

OPTIMIERUNGSBASIERTE UNTERSUCHUNG DES AUTARKIEGRADES LANDWIRTSCHAFTLICHER BETRIEBE

Patrick VITZTHUM^{1*}, Martin MANDL², Andreas HOLZER³, Thomas
LOIBNEGGER⁴ Robert GAUGL⁵

1. Einleitung

Die Europäische Union hat sich im Rahmen des Fit-for-55-Pakets bis 2030 ehrgeizige Ziele gesetzt: den Anteil der erneuerbaren Energien am Energieverbrauch auf 42,5 % zu erhöhen und die Treibhausgasemissionen, um mindestens 55 % zu senken [1]. Um die europäischen Zielsetzungen zu erreichen, hat Österreich zahlreiche Gesetzesvorhaben auf den Weg gebracht, mitunter das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG). Ziel ist es, den gesamten nationalen Stromverbrauch zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien zu decken. Österreich hat sich des Weiteren zum Ziel gesetzt bis zum Jahr 2040 Klimaneutralität zu erreichen. [2]

Um dieses Ziel zu erreichen, ist nicht nur der Ausbau erneuerbarer Energieträger gemäß dem EAG notwendig, sondern es bedarf auch einer Erweiterung der elektrischen Speicherkapazitäten und der Energieinfrastruktur, wie auch in der *#mission2030* aufgezeigt wird [3]. Ein in Zukunft wichtiger Sektor zum Erreichen der Ziele ist die Landwirtschaft. Neben den großflächigen Dächern von Gebäuden, Stallungen und Scheunen sowie Grünflächen, die für die Installation von Photovoltaikanlagen genutzt werden können, weisen viele landwirtschaftliche Betriebe einen hohen Bedarf an elektrischer Energie auf. Mit Hilfe von Energiespeichern lässt sich der Eigenverbrauch der Betriebe in einem höheren Maße, aus der selbst erzeugten Energie decken, was dazu beiträgt den Autarkiegrad zu erhöhen. [4]

Der Sektor Land- und Forstwirtschaft kann mit seinem großen Photovoltaik-Potential einen großen Beitrag zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Zielsetzung beitragen und als einer der ersten Sektoren seinen Energiebedarf vollständig aus erneuerbarer Energie decken. Doch für die praktische Umsetzung einer „fossilfreien“ Landwirtschaft bedarf es Lösungen zur Speicherung des produzierten Sonnenstroms. Melkroboter, Kühlanlagen und Lüftungssysteme in Stallungen sind ganzjährig und zu jeder Tages- und Nachtzeit in Betrieb.

Er kann somit zum positiven Trend der Neuerrichtungen an installierter Photovoltaikleistung und Speicherkapazität beitragen, der durch die Energiepreissteigerung im Jahr 2021 stark zugenommen hat. In Österreich wurden im Jahr 2022 rund 1 GW_{peak} an Leistung in Form von PV-Anlagen installiert, was eine Steigerung von über 35%, im Vergleich zum Jahr 2021, ausmacht. Der Zuwachs von PV-Speichersystemen liegt mit einer installierten Kapazität von fast 230.000 kWh bei 75%. [5]

Der Wunsch vieler Landwirt:innen ist es Energieautark zu werden, was aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nur schwer erreichbar ist. Um den Landwirt:innen eine Hilfestellung zum optimalen erreichbaren Autarkiegrad ihres Betriebes zu geben, wurde das Projekt „Stromspeicher in der Landwirtschaft“ ins Leben gerufen. Das Ziel dieses Projekts ist es, den Landwirt:innen ein digitales Werkzeug in die Hand zu geben, um für seinen landwirtschaftlichen Betrieb die erforderliche Photovoltaik-Leistung und Speicherkapazität zur Erreichung eines wirtschaftlich sinnvollen Energieautarkiegrades berechnen zu können.

Die untersuchten landwirtschaftlichen Betriebe (Milchviehbetrieb, Schweinemastbetrieb, Hühnermastbetrieb) unterscheiden sich gravierend hinsichtlich Maschinenausstattung,

¹ Patrick Vitzthum, Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation, Inffeldgasse 18, +43 660 6183343, patrick.vitzthum@student.tugraz.at

² Martin Mandl, Energie Steiermark – E1 Wärme und Energie GmbH, +43 316 9000 55000, martin.mandl@e-eins.at, <https://www.e-eins.at>

³ Andreas Holzer, Energie Steiermark Kunden GmbH, Vertrieb Landwirtschaft, +43 316 9000 52838, andreas.holzer@e-steiermark.com, <http://www.e-steiermark.com/>

⁴ Thomas Loibnegger, Landwirtschaftskammer Steiermark, Referat für Energie, Klima und Bioressourcen, +43 664 602596 1407, thomas.loibnegger@lk-stmk.at, www.lk-online.at

⁵ Robert Gaugl, Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation/Technische Universität Graz, +43 316 873 7904, robert.gaugl@tugraz.at, <https://iee.tugraz.at>

Automatisierungsgrad und Produktionsprozess. Aus diesem Grund wurde von jedem teilnehmenden landwirtschaftlichen Projektpartner ein detailliertes Verbrauchsprofil erstellt und analysiert. Im folgenden Paper werden die Forschungsergebnisse eines klassischen Milchviehbetriebes (Melkvorgang im Melkstand per Hand) und eines vollautomatisierten Milchviehbetriebes mit Melkroboter dargestellt.

