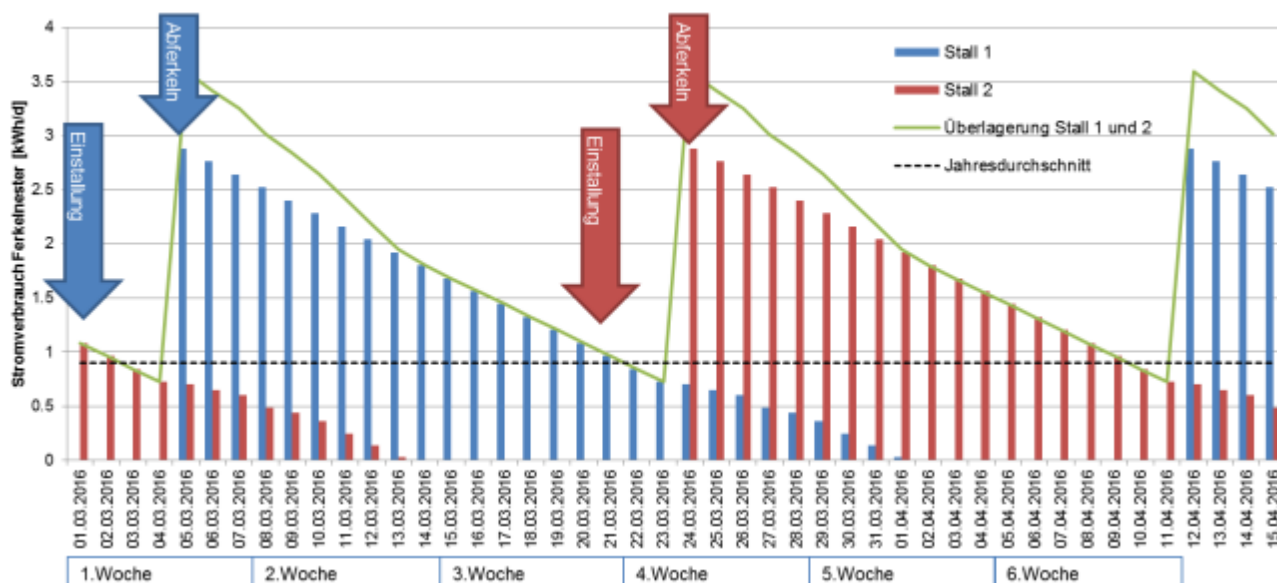


Abb.15: Schematische Darstellung der Überlagerung des Stromverbrauchs der Ferkelneester der beiden Abferkelgruppen, bei gestaffeltem Abferkeln der Schweinegruppen alle drei Wochen im Betrieb Unterhilti.

Für die weitere Rechnung des Eigenverbrauchs ist daher die konservative Annäherung mit dem durchschnittlichen täglichen Tagesverbrauchs pro Ferkelkiste von 0.905 kWh (38kW/42 Tage) vertretbar. Selbstverständlich würde bei jeweils nur einer Abferkelgruppe durch die Schwankung des Stromverbrauchs alle sechs Wochen die Eigenstromversorgung durch eine PV-Anlage stark erschwert.

Zusätzlich wurde versucht diese Schwankung aufgrund der gestaffelten Abferkeltermine auf der möglicherweise durch den Stromanbieter aufgezeichneten Stromlastkurve nachzuprüfen. Eine Anfrage bei den Centralschweizerischen Kraftwerken (CKW) ergab, dass vom Betrieb Unterhilti, Hohenrain nur die Halbjahresverbrauch-Daten vorliegen. Eine detailliertere Lastkurve müsste durch Dritte vor Ort beim Zählerkasten vorgenommen werden.

4.5.6 Jährlicher Lastgang des Ferkelneests

Für die durchschnittliche monatliche Verteilung des Stromverbrauchs eines energieeffizienten Ferkelneests wurden die 38 kWh/Wurf mit 6 Wochen (42 Tage) auf die jeweiligen Monatstage hochgerechnet. Stuhec et al. 2002 zeigten bei temperaturgeregelten Ferkelneestern, dass die Werte pro Wurf um den Durchschnittswert 42.68 kWh (max. 51.51 kWh min. 32.65 kWh) variieren. Das ergibt eine Veränderung des Stromverbrauchs pro Wurf von rund $\pm 20\%$ zwischen Sommer und Winter. Eine ähnliche Schwankung wurde auch im Jahre 2014 bei Messungen im Kompetenzzentrum für Bildung und Dienstleistungen in Land- und Ernährungswirtschaft Strickhof festgestellt (Anhang III). Für die weiteren Berechnungen wird der durchschnittliche Tagesverbrauch von 0.905 kWh abgestuft übers Jahr im Winter um 20 % angehoben und bis im Sommer auf 20 % gesenkt. Was folgende auf Monatstage berechnete Jahrestlastkurve ergibt (Abbildung 16).

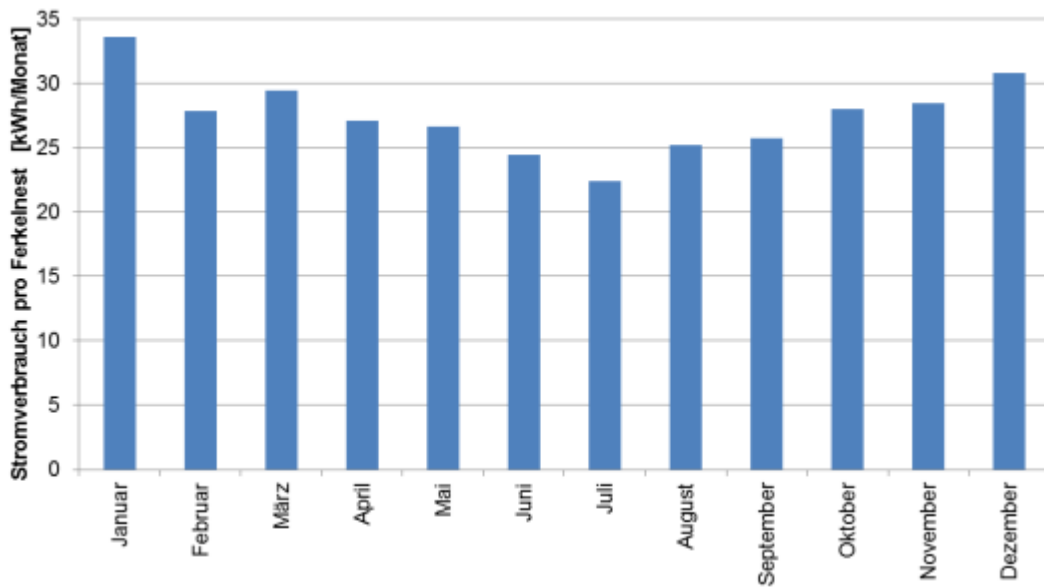


Abb. 16: Modellierte Jahreslastkurve pro Monat eines effizienten Ferkelneests

Um die Tagesverteilung der verschiedenen Monate zu modellieren, wurde die unter Punkt 4.5.3 festgestellten prozentuale Stundenverteilung auf den durchschnittlichen Tagesverbrauch von 0.905 kWh verteilt und gestaffelt übers Jahr im Sommer um 20% gesenkt und im Winter 20% angehoben (Anhang IV)

5 Photovoltaik-Anlage

Mit der Produktion des eigenen Stroms durch eine Photovoltaik-Anlage soll zu den nun erhobenen Tages- und Monatslastgängen des Stromverbrauchs eines Ferkelnests der Eigenverbrauchanteil abgeschätzt werden. Am konkreten Beispiel Abferkelstall Unterhilti wird nun der Produktionsverlauf einer Photovoltaik-Anlage auf dem Abferkelstalldach abgeschätzt.

Aufgrund der aktuellen Situation zu Photovoltaikförderung in der Schweiz, besteht eine lange Warteliste von angemeldeten Photovoltaik-Anlagen, die von der Kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) profitieren möchten. Eine zeitnahe (< 5 Jahre) Berücksichtigung ist nicht realistisch und das Risiko für neu-anmeldende Anlagen nie in den Genuss von KEV zu kommen, ist gross (Berger 2014, BFE 2016 b). Deshalb wird bei der Auslegung und vor allem in der Wirtschaftlichkeit nur auf die Förderbedingungen für die EIV eingegangen, dies ganz im Sinn, die Photovoltaikproduktion näher an den Markt heranzuführen.

5.1 Standort Unterhilti

Betreffend Standort und Ausrichtung des berücksichtigten Dachs ist der Betrieb gut für die Photovoltaik geeignet (BFE 2016 a). Der Betrieb befindet sich an einem typisch schweizerischen Schweineproduktionsstandort im Kanton Luzern. Mit seiner Grösse von rund 120 Mutterschweinen liegt er zwar über dem schweizerischen Durchschnitt, Die Berechnungen des Eigenverbrauchanteils erfolgen jedoch auf das einzelne Ferkelnest. Dadurch bleiben gute allgemeine Aussagen für einen Schweizer Schweinebetrieb möglich und ist repräsentativ.

5.2 Herleitung der täglichen Photovoltaikproduktion mit PVGIS

Mit folgenden Einstellungen wurde aus PVGIS (2016) die tägliche globale Einstrahlung pro Monat für den Standort Unterhilti ausgelesen (Abbildung 17). Bezüglich Einstahlungsdatenbank wurde bewusst Classic PVGIS gewählt, da diese auf effektiven Wetterstationsdaten beruhen und genauere spezifische Werte liefert als die über Stelitten erhobenen Werte. Als konkreten Standort wurde das Dach des Abferkelstalls gewählt. Mit einem nach Süden geneigten Winkel von 13° und der Ausrichtung um 9° von Richtung Süd nach West, wurden die detaillierten Angaben zu diesem Dach von www.sonnendach.ch berücksichtigt (BFE 2016 a). Die Werte wurden als durchschnittliche tägliche Einstrahlung auf ein Quadratmeter Dach und pro lokale Stunde angepasst (Anhang V).

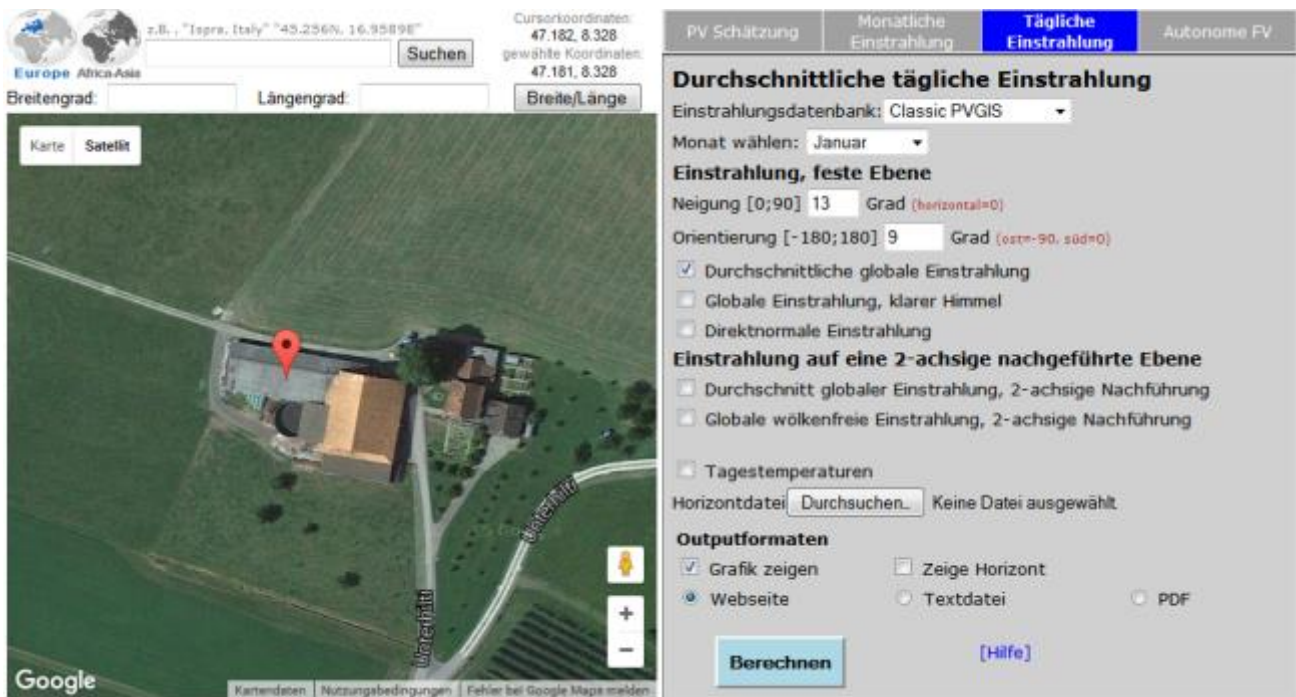


Abb. 17: Einstellungen auf PVGIS-Internetseite für die durchschnittlichen täglichen globalen Einstrahlungen auf das Dach des Abferkelstalls Unterhilti am Beispiel Januar.

Mit einem Wirkungsgrad von 14 % [monokristalline Silizium Solarzellen 17 %, Performance Ration 80% (Meteotest 2016)] wurden die stündlichen Einstrahlungswerte in Stromproduktion pro m^2/h und Monat umgerechnet. Damit wurde die Verteilung des Photovoltaik-Ertrags eines Quadratmeters stündlich auf einen durchschnittlichen Tag pro Monat beschrieben (Anhang VI).

Aus der Berechnung der PV-Stromproduktion nach der PV-Schätzung von PVGIS auf dem Betrieb Unterhilti resultierte eine Jahresleistung von 900 kWh/kWp (Anhang VI). Diese liegt etwas unter dem Schweizer Durchschnitt von 950 kWh/kWp, was möglicherweise mit dem vielen Nebeltagen des Standort Unterhilti begründet liegt.

6 Eigennutzung von PV-Strom für ein Ferkelneest

Unter diesem Kapitel werden die beiden Berechnungen aus Punkt 4.5 und 5 zusammengeführt und so der Eigenverbrauch eines Ferkelneestes aus der Photovoltaik-Anlage bestimmt. Vereinfacht auf den Monat, ein Ferkelneest und einen Quadratmeter Photovoltaik sehen die Werte wie folgt aus (Abbildung 18).

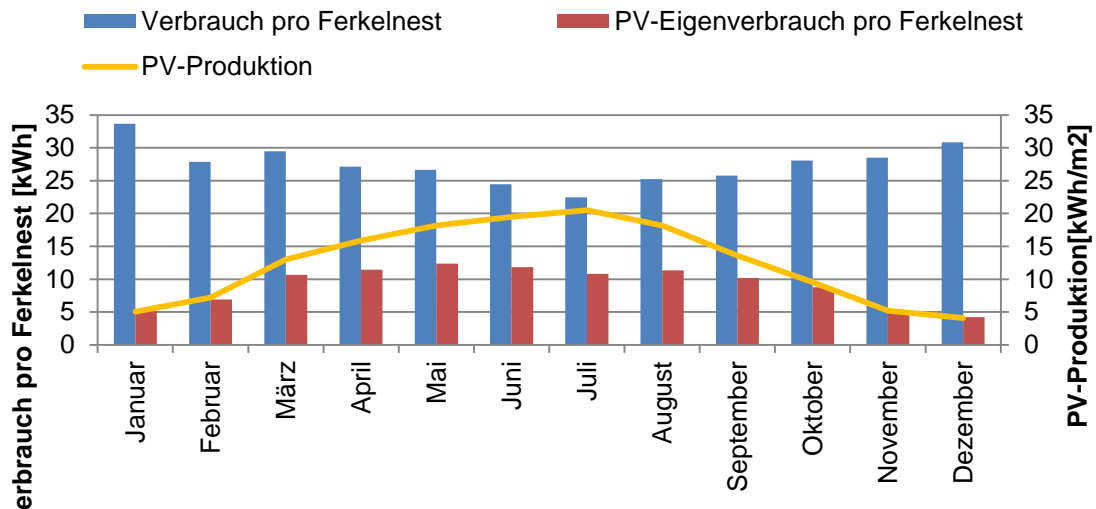


Abb. 18: PV-Stromproduktion und Verbrauch von Strom eines Ferkelneestes mit Angabe Anteil Eigenverbrauch aus einem Quadratmeter verteilt über das Jahr.

6.1 Stündliche Eigennutzung eines energieeffizienten Ferkelneests aus PV-Produktion

Mit der stündlichen Verteilung des monatlichen Stromverbrauchs und dem Vergleich zu der stündlichen monatlichen Stromproduktion wurde nun für je einen repräsentativen Monatstag der Eigenverbrauchsanteil bestimmt. Wie erwartet ist im Sommer zu Hauptproduktionszeit von Photovoltaik-Strom der Eigenverbrauch durch den Stromverbrauch begrenzt. Die beiden Tiefs vor und nach dem Mittag aus der Verbrauchskurve sind gut erkennbar. Hingegen ist im Winter die Photovoltaik-Produktion das limitierende Element (Abbildung 19)

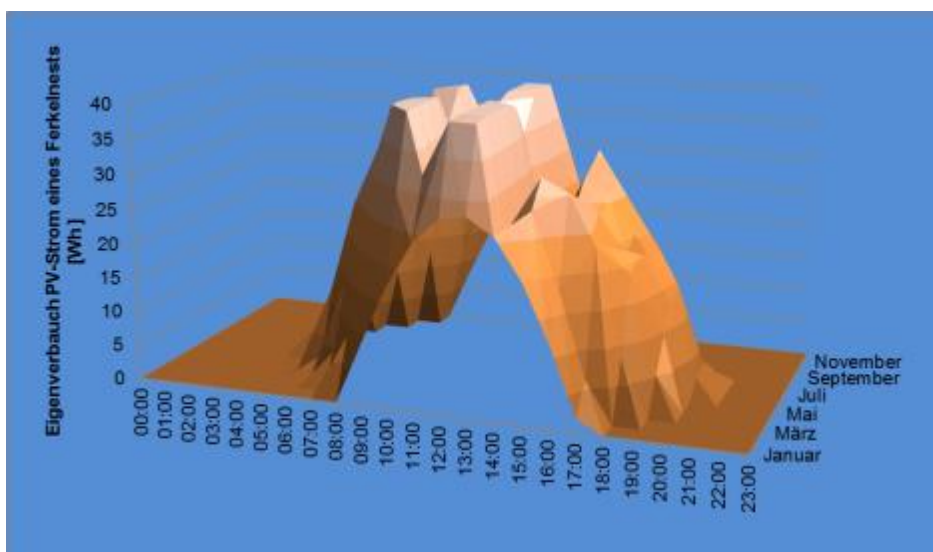


Abb. 19: Schematische Darstellung der Eigennutzung einer Ferkelkiste mit einer quadratmetergrossen Photovoltaikanlage über die Monate und den Tagesverlauf.

6.2 Eigennutzungsanteil in Abhängigkeit der PV-Anlagengrösse

Aufgrund der unterschiedlichen Anteile Strom, der direkt von einem Ferkelneest übers Jahr von der Photovoltaikanlage verbraucht werden kann, variiert der Wert über die Monate und mit der Grösse der Photovoltaikanlage (Abbildung 20).