2. Simulationsmodell

Zur Simulation der Betriebe wurde das mathematische Optimierungsprogramm GAMS verwendet. Hierbei ist ein Modell entstanden, dass mit den gemessenen (Verbrauchs- und Erzeugungsdaten) und den vorgegebenen (Daten zur Photovoltaik und Batterieanlage) Informationen der beiden Betriebe den am höchsten zu erreichenden Autarkiegrad berechnet. Für die Simulation werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Ein Wirkungsgrad beim Laden und Entladen von $\eta=0,96$
- Lade- und Entladeleistung P_{LL} =halbe maximale Speicherkapazität
- Keine Wechselrichterverluste
- Erzeugung steigt/sinkt linear mit der installierten Peak Leistung

3. Lastprofil der Betriebe

Beim Vergleich eines klassischen Milchviehbetriebs und einem Betrieb mit Melkroboter ist es wichtig, die Lastprofile der jeweiligen Betriebe genauer zu untersuchen. Der Blick auf das jeweilige Lastprofil hilft bei der Auswertung der Simulationsergebnisse in Kapitel 5. Zum besseren Vergleich der Lastprofile wird von beiden Betrieben ein Sommer- und ein Wintertag herangezogen.

3.1. Klassischer Milchviehbetrieb

Abbildung 1 zeigt das Lastprofil und den Gesamtverbrauch eines klassischen Milchviehbetriebs vom 18.01.2023. Typisch für das Lastprofil des Milchviehbetriebs sind die Lastspitzen am Morgen und Abend, die vom Melkvorgang verursacht werden. Die meiste Energie wird hierbei für die Milchkühlung (ca. 25%) und Milchgewinnung (ca. 45%) benötigt [6]. Die hohe Lastspitze zur Mittagszeit ist zu einem dem Kochen und zum anderen dem Einsatz der Futtermischanlage geschuldet, die vom Landwirten/der Landwirtin zur Erhöhung des Eigenversorgungsgrades bewusst in der Zeit der Photovoltaikproduktion in Betrieb genommen wird.

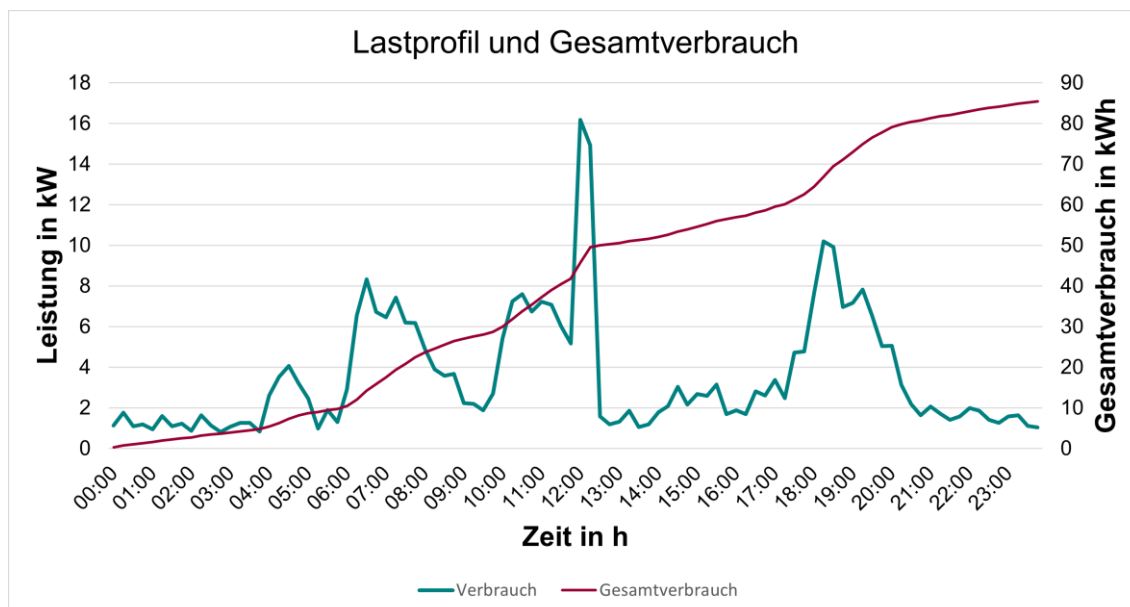


Abbildung 1: Lastprofil und Gesamterzeugung des klassischen Milchviehbetriebs, vom 18.01.2023. Die linke y-Achse zeigt die Leistung in kW, die rechte y-Achse den Gesamtverbrauch des Tages in kWh

Mit dem Einbeziehen der erzeugten Leistung in Abbildung 2 ist zu erkennen, dass an diesem Wintertag nur wenig Leistung von der Photovoltaikanlage erzeugt wird. Vor allem zu den Spitzen am Morgen und Abend wird mit Hilfe der Photovoltaikanlage keine elektrische Energie erzeugt. Dieses Erzeugungssprofil

entspricht mit den wenigen Sonnenstunden einem typischen Wintertag. Die installierte Peak Leistung bei diesem Betrieb beträgt 19,8 kWp und wird an diesem Tag, mit einer maximalen Erzeugung von 9 kW, nicht annähernd erreicht.