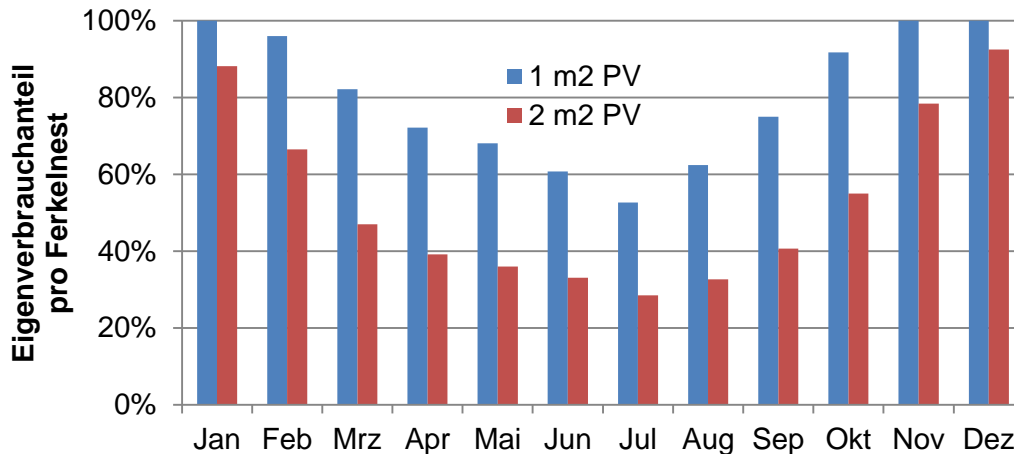


Abb. 20: Eigennutzung eines Ferkelneests bei unterschiedlich grosser Photovoltaikanlage übers Jahr.

6.3 Optimale Grösse der PV-Anlage pro Ferkelneest

Der Eigenverbrauchsprozentsatz für das Jahr kann durch den Durchschnitt der Monate gebildet werden. Variiert man nun die Fläche der Photovoltaik-Anlage und belässt den Verbrauch konstant bei einer Ferkelkiste, so kann abgeschätzt werden, welche Photovoltaik-Fläche es für den jeweiligen Eigenverbrauch eines Ferkelneests braucht (Abbildung 21).

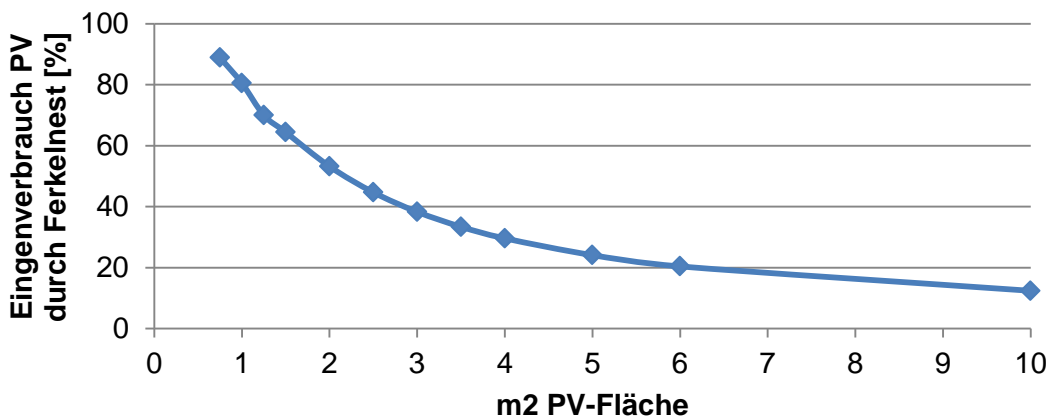


Abb. 21: Eigenverbrauch eines Ferkelneests von einer Photovoltaik-Anlage verhältnismässig zu deren Fläche.

Die Eigennutzung aus einer Photovoltaik-Anlage bei Haushalten sollte für deren wirtschaftlichen Betrieb über 35 % liegen (VESE 2016). Aus der obigen Kurve wird offensichtlich, dass man nur bei kleinen Flächen von 3 m²/Ferkelneest die Anlage in diesem Sinne wirtschaftlich betreiben könnte. Heutige Photovoltaikmodule benötigen pro Kilowatt-Peak (kWp) rund 6 m² Fläche (Meteotest 2016). Insofern kann geschlossen werden, dass bei der durchschnittlichen Anzahl von 15 Ferkelneestern pro Schweinebetrieb die Photovoltaik-Anlage mit 7.5 kWp nicht gross ausfallen muss. Diese kleinen Anlagen (<30 kWp) liegen im Bereich, welche von der Einmalvergütung profitieren können. Jedoch wird die folgende wirtschaftliche Betrachtung zeigen, dass zu kleine Photovoltaikanlagen im Vergleich zum Strompreis zu teuer produzieren.

7 Wirtschaftlichkeit

Basierend auf den hergeleiteten Lastgängen von energieeffiziente Ferkelnester wird die Wirtschaftlichkeit diese mit Solarstrom zu betreiben im Folgenden berechnet.

7.1 Strompreise eines Schweinehaltebetrieb: Bezug- und Rückvergütungstarif

Für die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen, spielen die Stromkosten eine wichtige Rolle. Ein durchschnittlicher Schweinehalter mit einem Stromverbrauch von 35 MWh/a ist in die Kategorie „C2“ (Eidgenössische Elektrizitätskommission (ElCom) eingeteilt und muss mit einem Preis von 0.186 CHF/kWh für den Bezug rechnen (Alig et al. 2015).

Für den Strom, den er nicht selber verbraucht, wird ein Rückvergütungstarif von 0.08 CHF/kWh eingesetzt (Alig et al. 2015, Berger 2014)

7.2 Wirtschaftlichkeit der Eigennutzung von PV-Strom mit Ferkelnestern

Aufgrund in den letzten Jahren stark gesunkener Preise für PV-Module, kann Solarstrom günstiger produziert werden und eine stärkere direkte Integration in den Strommarkt wird möglich. So gibt Swissolar (2015) die Stromkosten bei PV-Neuanlagen von 0.19 Fr./kWh an. Diese bewegen sich auf dem Preisniveau, wie der Preis, den ein normaler Verbraucher dem Elektrizitätswerk zahlen muss. Somit kann bei günstigen Dachflächen der Eigenverbrauch interessant werden.

Ein Schweinehalter verfügt über Dachfläche und hat einen hohen Stromverbrauch. Ein Eigenverbrauch des Solarstroms von 44 % bis zu 60% wurde bereits geschätzt. Dieser hohe Eigenverbrauch stammt in erster Linie aus der Lüftung, welche bei Sonnenschein am stärksten gefordert ist (Neiber und Schmid, 2012; Alig et al. 2015).

Die Wirtschaftlichkeit des Eigenverbrauchs von Solarstrom wird einerseits durch dessen hohen Anteil, andererseits durch die eigenen Produktionskosten, den Strombezugstarif und den Rückvergütungstarif des Stromanbieters beeinflusst. Im Folgenden werden diese Faktoren quantifiziert und für eine Wirtschaftlichkeitsrechnung mit der Annuitäten- und der Payback-Methode bewertet.

Grundsätzlich besteht zudem die Möglichkeit die Eigennutzung mit einer Solarstrom-Speicherung zu erhöhen. Es ist durchaus möglich, dass in naher Zukunft mit der Weiterentwicklung der Stromspeichertechnologie wettbewerbsfähige Lösungen für den Privatverbraucher zur Verfügung stehen. Dieser Ansatz wurde in dieser Arbeit bewusst nicht verfolgt, da dies den Umfang gesprengt hätte.

7.2.1 Investitionskosten der Photovoltaik-Anlage

In dieser Arbeit wurde der Fokus auf Photovoltaik-Anlagen, die den Voraussetzungen für die Einmalvergütung entsprechen, gelegt. Die Abschätzung, wieviel PV-Fläche ein Ferkelnest benötigt, wurde unter Punkt 6.3 berechnet. Es stellte sich heraus, dass wahrscheinlich für den wirtschaftlichen Betrieb mit über 40 % Solarstrom eher kleinere Anlagen (< 30 kWp) benötigt werden. Jedoch haben bei kleinen Anlagen die Fixkosten (Installation, Sicherheit, Bauleitung) überproportionalen Einfluss auf die Kosten. Deshalb wurde versucht die Schweizer Investitionskosten von kleinen Anlagen 5 – 30 kWp etwas genauer abzuschätzen. Verschiedene Angebote und Zahlen wurden dafür beigezogen (Fraunhofer-Institut 2015, BFE 2016 b, Anhang VIII, Offerten 24).

Meine Überlegungen resultierten in der folgenden Kostenformel für aufgebaute PV-Anlagen zwischen 5 und 30 kWp:

$$\text{CHF} = 4'500 \text{ kWp}^{-0.22}$$

7.2.2 Förderbeiträge Einmalvergütung

Für Anlagen unter 30 kWp wird über die Einmalvergütung seit Oktober 2015 ein Grundbetrag von 1'400 CHF und pro kWp 500 CHF vergütet (BFE 2016 b).

7.2.3 Abschreibung, Verzinsung und Unterhalt der Photovoltaik-Anlage

Die Abschreibedauer für die Photovoltaik wurde mit 25 Jahren und der Zinssatz bei der Annuitätenmethode bei 3% angesetzt. Die Betriebskosten werden aufgrund der eher kleineren EIV Anlagen und staubigen Umgebung von Schweineställen auf 0.05 CHF /kWh gesetzt (Baumgartner et al. 2015) und beinhalten auch den Ersatz des Wechselrichters vor den 25 Jahren Abschreibedauer der Anlage.

7.2.4 Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Eigennutzung von PV-Strom

Die einfache PayBack Berechnung zeigt bei 32 Ferkelnester praktisch unabhängig von der Eigennutzung mit Berücksichtigung der Förderung (EIV) eine Rückzahlungsdauer von rund 17 Jahren. Bei der langen Anlagen-Lebensdauer von 25 Jahren ist nach 17 Jahren die Investition wieder zurückverdient. Dies jedoch ohne Verzinsung, dessen Kostenwirkung man bei solch langer Investitionsdauer nicht vernachlässigen sollte.

Wie bereits aus dem Tageslastgang vermutet, ist der Verbrauch von PV-Strom für den Betrieb von Ferkelnestern bei den momentanen Strompreisen und einer Kapitalverzinsung von 3% unter dem Strich nicht wirtschaftlich. Der mit der Annuitätenmethode berechnete Nettoertrag bleibt bei allen Eigenverbrauchanteilen und realistischen Betriebsgrößen (Anzahl Ferkelnester) negativ. Erst beim „Grossbetrieb“ von 128 Ferkelnestern und hohen Eigenverbrauch von 65 % rentiert die entsprechende PV-Anlage (Abbildung 22). Der Grossbetrieb erreicht damit bereits die „EIV-Systemgrenze“ von < 30 kWp pro PV-Anlage, deshalb fehlen die weiteren tieferen Werte, welche erst bei Eigennutzung von unter 60% und somit Anlagen die deutlich grösser als 30 kWp ausweisen, in Abbildung 22 (Details in Anhang IX).

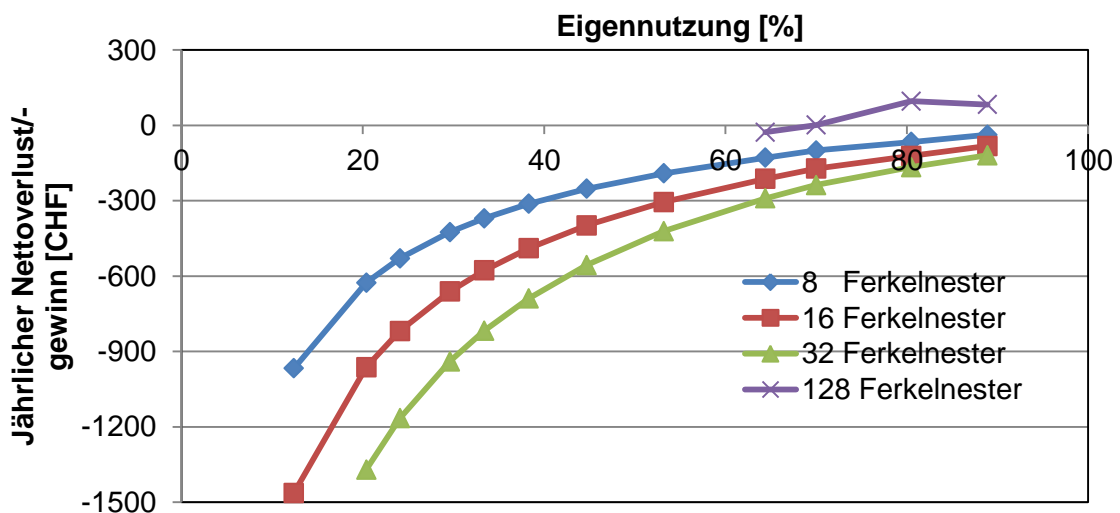


Abb. 22: Jährlicher Nettoverlust/-gewinn bei 3% Verzinsung der PV-Anlage, variierend mit dem Eigenverbrauchanteil und Anzahl Ferkelnester mit Abzug der Einmalvergütung bei den Investitionskosten.

Die Ursache der schlechten Rentabilität – selbst bei über 35% Eigenverbrauch auf normal grossen Betrieben - liegt bei den zu kleinen PV-Anlagen. Deren Produktionskosten pro kWh liegen höher als bei grösseren Anlagen. Vergrössert man bei gleicher Ferkelnestanzahl die PV-Anlage, ergibt sich wiederum ein zu tiefer unwirtschaftlicher Eigenverbrauch.

Erst mit 128 Ferkelnestern und einer 30 kWp grossen Anlage sind die Produktionskosten genügend tief (0.13 CHF/kWh). Die mit dem Eigenverbrauch eingefahrenen Gewinne werden nun nicht mehr vollständig durch die Kos-

tenunterdeckung des rückvergüteten Stroms vernichtet. Als logische Konsequenz muss bei normal grossen Betrieben möglichst versucht werden eine 30 kWp-Anlage zu bauen. Mit anderen geeigneteren Stromverbrauchern (z.B. Lüftung) kann möglicherweise die Eigennutzung trotzdem hoch genug gehalten werden und die damit verbundenen höheren Investitionen sich lohnen.

8 Schlussfolgerungen

In einem tiergerechten Abferkelstall wird mit dem Einrichten von geschlossenen Ferkelnestern den unterschiedlichen Temperaturbedürfnissen von Ferkeln und Muttersau am energiesparendsten Rechnung getragen.

Der Stromlastgang von Ferkelnestern ist sowohl über den Tag wie übers Jahr gegenläufig zur zeitlichen Produktion von Solarstrom. Theoretisch wird dadurch die ausschliessliche Eigennutzung einer PV-Anlage mit Ferkelnestern unwirtschaftlich, jedoch sind grade in der Praxis meist weitere besser geeignete Stromverbraucher auf dem Betrieb. Insofern sollte bei der Planung und der wirtschaftlichen Auslegung einer PV-Anlage mit EIV auf einem Abferkelstall die anderen Stromverbraucher (z. B. Lüftung) primär berücksichtigt werden. Allenfalls kann der Verbrauch der Ferkelneester dann sekundär mitberücksichtigt werden.

9 Literatur und Quellenverzeichnis

- Abriel Miriam und Jais Christina (2010), Gestaltung des Ferkelneestes in der Öko-Abferkelbucht , Landtechnik 5.2010: S. 2-5
- AEL (1996) Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft., Wärmesysteme für Ferkel im Praxisvergleich, AEL Merkblatt Nr. 28.
- Alig Martina, Prechsl Ulrich, Schwitter Katharina, Waldvogel Tuija, Wolff Veronika, Wunderlich Anne, Zorn Alexander und Gaillard Gérard (2015), Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz, Umwelt Agroscope Science, Nr. 29 / 2015 S.38 und 57
- Bauer M., Minihuber U und Hagmüller Werner (2013), Ferkelneestheizungen für den Kaltstall im Vergleich, Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Bio Austria Bauerntage 2014
- Berger Stefan (2014), Gewinn und Rendite von Photovoltaikanlagen, Schweizer Landtechnik 6/7 2014, S. 26-29
- Berker F., Lorenz J.(1979), Heizsysteme im Abferkelstall, Der Flüssiggas-Infrarotstrahler als Alternative zu herkömmlichen Heizsystemen im Abferkelstall. Sonderdruck Hessenbauer 49/1976
- BFE (2015), Bundesamt für Energie: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2014, Erschienen: 13.07.2015
- BFE (2016 a) Bundesamt für Energie BFE, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Bundesamt für Landestopografie swisstopo: www.sonnendach.ch
- BFE (2016 b), Bundesamt für Energie, KEV-Faktenblatt Photovoltaik Version 4.0 vom 22. Januar 2016
- BFE (2016 c), Bundesamt für Energie, Bedingungen für die Einreichung von Programmen 2016 Wettbewerbliche Ausschreibungen für Effizienzmassnahmen im Elektrizitätsbereich, Erschienen 18.1.2016
- BLV (2008), Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen: Verordnung des BLV vom 27. August 2008 über die Haltung von Nutztieren und Haustieren Art. 27. 2-3
- BLV (2009), Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen: Fachinformation Tierschutz, Stallklimawerte und ihre Messung in Schweinehaltungen, März 2009
- BSF (2015), Bundesamt für Statistik, Landwirtschaftliche Betriebsstrukturerhebung, Letzte Änderung: 23.07.2015
- Büscher, W. (2009): Energieverbraucher im Schweinestall, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft , www.ktbl.de/inhalte/themen/tierhaltung/tierart/schwein/allgemein/energieverbrauch/?MP=675-699
- Erdin Daniel (2014) Nutztierbestände der Schweiz. Agristat, LMZ 09/2014: S. 4-8
- Erdin Daniel (2015) Statistische Erhebungen und Schätzungen 2014, Agristat; S. 68
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (2015): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Fassung 25.12.2015: S. 40
- Hofer Andreas (2015), Mehr Ferkel durch verbesserte Aufzuchtleistung, Suisseporcs Information 6/2015, S. 12-13
- LID (2015) Landwirtschaftlicher Mediendienst, Schweinefleischkonsum hat nachgelassen, Mediendienst Nr. 3237 vom 28. August 2015
- Neser Stefan und Neiber Josef (2013) Schweinehaltung vor neuen Herausforderungen, Effizienter Energieeinsatz im Schweine haltenden Betrieb, Landtechnisch-bauliche Jahrestagung 2013, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, S.13-27
- Neiber Josef und Neser Stefan (2010) Energieverbrauch und energetische Einsparpotenziale in der Ferkelerzeugung, Landtechnik 6.2010: S. 421-425