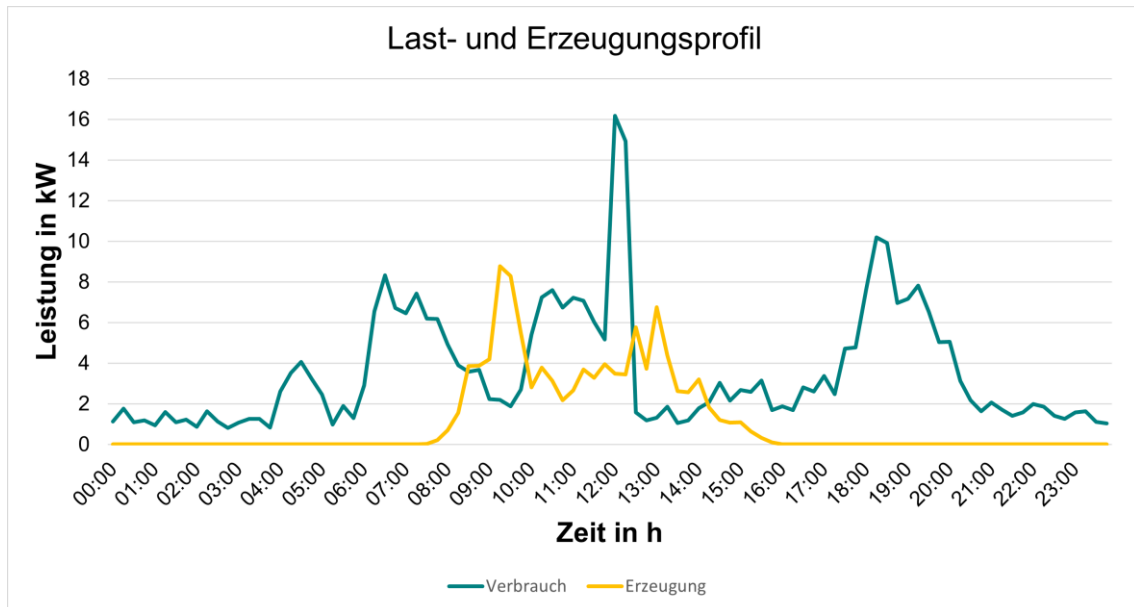


Abbildung 2: Vergleich vom Last- und Erzeugungsprofil des klassischen Milchviehbetriebs, vom 18.01.2023.

Bei einem Vergleich der Last- und Erzeugungsprofile eines Sommer- und Wintertages ist ein deutlicher Unterschied in Beiden zu erkennen. Abbildung 3 zeigt die drei Werte „Verbrauch“, „Erzeugung“ und „Gesamtverbrauch“ in einer Grafik. Der Verbrauch ist auch hier mit den Spitzen am Morgen, Mittag und am Abend ähnlich. Auffällig ist, dass die Abendspitze, wegen der benötigten Kühlleistung, deutlich höher ausfällt als im Winter. Auch die Grundlast während dem Tag ist höher. Das kann auf die Kühlung des Stalls mit Ventilatoren zurückgeführt werden. Im Gegensatz zu dem Standardlastprofil – deutlich höherer Verbrauch in den Wintermonaten im Vergleich mit den Sommermonaten – ist hier ein deutlicher Anstieg des Verbrauches im Sommer zu erkennen [7]. Bei der Betrachtung der erzeugten und verbrauchten Energie ist zu erkennen, dass bei einer Photovoltaik-Überproduktion während des Tages die Stromspitze am Abend nicht abgedeckt werden kann. Anhand dieses Profils sieht man, dass der Einsatz eines Batteriespeichers zur Erhöhung des Autarkiegrades Sinn macht. Alternativ wäre eine Erweiterung der PV-Anlage mit Ost/West-Ausrichtung zur Erhöhung des Autarkiegrades möglich.

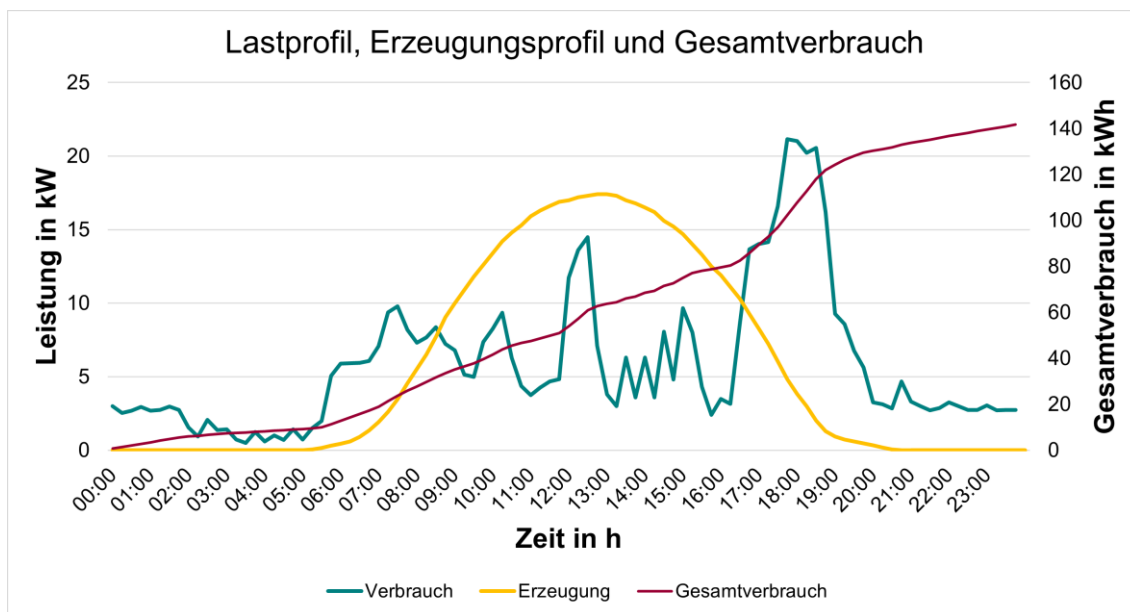


Abbildung 3: Lastprofil, Erzeugungsprofil und Gesamterzeugung des klassischen Milchviehbetriebes, vom 20.07.2022. Die linke y-Achse zeigt die Leistung in kW, die rechte y-Achse den Gesamtverbrauch des Tages in kWh

3.2. Milchviehbetrieb mit Melkroboter

Der Betrieb mit Melkroboter hat, wie in Abbildung 4 zu sehen, sowohl bei Tag als bei Nacht einen deutlich höheren Grundverbrauch. Dies liegt am Einsatz des Melkroboters, der 24 Stunden durchgehend im Betrieb ist. Anhand des Lastprofils ist zu erkennen, dass der Verbrauch während der Photovoltaik-Produktion gleich oder geringer ist als zu anderen Tageszeiten. Bei einem Melkroboter bestimmen die Kühe ihre Melkzeiten selbst, was dazu führt, dass sich die Melkzeiten auch in die Nachtzeiten verschieben.

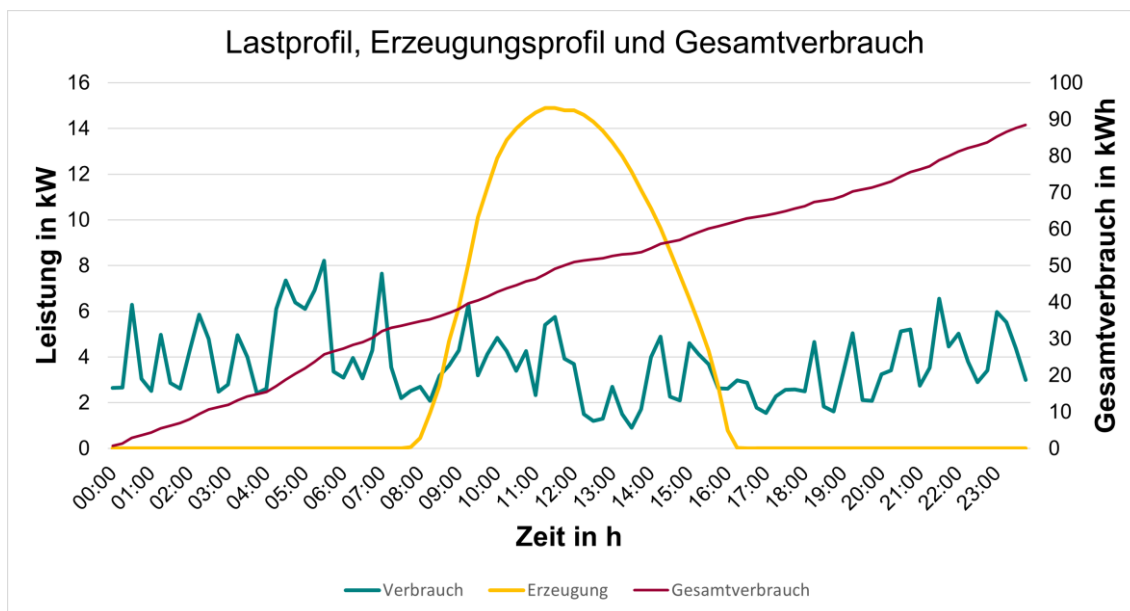


Abbildung 4: Lastprofil, Erzeugungsprofil und Gesamterzeugung des Milchviehbetriebes mit Roboter, vom 12.01.2022. Die linke y-Achse zeigt die Leistung in kW, die rechte y-Achse den Gesamtverbrauch des Tages in kWh

Ein ähnliches Bild ist auch im Sommer zu sehen – Abbildung 5. Der Gesamtverbrauch ist ähnlich hoch, aber auch hier ist vor allem unter Tag der Verbrauch am niedrigsten. Die beiden Last- und Erzeugungsprofile zeigen, dass dieser Betrieb eine deutliche Überproduktion an Strom während des Tages hat. Um den Autarkiegrad zu erhöhen kann dieser überschüssige Strom mit Hilfe eines Batteriespeichers auch in den Abendstunden am Betrieb genutzt werden. Die Erzeugung unterscheidet

sich zwischen dem Sommer und Wintertag nur an den Sonnenstunden. Die Erzeugung ist an beiden Tagen ähnlich hoch, erreicht aber nicht die installierte Peak-Leistung von 20 kWp.