- Neiber Josef und Schmid Werner (2012) Sonnenstrom optimal selbst nutzen, dlz agrarmagazin Oktober 2012: S. 110-114
- Meteotest (2016), Bundesamt für Energie Solarpotentialanalyse für Sonnendach.ch, Schlussbericht, erschienen 19.02.2016, S. 28
- Meyer Eckhard, Vogel Martin und Wähner Martin (2012) Untersuchungen zu Akzeptanz und Grösse von Ferkelnestern, Landtechnik 5.2012: S.362-365
- Meyer Eckhard (2012) Auf dem Weg zur optimalen Abferkelbuch: Wie werden Ferkelnester attraktiv? Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung Tierische Erzeugung, Freistaat Sachsen
- Öhlinger Christine, Dell Gerhard und Egger Christiane (2008), Stromsparen in der Landwirtschaft, O.Ö. Energiesparverband
- PVGIS (2016) Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>
- Rufer Beatrice und Probst Christian (2016), Sommerloch reduzieren, UFA-REVUE 4/2016: S. 56-57
- Rudovsky Annerose, Bachner A. und Büscher W. (1999), 18 Grad im Abferkelstall reichen aus. DLZ H.11, S.124-128
- Swissolar (2015), Faktenblatt: Strom von der Sonne (Stand September 2015) Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie, Neugasse 6 CH - 8005 Zürich
- Stuhec Ivan, Kovac Milena und Malovrh Spela (2002) Efficient heating of piglet nests, Arch. Tierz. Dummerstorf 45 (2002) 5. S. 491-499
- Van Caenegem Ludo (2008), Energieeffizienz in Abferkelställen durch Erdwärmenutzung, Energieeffiziente Landwirtschaft, KTBL Tagung 2008, Fulda: S.162-172
- Van Caenegem Ludo und Dörfler Renate (2008), Ferkelnester im Vergleich, ART-Bericht 704, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen
- Van Caenegem Ludo, Soltermann Alina und Matthias Schick (2010a), Energiesparpotenzial durch CO₂-gesteuerte Lüftrate in Abferkelställen, Landtechnik 6.2010: S. 410-413
- Van Caenegem Ludo, Jöhl Gallus, Sax Markus und Soltermann Alina (2010b), Energiebedarf bei Heizung und Lüftung mehr als halbieren, ART-Bericht 735, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen
- Van Caenegem Ludo und Sax Markus (2011) Minergie für Stallbau, Überlegungen zur Umsetzung in beheizten Ställen, Weiterbildungskurs für Baufachleute 08./09. November 2011
- VESE (2015) Verband unabhängiger Energieerzeuger, Handbuch Solarstrom-Eigenverbrauch optimieren, Stand Oktober 2015
- Weber Roland (1987) Abferkelbuchten im Kastenstand, FAT-Bericht 318, Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik Tänikon
- Zentner Eduard (2006) Ursachen verschiedener Ferkelnesttemperaturen in der Praxis und Einflüsse auf das Wohlbefinden, Nutztierschutztagung Raumberg-Gumpenstein 2006, 16. November 2006: S. 25-29

Anhang

I Anhang: Kurzinfo Haltung von Schweinen

	abgesetzte Ferkel		Schweine ¹				Sauen	Zuchteber
	bis 15 kg	15-25 kg	25-60 kg	60-85 kg	85-110 kg	110-180 kg		
Fressplatz								
Fressplatzbreite pro Tier bei Gruppenhaltung	cm	12	18	27	30	33	36	40 ^{2,3}
Bodenfläche								
Kastenstände, Fressliegebuchten	cm	-	-	-	-	-	65 x 190 ⁴	-
Gangbreiten bei Fressliegebuchten	cm	-	-	-	-	-	180	-
Fressstände, verschliessbar	cm	-	-	-	-	-	45 x 190	-
Liegefläche								
Gesamtläche pro Tier ⁵	m ²	0.20	0.35	0.60	0.75	0.90	1.85	2.5 ⁵
davon Liegefläche pro Tier ⁶	m ²	0.15	0.25	0.40	0.50	0.60	0.95	3
bis 6 Tiere	m ²	-	-	-	-	-	-	1.2 ⁹
7-20 Tiere	m ²	-	-	-	-	-	-	1.1 ⁹
über 20 Tiere	m ²	-	-	-	-	-	-	1.0 ⁹
Am 1. Juli 1997 bestehende Abferkelbuchten	m ²	-	-	-	-	-	-	3.5 ¹⁰
Nach dem 1. Juli 1997 eingerichtete Abferkelbuchten	m ²	-	-	-	-	-	-	4.5 ¹¹
Neu eingerichtete Abferkelbuchten	m ²	-	-	-	-	-	-	5.5 ¹¹

- ¹ Diese Masse gelten für Schweine, die in Gruppen von ausschliesslich gleichaltrigen Tieren gehalten werden.
- ² Für am 1. September 2008 bestehende Fressplätze genügen 40 cm.
- ³ Bei der Verwendung von Abschrankungen, die in die Bucht hineinragen, muss die lichte Weite bei neu eingerichteten Fressplätzen an der engsten Stelle mindestens 45 cm betragen.
- ⁴ Höchstens ein Drittel der Kastenstände für Sauen darf auf 50 cm x 180 cm verkleinert sein. Falls die Kastenstände in Abferkelbuchten in der Breite und der Länge nicht verstellbar sind, müssen sie 60 cm x 180 cm aufweisen.
- ⁵ Werden Tiere in Ställen mit Tiefstreu gehalten, so ist die Bodenfläche argemessen zu vergrössern.
- ⁶ Für am 1. September 2008 bestehende Gruppenhaltungen genügen 2 m² pro Tier.

- ⁷ Eine Buchtenseite muss mindestens 2 m lang sein.
- ⁸ Bei den Anfangsgewichten darf die Liegefläche mit verschiebbaren Wänden verkleinert werden.
- ⁹ Eine Seite der Liegefläche muss bei neu eingerichteten Liegeflächen mindestens 2 m breit sein.
- ¹⁰ Davon müssen mindestens 1,6 m² fester Boden im Liegebereich von Sau und Ferkeln sein.
- ¹¹ Davon müssen mindestens 2,35 m² fester Boden im Liegebereich von Sau und Ferkeln sein. In nach dem 31. Oktober 2005 eingerichteten Abferkelbuchten muss in dem von der Sau begeharen Bereich eine zusammenhängende Liegefläche von mindestens 1,2 m² mit einer Mindestbreite von 65 cm und einer Mindestlänge von 125 cm vorhanden sein. Die Mindestbreite von Abferkelbuchten muss 150 cm betragen. Buchten, die schmaler als 170 cm sind, dürfen in den hinteren 150 cm der Bucht keine Einrichtungen aufweisen.

Achtung: Die Gesamtläche pro Tier und die dazugehörige Liegefläche gemäss der Tabelle gilt für ab dem 1. September 2008 neu eingerichtete Buchten. Für am 1. September 2008 bestehende Buchten mit Teil- oder Vollspaltenböden sowie für Buchten mit separatem Kotplatz darf die Gesamtläche pro Tier:

- für abgesetzte Ferkel bis 25 kg 0.30 m²,
- für Schweine von 60 – 110 kg 0.65 m² und
- für Schweine von 25 – 60 kg 0.45 m²,
- für Sauen 1.3 m² betragen.

Ferkelaufzuchtbuchten dürfen nur zu zwei Dritteln mit Spalten- oder Lochböden versehen sein (gilt bis 1. September 2018).

Für am 1. September 2008 bestehende Buchten müssen die Flächen gemäss Tabelle ab dem 1. September 2018 eingehalten werden.

Spaltenweiten

Betonflächenroste		
Saugferkel		9 mm
Abgesetzte Ferkel	bis 25 kg	11 mm
Schweine	ab 15 kg	14 mm
	ab 25 kg	18 mm
Sauen/Eber ¹		
		22 mm
Endspalten		
Ferkel bis 25 kg		unter 2 oder 4-5 cm
Schweine 25-110 kg		unter 4 oder 8-9 cm
Sauen/Eber		unter 6 oder 10-11 cm

Gusseisenroste und Kunststoffroste

Saugferkel ²		10 mm
Abgesetzte Ferkel	bis 25 kg	11 mm
Alle Kategorien	über 25 kg	16 mm

- ¹ Die Balkenbreite muss mindestens 8 cm betragen.
- ² Gusseisenroste und Kunststoffroste mit einer Spaltenweite von 10 mm dürfen auf maximal 40 % der gesamten den Tieren zur Verfügung stehenden Fläche eingerichtet werden. Diese Beschränkung des Anteils perforierter Fläche gilt nicht für Gusseisenroste und Kunststoffroste mit einer Spaltenweite von max. 9 mm.

Kurzinformation Haltung von Schweinen

Stand: 1. August 2014

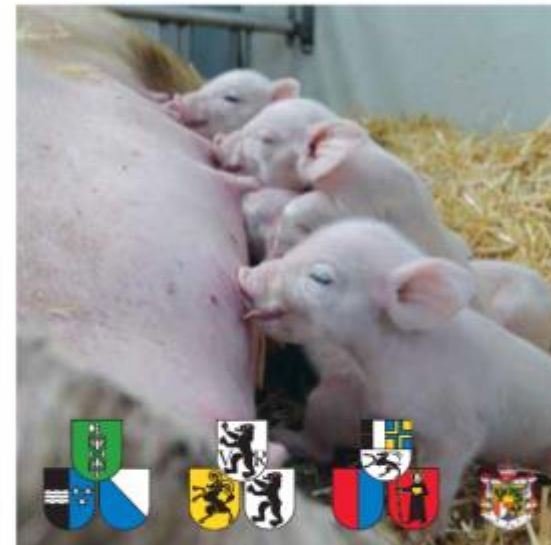
Tierschutzgesetz vom 16. Dezember 2005

Tierschutzverordnung vom 23. April 2008

Verordnung des BLV über die Haltung von Nutz- und Haustieren

Vollzugsgrundsätze der aufgeführten Kantone

FL: Liechtensteinische Tierschutzgesetzgebung



Weitere Auskünfte und Informationen erhalten Sie durch die kantonale Fachstelle:

AG: Amt für Verbraucherschutz
 Veterinärdienst
 Obere Vorstadt 14, 5000 Aarau
 Telefon 062 835 29 70
 veterinaerdienst@ag.ch

Einleitung

Diese Kurzinformation gibt Ihnen einen Überblick über die wichtigsten Gesetzesvorschriften.

Beschäftigung

Schweine müssen sich jederzeit mit Stroh, Raufutter oder anderem gleichwertigem Material beschäftigen können.

Geeignete Beschäftigungsmaterialien sind solche, die kaubar, benagbar, fressbar und nicht toxisch sind, wie Stroh, Chinaschiff, Streue, entstaubte Hobelspäne und Raufutter wie Heu, Ganzpflanzensilage sowie Stroh- oder Heuwürfel.

Weichholz ist nur zulässig, wenn es flexibel an der Wand aufgehängt ist, regelmässig erneuert wird und die Schweine mindestens dreimal täglich mit einer Raufutter angereicherten Ration gefüttert werden oder ihnen Futter zur freien Verfügung steht.