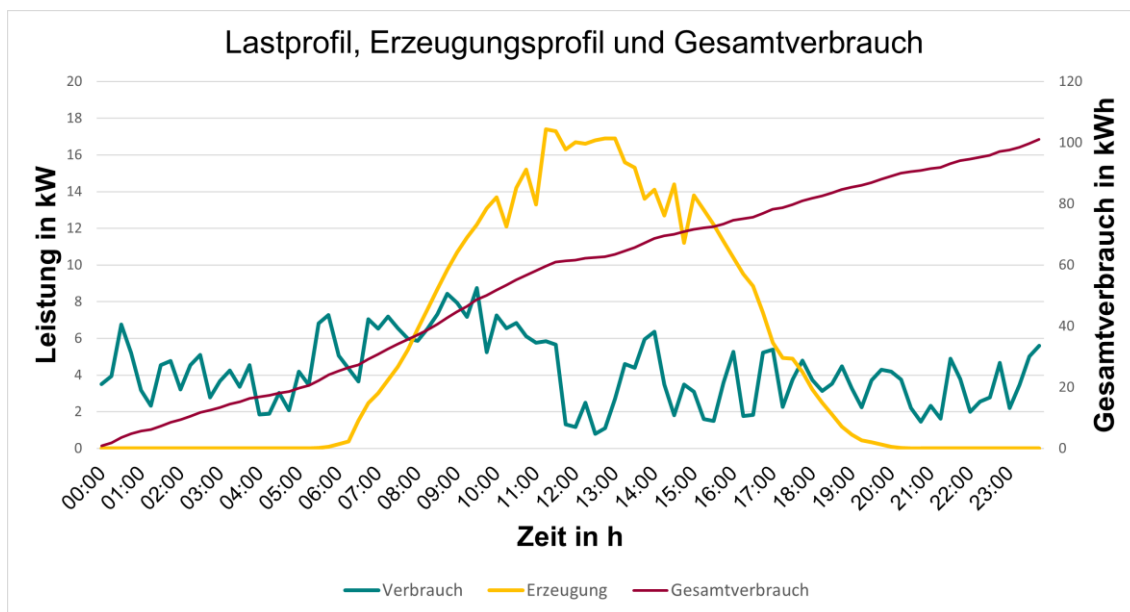


Abbildung 5: Lastprofil, Erzeugungsprofil und Gesamterzeugung des Milchviehbetriebes mit Roboter, vom 17.07.2022. Die linke y-Achse zeigt die Leistung in kW, die rechte y-Achse den Gesamtverbrauch des Tages in kWh

4. Simulationsergebnisse

Als Ergebnis der Simulation erhält man die zur Erreichung eines bestimmten Energieautarkiegrades benötigte installierte Photovoltaik-Leistung in kWp bei vorgegebenem Verhältnis von Speicherkapazität in kWh zu installierter Leistung in kWp. Die Ergebnisse werden zur besseren Darstellung von GAMS in einem Excel-Tool transferiert, sodass für jede Betriebssparte (Milch, Direktvermarktung, etc.) und jeden Produktionsprozess (Roboter, Melkstand) die Handlungsempfehlungen (Installation einer bestimmten PV- und Speicherleistung) für einen selbst zu bestimmenden Autarkiegrad von 30 bis 90 % in Form einer Tabelle und Grafik angezeigt werden. Das Ergebnis wird hierbei für einen Jahresgesamtverbrauch von 30.000, 40.000 und 50.000 kWh dargestellt. Ebenfalls kann ein Vergleich der Autarkiegrade für eine Betriebsart dargestellt werden.

4.1. Klassischer Milchviehbetrieb

Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt die Simulationsergebnisse für einen klassischen Milchviehbetrieb bei einem Jahresverbrauch von 30.000 kWh. Der Name wird hier für das Excel-Tool benötigt und wird wie folgt gelesen:

- PV ... Spaltenname als Referenz auf ein anderes Tabellenblatt
- 30%... Autarkiegrad von 30%
- 30 ... Gesamtverbrauch von 30.000 kWh

Tabelle 1: Simulationsergebnisse des klassischen Milchviehbetriebes für einen Gesamtverbrauch von 30.000 kWh

Name	PV_30%_30	PV_40%_30	PV_50%_30	PV_60%_30	PV_70%_30	PV_80%_30	PV_90%_30
Verhältnis	installierte Photovoltaik-Leistung in kWp						
0.00	7.64	11.25	18.81	55.24	613.80	#NV	#NV
0.25	7.53	10.93	17.13	37.82	92.47	190.28	360.36
0.50	7.46	10.67	16.04	30.69	63.36	113.65	196.81
0.75	7.39	10.45	15.28	26.60	50.39	84.81	140.58
1.00	7.31	10.32	14.76	24.20	42.27	68.90	111.08
1.50	7.23	10.13	14.02	21.38	34.31	52.63	82.76
2.00	7.16	9.92	13.42	19.17	28.69	41.88	64.15

Zusätzlich wird neben der Tabelle das Ergebnis grafisch dargestellt. Abbildung 6 zeigt hier den klassischen Milchviehbetrieb mit den Ergebnissen aus Tabelle 1. Bei dieser Darstellung ist zu erkennen, dass ein Autarkiegrad von 70% theoretisch ohne den Einsatz eines Batteriespeichers erreicht werden kann. Zum Erreichen der 70% wäre jedoch eine installierte Leistung von über 600 kWp nötig. Eine höhere Autarkie ist ohne den Einsatz eines Batteriespeichers nicht zu erreichen.

Praxisnäher ist der Bereich einer installierten Photovoltaik-Leistung von bis zu 100 kWp, dargestellt in Abbildung 7. Einerseits verfügen die Milchviehbetriebe über die dafür notwendige Dachflächen und andererseits lassen sich größere PV-Leistungen oft nur mit sehr hohen Anschlusskosten an das öffentliche Netz anschließen. Es ist zu erkennen, dass der Einsatz eines Batteriespeichers bis zu einem Autarkiegrad von 50% fast keine Auswirkung hat. Soll der Autarkiegrad höher sein als 50%, ist der Einsatz eines Batteriespeichers zu empfehlen. Wird von der/dem Landwirt:in eine PV-Anlage mit 30 kWp gewünscht und ein Batteriespeicher mit 15 kWh (Verhältnis von 0,5), so kann damit ein Autarkiegrad von 60% erzielt werden (schwarze Linie in Abbildung 7). Um den Autarkiegrad um 10%, von 60% auf 70% (blaue Linie) zu erhöhen, müsste bei gleichem PV-Stromspeicher-Verhältnis die Leistung der PV-Anlage- und Batteriespeichergröße mehr als verdoppelt werden.

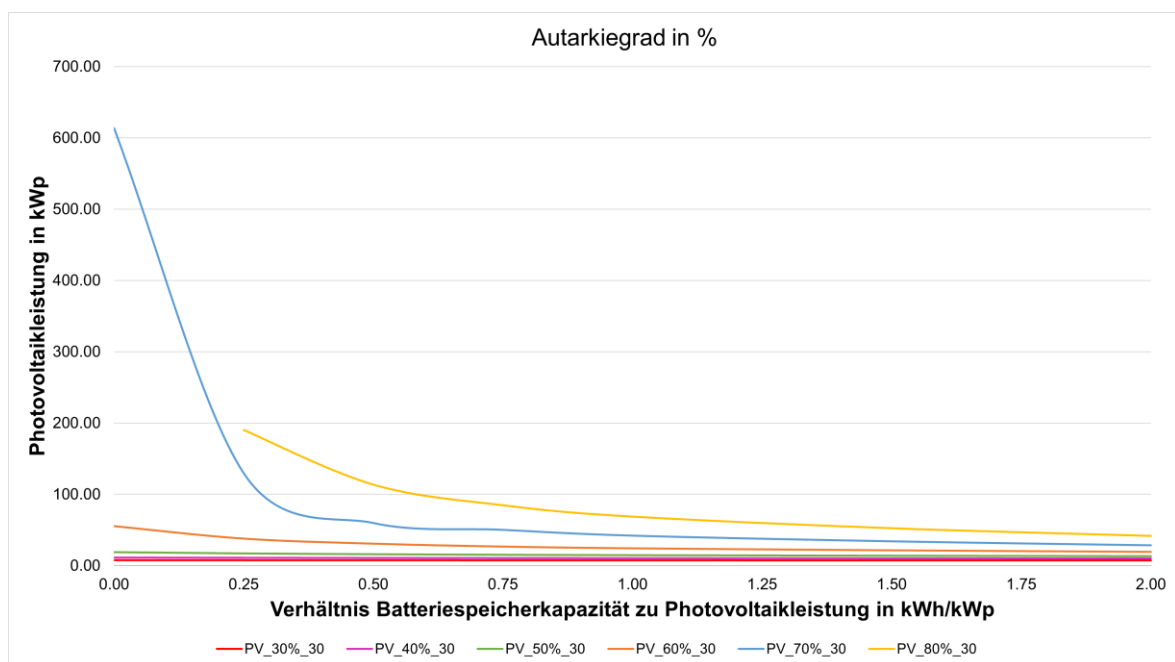


Abbildung 6: Simulationsergebnisse des klassischen Milchviehbetriebes für einen Gesamtverbrauch von 30.000 kWh

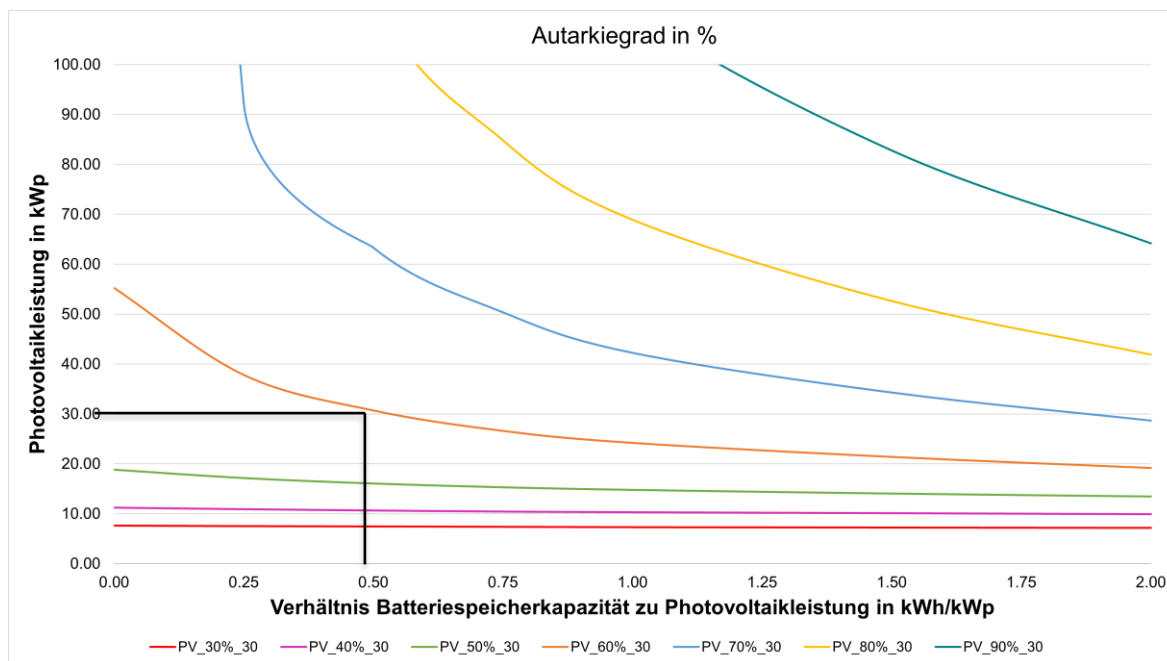


Abbildung 7: Simulationsergebnisse des klassischen Milchviehbetriebes für einen Gesamtverbrauch von 30.000 kWh bei maximaler installierten Photovoltaikleistung-Leistung von 100 kWp

4.2. Milchviehbetrieb mit Melkroboter

Die Ergebnisse für den Milchviehbetrieb mit automatischen Melkroboter werden in **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.** angezeigt. Diese Tabelle zeigt bereits, dass ohne den Einsatz eines Batteriespeichers kein Autarkiegrad höher als 40% mit einfachen Mitteln erreicht werden kann. Dieses Ergebnis kann in Abbildung 8 abgelesen werden. Außerdem ist zu erkennen, dass für diese Art der Milchproduktion ein Autarkiegrad über 50% nur mit dem Einsatz eines Stromspeichers gelingen kann.