Werden Beschäftigungsmaterialien auf dem Boden zur Verfügung gestellt, so muss jederzeit so viel vorhanden sein, dass sich die Tiere damit beschäftigen können.



Wasser

Schweine müssen jederzeit Zugang zu Wasser haben, ausgenommen bei Freilandhaltung, wenn sie mehrmals täglich getränkt werden.

Beleuchtung

Räume, in denen sich Schweine überwiegend aufhalten, müssen durch Tageslicht beleuchtet werden.

Die Beleuchtungsstärke muss tagsüber mindestens 15 Lux betragen, ausgenommen in Ruhe- und Rückzugsbereichen, sofern die Schweine permanent einen anderen, ausreichend hellen Standort aufsuchen können.

Allgemeines zur Haltung

Schweine, auch Minipigs und andere Rassen, müssen in Gruppen gehalten werden. Ausgenommen sind Sauen während der Säge- und Deckzeit sowie Eber ab der Geschlechtsreife.

Schweine dürfen nicht angebonden gehalten werden. Zuchteber und Mastschweine dürfen nicht in Kastenständen gehalten werden, auch nicht zur Ausmast, bei Krankheiten oder Verletzungen.

Kastenstände für Sauen dürfen nur während der Deckzeit und höchstens während 10 Tagen verwendet werden.

Schutz vor Hitze und Kälte

Stallhaltung

Bei geschlossenen Räumen mit künstlicher Belüftung muss die Frischluftzufuhr auch bei Ausfall der Anlage gesichert sein (Alarmanlage, automatische Fensterheber).

In neu eingerichteten Ställen müssen bei Hitze (ab 25°C) für Schweine ab 25 kg in Gruppenhaltung sowie Eber Abkühlungsmöglichkeiten (Erwärmetauscher, Zuluftkühlung, Bodenkühlung, Vernebelungsanlagen, Duschen oder Suhlen) zur Verfügung stehen.

Freilandhaltung

Ein Witterungsschutz muss allen Tieren gleichzeitig Platz bieten.

Sommer: Ab 25°C Lufttemperatur muss den Schweinen eine Suhle und bei starker Sonneneinstrahlung eine ausreichend grosse beschattete Liegefläche ausserhalb der Liegehütten zur Verfügung stehen.

Winter: Bei unterschreiten folgender Temperaturen:

- 24°C für Ferkel bis zum Absetzen;
- 20°C für Ferkel vom Absetzen bis 25 kg;
- 15°C für Schweine von 25 - 60 kg;
- 9°C für Schweine über 60 kg

muss der Boden im Liegebereich wärmegeämmt, ausreichend eingestreut oder mit einer Heizung versehen sein.

In Aussenklimaställen muss eine Liegekiste oder eine ähnliche Einrichtung vorhanden sein oder die Schweine müssen die Möglichkeit haben, sich im Tiefstreubett einzugraben.

Stallböden und Liegeflächen

Für Schweine in Gruppenhaltung und Zuchteber muss ein in grösseren Flächen zusammenhängender Liegebereich vorhanden sein, der für am 1. Sept. 2008 bestehende Mastschweineeställe einen Perforationsanteil von max. 5 % und bei übrigen Ställen einen Perforationsanteil im Liegebereich von maximal 2 % aufweisen darf.

Wenn der Liegebereich eine Perforation aufweist, müssen die Löcher bzw. Spalten pro Bodenelement regelmässig verteilt sein.

Diese Änderung tritt für am 1. September 2008 bestehende Haltungen ab dem 1. September 2018 in Kraft.

Kastenstände für Sauen dürfen im Deckzentrum nur zur Hälfte und in Fressliegebuchten nur zu einem Drittel mit perforiertem Boden versehen sein.

In Fressliegebuchten müssen die Gänge so breit sein, dass sich die Tiere ungehindert drehen und ausweichen können (mindestens 1.80 m).

In Gruppen gehaltene Schweine dürfen nur während der Fütterung in Fressständen oder Kastenständen fixiert werden.

Abferkelbuchten

Abferkelbuchten sind so zu gestalten, dass sich die Sau frei drehen kann.

Der Kastenstand darf nur im Einzelfall bei Bösartigkeit der Sau gegenüber den Ferkeln oder bei Gliedmassenproblemen während der Geburtsphase (Beginn des Nestbauverhaltens bis längstens zum Ende des dritten Tages der auf die Geburt folgt) geschlossen werden.

Es ist aufzuzeichnen, welche Sau aus welchem Grund fixiert wurde.

Ab dem 112. Trächtigkeitstag bis zum ersten Tag nach der Geburt ist der Sau geeignetes Nestbaumaterial zu verabreichen, welches von der Sau mit der Schnauze getragen werden kann wie z. B. Langstroh. Ungeeignet sind: Hobelspäne, Sägemehl, Zeitungsschnitzel oder Strohhäcksel.

Vom zweiten Tag nach dem Abferkeln bis zum Ende der Sägezeit muss der Liegebereich der Sau und der Ferkel einmal pro Tag bodendeckend mit Langstroh, Strohhäcksel, Chinaschiff oder entstaubten Hobelspänen eingestreut werden.

Unzulässige Handlungen

Bei Schweinen unzulässig oder verboten ist:

- a. das Coupiere des Schwanzes;
- b. das Abklemmen der Zähne bei Ferkeln;
- c. das Einsetzen von Nasenringen sowie Klammern und Drähten in die Rüsselscheibe;
- d. das Kastrieren von Ferkeln ohne Schmerz-ausschaltung.



II Anhang: Grobanalyse Stromverbrauch Ferkelnest zu PV-Produktion

Erste Abschätzung Machbarkeit PV-Stromproduktion vs. Verbrauch				
Ferkelkiste	Modern		Alt	
Erklärung		Einheit		Einheit
Anzahl Ferkelnester Betrieb	50	Ferkelnester	50	Ferkelnester
Jahresverbrauch Ferkelnest	500	kWh/Jahr	2'000	kWh/Jahr
Stromverbrauch Betrieb	25'000	kWh/Jahr	100'000	kWh/Jahr
PV Anlage	150	kWh/Jahr m2	150	kWh/Jahr m2
Benötigte Fläche 100% Eigenverbrauch	167	m2	667	m2
		0.4		0.4
Benötigte Fläche 40% Eigenverbrauch	67	m2	267	m2
Einmalige Investitionsvergütung max.	30	kWhp	30	kWhp
	1'000	h/Jahr	1'000	h/Jahr
Jahresertrag max.	30'000	kWh/Jahr	30'000	kWh/Jahr
max. Fläche	200	m2	200	m2

III Anhang Rohdaten Versuch Strickhof 2014

Messwerte							
Versuch: "Ferkelnestvergleich"							
Wasserheizung				Stromheizung			
Datum	Zählerwert bei der Geburt / KHH	Datum	Zählerwert beim Absetzen / KWH	Datum	Zählerwert bei der Geburt / KHH	Datum	Zählerwert beim Absetzen / KWH
2.4.2014	0,191	1.5.2014	0,322	3.4.2014	17,7	1.5.	45,4
15.5.14	0,322	17.6.2014	0,519	15.5.2014	45,4	17.6.	92,5
21.6.14	0,519	24.7.2014	0,608	26.6.14	92,5	24.7.	135,7
8.8.14	0,608	4.9.14	0,728	8.8.14	135,7	4.9.14	159,5
19.9.14	0,728	16.10.	0,961	19.9.14	159,5	16.10.14	190,9
31.10.	0,961	28.11.	1,026	31.10.	190,9	29.11.	234,5
10.11.	1,026	8.1.15	1,169	10.11.	234,5	8.1.15	298,4

0
 0,4
 5,7
 3,5
 1
 26,2
 34,5
 24,5
 26,7
 27,4

Ø Temp
 31,4
 28,7
 32,4
 27,4
 29,6
 31,5
 32,4

Ø = Temp pro Nest

Auswertung Messwerte ATX Thermonest

Gemessen im Strickhof, Lindau Versuchsleiter Ritter Samuel

ATX Thermonest

Heizelement: 1230x290 280W geregelt mit einem DT1

Datum	Zählerwert bei der Geburt/KWH	Datum	Zählerwert bei Absetzen/KWH	Ø Temp	Verbrauch/KWH	Betriebstage	Verbrauch/Tag	Kosten pro Tag/CHF Fr. 0,22
03.04.2014	17,7	01.05.2014	45,4	31,4	27,7	28	0,99	<u>Fr. 0,22</u>
15.05.2014	45,4	12.06.2014	92,5	28,7	47,1	28	1,68	<u>Fr. 0,37</u>
26.06.2014	92,5	24.07.2014	135,7	32,4	43,2	28	1,54	<u>Fr. 0,34</u>
08.08.2014	135,7	04.09.2014	159,5	27,5	23,8	28	0,85	<u>Fr. 0,19</u>
19.09.2014	159,5	16.10.2014	190,9	29,6	31,4	28	1,12	<u>Fr. 0,25</u>
31.10.2014	190,9	22.11.2014	234,5	31,5	43,6	28	1,56	<u>Fr. 0,34</u>
10.12.2014	234,5	08.01.2015	288,4	32,4	53,9	28	1,93	<u>Fr. 0,42</u>
				213,5			9,67	<u>Fr. 2,13</u>
Durchschnitt				30,5			1,38	<u>Fr. 0,30</u>

IV Anhang Modellierte Tagesverbrauchskurve eines Ferkelnests der verschiedenen Monate

38 kWh/ Wurf (6 Wochen à 42 Tage)
 0.9048 kWh/ Tag

Prozentverteilung

aus Messung	Verbrauch [W]	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septemb	Oktober	November	Dezember	
Durchschnitt	20.0%	10.0%	5.0%	0.0%	-5.0%	-10.0%	-20.0%	-10.0%	-5.0%	0.0%	5.0%	10.0%		
00:00	3.70%	33.5	40.2	36.8	35.1	33.5	31.8	30.1	26.8	30.1	31.8	33.5	35.1	36.8
01:00	4.43%	40.1	48.1	44.1	42.1	40.1	38.1	36.1	32.0	36.1	38.1	40.1	42.1	44.1
02:00	4.78%	43.2	51.9	47.6	45.4	43.2	41.1	38.9	34.6	38.9	41.1	43.2	45.4	47.6
03:00	3.60%	32.5	39.1	35.8	34.2	32.5	30.9	29.3	26.0	29.3	30.9	32.5	34.2	35.8
04:00	4.88%	44.2	53.0	48.6	46.4	44.2	41.9	39.7	35.3	39.7	41.9	44.2	46.4	48.6
05:00	3.52%	31.9	38.2	35.1	33.5	31.9	30.3	28.7	25.5	28.7	30.3	31.9	33.5	35.1
06:00	4.93%	44.6	53.5	49.1	46.8	44.6	42.4	40.2	35.7	40.2	42.4	44.6	46.8	49.1
07:00	3.07%	27.8	33.3	30.5	29.2	27.8	26.4	25.0	22.2	25.0	26.4	27.8	29.2	30.5
08:00	3.82%	34.6	41.5	38.1	36.3	34.6	32.9	31.1	27.7	31.1	32.9	34.6	36.3	38.1
09:00	4.88%	44.2	53.0	48.6	46.4	44.2	41.9	39.7	35.3	39.7	41.9	44.2	46.4	48.6
10:00	4.93%	44.6	53.5	49.1	46.8	44.6	42.4	40.2	35.7	40.2	42.4	44.6	46.8	49.1
11:00	3.25%	29.4	35.2	32.3	30.8	29.4	27.9	26.4	23.5	26.4	27.9	29.4	30.8	32.3
12:00	5.41%	48.9	58.7	53.8	51.4	48.9	46.5	44.0	39.1	44.0	46.5	48.9	51.4	53.8
13:00	4.83%	43.7	52.4	48.1	45.9	43.7	41.5	39.3	35.0	39.3	41.5	43.7	45.9	48.1
14:00	2.49%	22.5	27.0	24.8	23.7	22.5	21.4	20.3	18.0	20.3	21.4	22.5	23.7	24.8
15:00	3.40%	30.7	36.9	33.8	32.3	30.7	29.2	27.7	24.6	27.7	29.2	30.7	32.3	33.8
16:00	3.19%	28.9	34.7	31.8	30.4	28.9	27.5	26.0	23.1	26.0	27.5	28.9	30.4	31.8
17:00	2.52%	22.8	27.3	25.0	23.9	22.8	21.6	20.5	18.2	20.5	21.6	22.8	23.9	25.0
18:00	2.42%	21.9	26.2	24.0	22.9	21.9	20.8	19.7	17.5	19.7	20.8	21.9	22.9	24.0
19:00	5.08%	46.0	55.2	50.6	48.3	46.0	43.7	41.4	36.8	41.4	43.7	46.0	48.3	50.6
20:00	4.30%	38.9	46.7	42.8	40.9	38.9	37.0	35.0	31.1	35.0	37.0	38.9	40.9	42.8
21:00	6.09%	55.1	66.1	60.6	57.8	55.1	52.3	49.6	44.1	49.6	52.3	55.1	57.8	60.6
22:00	4.25%	38.5	46.2	42.3	40.4	38.5	36.5	34.6	30.8	34.6	36.5	38.5	40.4	42.3
23:00	6.24%	56.4	67.7	62.1	59.3	56.4	53.6	50.8	45.2	50.8	53.6	56.4	59.3	62.1
Total	100%	904.8	1085.7	995.2	950.0	904.8	859.5	814.3	723.8	814.3	859.5	904.8	950.0	995.2

V Anhang Durchschnittlicher Globaler Einstrahlungsverlauf pro Monat

Lokalzeit	Globale Einstrahlung [W/m ²] PV GIS												Sonnenszeit	
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23:37
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:37
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	01:37
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	02:37
04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	03:37
05:00	0	0	0	0	0	34	6	0	0	0	0	0	0	04:37
06:00	0	0	0	17	82	105	71	49	0	0	0	0	0	05:37
07:00	0	0	33	97	175	203	168	146	72	0	0	0	0	06:37
08:00	0	60	129	200	273	306	280	261	176	90	0	0	0	07:37
09:00	63	141	228	300	361	400	388	371	280	181	90	59	0	08:37
10:00	124	210	310	382	430	476	479	461	368	259	149	114	0	09:37
11:00	170	259	369	442	477	528	546	524	429	314	192	154	0	10:37
12:00	196	284	403	475	501	555	584	556	460	342	214	174	0	11:37
13:00	200	283	409	482	501	555	591	556	460	342	213	172	0	12:37
14:00	183	256	388	461	477	528	568	523	427	311	189	150	0	13:37
15:00	143	204	340	413	428	474	514	457	363	253	142	106	0	14:37
16:00	85	130	265	339	356	396	432	364	272	171	78	46	0	15:37
17:00	14	44	168	243	265	299	328	251	163	75	0	0	0	16:37
18:00	0	0	60	135	163	192	212	132	56	0	0	0	0	17:37
19:00	0	0	0	36	68	92	103	33	0	0	0	0	0	18:37
20:00	0	0	0	0	0	18	22	0	0	0	0	0	0	19:37
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20:37
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21:37
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22:37

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>

Einstahlungsdatenbank: Classic PVGIS

Neigung 13%

Ausrichtung 9°

Location: 47°10'52" North, 8°19'42" East, Elevation: 589 m a.s.l.,

VI Anhang PV-Produktion im Tagesverlauf pro Monat Unterhilti Hohenrain

PV-Produktion Unterhilti, Hohenrain

14% Wirkungsgrad (17 % monokristaline PV, PR 0.8)

Wh/1 m² Fläche

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>

Einstahlungsdatenbank: Classic PVGIS

Neigung 13%

Ausrichtung 9°

Location: 47°10'52" North, 8°19'42" East, Elevation: 589 m a.s.l.,

Lokalzeit	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00	0	0	0	0	0	4.76	0.84	0	0	0	0	0
06:00	0	0	0	2.38	11.48	14.7	9.94	6.86	0	0	0	0
07:00	0	0	4.62	13.58	24.5	28.42	23.52	20.44	10.08	0	0	0
08:00	0	8.4	18.06	28	38.22	42.84	39.2	36.54	24.64	12.6	0	0
09:00	8.82	19.74	31.92	42	50.54	56	54.32	51.94	39.2	25.34	12.6	8.26
10:00	17.36	29.4	43.4	53.48	60.2	66.64	67.06	64.54	51.52	36.26	20.86	15.96
11:00	23.8	36.26	51.66	61.88	66.78	73.92	76.44	73.36	60.06	43.96	26.88	21.56
12:00	27.44	39.76	56.42	66.5	70.14	77.7	81.76	77.84	64.4	47.88	29.96	24.36
13:00	28	39.62	57.26	67.48	70.14	77.7	82.74	77.84	64.4	47.88	29.82	24.08
14:00	25.62	35.84	54.32	64.54	66.78	73.92	79.52	73.22	59.78	43.54	26.46	21
15:00	20.02	28.56	47.6	57.82	59.92	66.36	71.96	63.98	50.82	35.42	19.88	14.84
16:00	11.9	18.2	37.1	47.46	49.84	55.44	60.48	50.96	38.08	23.94	10.92	6.44
17:00	1.96	6.16	23.52	34.02	37.1	41.86	45.92	35.14	22.82	10.5	0	0
18:00	0	0	8.4	18.9	22.82	26.88	29.68	18.48	7.84	0	0	0
19:00	0	0	0	5.04	9.52	12.88	14.42	4.62	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	2.52	3.08	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

VII Anhang PV-Produktion auf dem Betrieb Unterhilti gemäss PVGIS



Photovoltaik geografisches Informationssystem

European Commission
 Joint Research Centre
 Ispra, Italy

Leistung Netzgekoppelte FV

PVGIS Schätzung der Solarenergieproduktion

Ort: 47°10'52" Nord, 8°19'42" Ost, Höhe: 589 m ü.d.M.,
 Benutzte Sonnenstrahlungsdatenbank: PVGIS-classic

Nominelle Leistung des FV-Systems: 1.0 kW (Kristallin Silizium)
 Geschätzte Verluste von Temperatur und niedriger Einstrahlung: 6.9% (mit Einfluss der lokalen Aussentemperatur)
 Geschätzter Verlust durch Reflexionseffekte: 3.5%
 Andere Verluste (Kabel, Inverter, usw.): 14.0%
 Gesamtverluste des FV Systems: 22.8%

Festes System: Neigung=13 Grad, Orientierung=9 Grad				
Monat	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	0.97	30.2	1.19	36.9
Feb	1.54	43.2	1.88	52.5
Mär	2.51	77.9	3.14	97.4
Apr	3.17	95.1	4.07	122
Mai	3.53	109	4.65	144
Jun	3.91	117	5.22	157
Jul	3.98	123	5.34	165
Aug	3.53	109	4.70	146
Sep	2.72	81.5	3.54	106
Okt	1.85	57.3	2.35	73.0
Nov	1.04	31.3	1.30	38.9
Dez	0.79	24.6	0.98	30.4
Jahr	2.47	75.0	3.20	97.4
Total für Jahr		900		1170

Ed: Durchschnittliche tägliche Energieproduktion des Systems (kWh)

Em: Durchschnittliche monatliche Elektrizitätsproduktion mit diesem System (kWh)

Hd: Durchschnittliche Tagessumme globaler Einstrahlung pro Quadratmeter auf den Modulen des gewählten Systems (kWh/m²)

Hm: Durchschnittliche globale Einstrahlungssumme pro Quadratmeter auf den Modulen des Systems (kWh/m²)

VIII Anhang Schweizer Angebote für PV-Anlagen aufdach

PLANUNG

INSTALLATION

SERVICE

PREISE

GEMEINDEN UND FIRMIEN

ANGEBOT ANFORDERN

SeetalSolar AG
Rütimatt 11
6285 Retschwil

[Sie finden uns hier!](#)

☎ 041 541 51 52
☎ 079 342 96 23
✉ info@seetalsolar.ch

Preise Stand September 2015

Der Preis einer Photovoltaikanlage ist entscheidend für die Rentabilität und die entsprechende Amortisationsdauer. Eine Photovoltaikanlage lohnt sich nur dann, wenn der Gestehungspreis fair und günstig ist. Eine Amortisationsdauer von z.B. 16 Jahren trotz KEV ist aus unserer Sicht inakzeptabel. Je nach Grösse sollte sich eine PV Anlage in 8-12 Jahren auch ohne KEV amortisiert haben. Dabei muss die Qualität höchsten Ansprüchen genügen.