Tabelle 2: Simulationsergebnisse des Milchviehbetriebes mit automatischen Melkroboter für einen Gesamtverbrauch von 30.000 kWh

Name	PV_30%_30	PV_40%_30	PV_50%_30	PV_60%_30	PV_70%_30	PV_80%_30	PV_90%_30
Verhältnis	installierte Photovoltaik-Leistung in kWp						
0.00	23.40	27.20	192.60	#NV	#NV	#NV	#NV
0.25	17.80	21.60	64.40	150.00	262.00	384.20	516.00
0.50	15.00	18.80	46.00	91.00	147.00	208.00	273.00
0.75	13.00	16.80	37.40	68.40	105.60	146.00	190.00
1.00	11.60	15.40	32.20	56.00	84.20	114.40	147.60
1.50	9.64	13.44	25.80	42.40	61.60	82.00	104.40
2.00	8.30	12.10	22.00	34.80	49.40	65.00	82.20

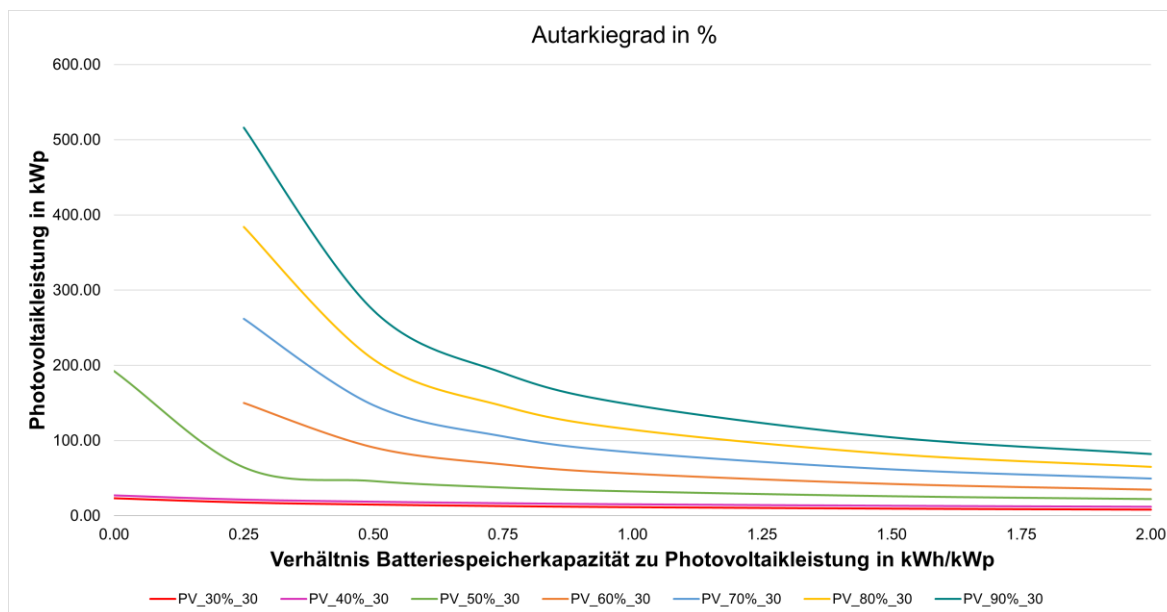


Abbildung 8: Simulationsergebnisse des Milchviehbetriebes mit automatischen Melkroboter für einen Gesamtverbrauch von 30.000 kWh

Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse für den Betrieb mit Roboter bei einem Gesamtverbrauch von 30.000 kWh und einer maximalen Photovoltaik-Leistung von 100 kWp. Es ist nur ein Autarkiegrad von 40% ohne einen Batteriespeicher erreichbar. Weiters ist zu erkennen, dass die benötigte installierte Peak-Leistung auch bei einem hohen Verhältnis von Speicherkapazität zu installierter Leistung weiterhin abnimmt, mit der Ausnahme der roten und violetten Linie (PV_30%_30 & PV_40%_30) mit einer Autarkie von 30% und 40%.