Jede Photovoltaik-Anlage -egal wie gross- leistet einen positiven Beitrag zur Umweltbilanz und fördert einen bewussteren Umgang mit der vorhandenen Energie.

Als "Faustregel" bei SeetalSolar können folgende kWp-Preise für eine schlüsselfertige Lösung (inkl. Baunebenleistungen, Administration, Anmeldung, EEA, ESTI, Gerüst, Elektriker AC, komplett montiert, betriebsbereit, gemäss dem jeweiligen Angebot) angenommen werden:

- ✓ 10kWp mit Monokristallinen Modulen und einem Fronius Wechselrichter ab ca. 2100,-/kWp mit Hochleistungsmodulen ab ca. 2600,- kWp.
- ✓ 30kWp mit Polykristallinen Modulen ab ca. 1850,-/kWp mit Monokristallinen Modulen ab ca. 1950,-/kWp (WR 2x Fronius Symo 15.0.3-M)
- ✓ 100kWp mit Polykristallinen Modulen ab ca. 1750,-/kWp mit Monokristallinen Modulen ab ca. 1900,-/kWp
- ✓ 400kWp mit Polykristallinen Modulen ab ca. 1600,-/kWp mit Monokristallinen Modulen ab ca. 1700,-/kWp

Die angegebenen Preise basieren auf durchschnittlichen Erfahrungswerten. Abweichungen können z.B. bei erschwerenden Bedingungen wie sehr hohe Gebäude (Gerüst), besonderen Dacharten (z.B. Flachdach, Schiefer, Biberschwanz), oder überdurchschnittlichem Aufwand AC (Elektriker) entstehen. Verbindliche Angebote erhalten Sie von SeetalSolar ausschliesslich schriftlich, persönlich und nach einer Besichtigung bei Ihnen vor Ort.

Photovoltaik Preise - Kosten Photovoltaikanlagen | Offerten24 <http://www.offerten24.ch/photovoltaik/preise>

Produkte

Unser Service

Ratgeber

Für Anbieter

Kontakt

Gratis Telefon-Beratung: 044 500 35 25

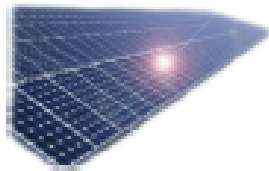
Offerten24

Photovoltaik

Preise

Hersteller

Offerten erhalten



Erhalten Sie kostenlos 3 Offerten von Photovoltaik-Fachhändlern:

1. PV-Anlage beschreiben
2. Passende Anbieter finden
3. Offerten erhalten & vergleichen

[KOSTENLOS & UNVERBINDLICH](#)



Photovoltaik Preise

Startseite / Photovoltaik / Photovoltaik Preise

Photovoltaik Preise und Kosten

Die Preise für eine Photovoltaik-Anlage setzen sich zusammen aus den Kosten für Solarmodule, Zubehör und Installation. Zudem variieren sie je nach Hersteller und Installateur. Auch die Art der Solarzellen hat einen Einfluss auf den Photovoltaik Preis. Je höher die Leistung, desto teurer die Zelle. Unten in der Tabelle sind detailliertere Angaben zu finden.

[Hier kostenlos und unverbindlich Preise für Photovoltaik vergleichen.](#)

Kostenübersicht in CHF

Maximale Leistung	Modulfläche	Kosten
1 kWp	ca. 9 m ²	ca. 9'000.-
2 kWp	ca. 17 m ²	ca. 12'000.-
3 kWp	ca. 25 m ²	ca. 15'000.-
5 kWp	ca. 40 m ²	ca. 20'000.-
10 kWp	ca. 80 m ²	ca. 30'000.-

*inkl. Montage, Inbetriebnahme, Exkl. Gerüst, Mauerdurchbrüche, Dachdeckerarbeiten

[Hier kostenlos und unverbindlich Preise für Photovoltaik vergleichen.](#)

Ihre Vorteile

- ✓ Anbieterunabhängig
- ✓ Kostenlos & unverbindlich
- ✓ Sparen durch Offertenvergleich

Photovoltaik Übersicht

> Photovoltaik

> Photovoltaik Preise

> Photovoltaikanlage

> Photovoltaik Schweiz

> Photovoltaik Hersteller

> Photovoltaik Offerte

IX Anhang Annuitätenberechnung Eigenverbrauch PV-Anlagen mit 128 Ferkelnester

		Kostenrechnung pro Ferkelnest und Eigenverbrauch												
		%	88.9	80.5	70	64.4	53.2	44.7	38.3	33.4	29.6	24.1	20.4	12.4
Eigenverbrauch														
Pro Ferkelnest	m2 PV	0.75	1	1.25	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	6	10
128 Ferkelnester	m2 PV	96	128	160	192	256	320	384	448	512	640	768	768	1280
	kWp	16.00	21.33	26.67	32.00	42.67	53.33	64.00	74.67	85.33	106.67	128.00	128.00	213.33
p. Kosten kWp	CHF/kWp	2445.15	2295.20	2185.24	2099.32	1970.58	1876.17	1802.41	1742.31	1691.87	1610.82	1547.48	1547.48	1382.99
Lebensdauer	25 Jahre													
Zins		2%	0.0512	3%	0.0574	4%	0.064							
Annuität	0.0512													
ohne EIV	Kosten CHF/m2a	28.4	27.1	26.1	25.4	24.3	23.5	22.9	22.4	21.9	21.2	20.7	19.3	19.3
mit EIV	Kosten CHF/m2a	23.4	22.3	21.4	20.8	19.8	19.0	18.4	17.9	17.5	16.9	16.3	15.0	15.0
ohne EIV	Kapitalkosten/a	2723.1	3467.0	4183.6	4879.5	6224.8	7523.2	8786.1	10020.7	11231.9	13597.2	15901.6	24706.0	24706.0
mit EIV	Kapitalkosten/a	2241.8	2849.2	3429.2	3988.7	5060.8	6086.2	7076.0	8037.6	8975.7	10794.9	12553.1	19172.9	19172.9
PV-Produktion kWp/kWp a	900.0													
PV-Produktion g. kWp	KWh/a	14400	19200	24000	28800	38400	48000	57600	67200	76800	96000	115200	192000	192000
Eigenverbrauch	KWh	12801.6	15456	16800	18547.2	20428.8	21456	22060.8	22444.8	22732.8	23136	23500.8	23808	23808
Rückspeisung	KWh/a	1598.4	3744	7200	10252.8	17971.2	26544	35539.2	44755.2	54067.2	72864	91699.2	168192	168192
Stromtarif CHF/kWh	0.186													
Einsparungen Bezug	CHF/a	2381.1	2874.8	3124.8	3449.8	3799.8	3990.8	4103.3	4174.7	4228.3	4303.3	4371.1	4428.3	4428.3
Rückspeisung CHF/kWp	0.08													
Vergütung Rückspeisung	CHF/a	127.9	299.5	576.0	820.2	1437.7	2123.5	2843.1	3580.4	4325.4	5829.1	7335.9	13455.4	13455.4
Nettogewinn ohne EIV	CHF/a	-214.1	-292.6	-482.8	-609.5	-987.3	-1408.9	-1839.7	-2265.6	-2678.2	-3464.8	-4194.5	-6822.3	-6822.3
Nettogewinn mit EIV	CHF/a	267.2	325.2	271.6	281.4	176.6	28.1	-129.6	-282.4	-422.0	-662.4	-846.0	-1289.3	-1289.3
		88.9	80.5	70	64.4	53.2	44.7	38.3	33.4	29.6	24.1	20.4	12.4	12.4
Pay Back	CHF/kWp v. Zeile 7													
Investitionskosten v. kWp	CHF	39122.5	48964.2	58273.1	67178.4	84077.9	100063	115354	130092	144373	171820	198078	295038	295038
EIV	CHF/kWp	9'400	12'067	14'733	17'400	22'733	28'067	33'400	38'733	44'067	54'733	65'400	108'067	108'067
Investition mit EIV		29'722	36'897	43'540	49'778	61'345	71'996	81'954	91'359	100'306	117'087	132'678	186'972	186'972
Nettoertrag Stromrechnung	CHF/a	2509.0	3174.3	3700.8	4270.0	5237.5	6114.3	6946.4	7755.1	8553.7	10132.4	11707.1	17883.6	17883.6
PayBack	a	11.85	11.62	11.76	11.66	11.71	11.77	11.80	11.78	11.73	11.56	11.33	10.45	10.45
Produktionskosten ohne EIV	CHF/kWh	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13
Produktionskosten ohne EIV	CHF/kWh	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13
Produktionskosten mit EIV		0.15568	0.14839	0.14288	0.13849	0.13179	0.1268	0.12285	0.11961	0.11687	0.11245	0.10897	0.09986	0.09986
0.05 CHF/kWh 900kWh/kWp	45													
Unterhalt		720	960	1200	1440	1920	2400	2880	3360	3840	4800	5760	9600	9600