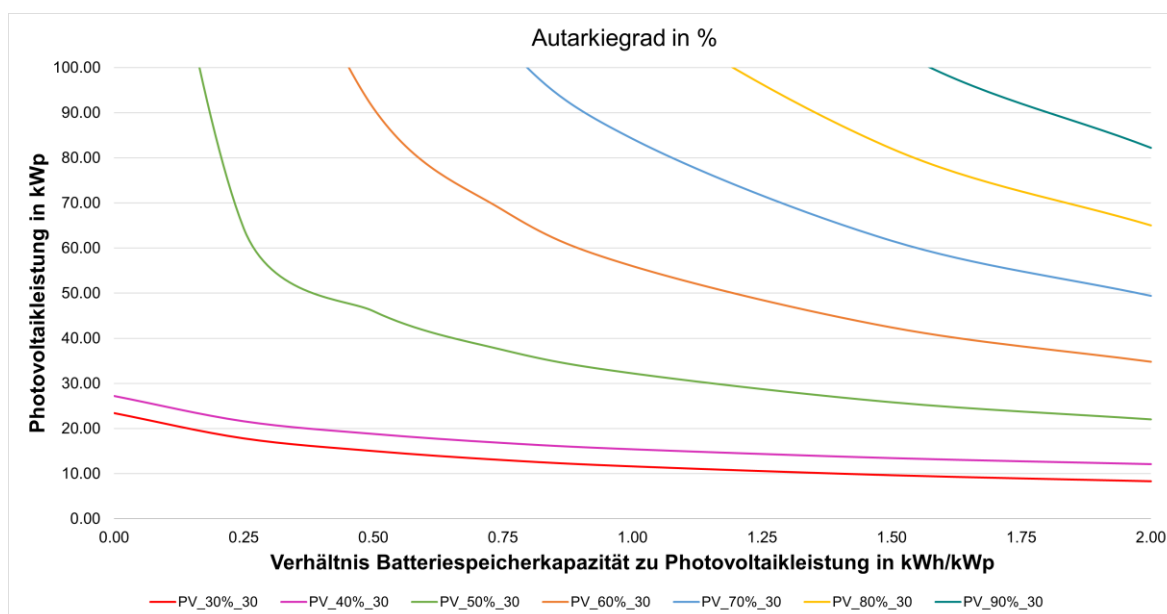


Abbildung 9: Simulationsergebnisse Milchviehbetriebes mit automatischen Melkroboter für einen Gesamtverbrauch von 30.000 kWh bei maximaler installierten Photovoltaikleistung-Leistung von 100 kWp

5. Vergleich

Bei einem direkten Vergleich eines klassischen Milchviehbetriebes mit einem automatisierten Milchviehbetrieb mit Melkroboter ist zu erkennen, dass ersterer mit den gleichen Aufwendungen für Photovoltaik-Anlage und Batteriespeicher eine deutlich höhere Autarkie erreichen kann. Der Betrieb mit dem Melkroboter benötigt zur Erhöhung seiner Autarkie einen Batteriespeicher, während der klassische Milchviehbetrieb höhere Autarkiegrade auch ohne zusätzlichen Batteriespeicher erreichen kann. Dass der Betrieb mit Melkroboter keine hohe Autarkie erreicht, vor allem ohne den Einsatz eines Speichers,

wurde anhand seines Last- und Erzeugungsprofils erklärt. In Abbildung 5 ist zu erkennen, dass zum Zeitpunkt der höchsten Erzeugung, kein hoher Verbrauch vorherrscht. Somit lässt sich zeigen, dass die Autarkie, ohne Speicher, nicht hoch sein kann. Mit dem Einsatz eines Batteriespeichers kann der Autarkiegrad eines Betriebs deutlich erhöht werden, da die überschüssig produzierte Energie in den Abend- und Nachtstunden genutzt werden kann. Selbst die Tatsache, dass mit der Installation eines Batteriespeichers die Energieunabhängigkeit erhöht werden kann, darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Erreichung von Autarkiegraden von über 60 % nur mit hohen Kosten möglich ist. Eine Autarkie über 90 % wird in der Praxis zusätzlich auch an der technischen Umsetzbarkeit scheitern. Der Betrieb mit Melkroboter besitzt eine hohe Grundlast und Lastspitzen träten auch in der Nacht auf. Bei einer Auswertung des Verbrauches der beiden Betriebe für den Tag — zwischen 06:00 Uhr und 18:00 Uhr — und der Nacht — zwischen 18:00 Uhr und 06:00 Uhr — hat sich folgendes Ergebnis dargestellt:

Tabelle 3: Vergleich vom Tages- und Nachtverbrauch der beiden Betriebe

	Verbrauch in kWh	
	Klassisch	Roboter
Tag	29706	20158
Nacht	11667	15648
Verhältnis	72/28	56/44

Wie in Bei einem direkten Vergleich eines klassischen Milchviehbetriebes mit einem automatisierten Milchviehbetrieb mit Melkroboter ist zu erkennen, dass ersterer mit den gleichen Aufwendungen für Photovoltaik-Anlage und Batteriespeicher eine deutlich höhere Autarkie erreichen kann. Der Betrieb mit dem Melkroboter benötigt zur Erhöhung seiner Autarkie einen Batteriespeicher, während der klassische Milchviehbetrieb höhere Autarkiegrade auch ohne zusätzlichen Batteriespeicher erreichen kann. Dass der Betrieb mit Melkroboter keine hohe Autarkie erreicht, vor allem ohne den Einsatz eines Speichers, wurde anhand seines Last- und Erzeugungsprofils erklärt. In Abbildung 5 ist zu erkennen, dass zum Zeitpunkt der höchsten Erzeugung, kein hoher Verbrauch vorherrscht. Somit lässt sich zeigen, dass die Autarkie, ohne Speicher, nicht hoch sein kann. Mit dem Einsatz eines Batteriespeichers kann der Autarkiegrad eines Betriebs deutlich erhöht werden, da die überschüssig produzierte Energie in den Abend- und Nachtstunden genutzt werden kann. Selbst die Tatsache, dass mit der Installation eines Batteriespeichers die Energieunabhängigkeit erhöht werden kann, darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Erreichung von Autarkiegraden von über 60 % nur mit hohen Kosten möglich ist. Eine Autarkie über 90 % wird in der Praxis zusätzlich auch an der technischen Umsetzbarkeit scheitern. Der Betrieb mit Melkroboter besitzt eine hohe Grundlast und Lastspitzen träten auch in der Nacht auf. Bei einer Auswertung des Verbrauches der beiden Betriebe für den Tag — zwischen 06:00 Uhr und 18:00 Uhr — und der Nacht — zwischen 18:00 Uhr und 06:00 Uhr — hat sich folgendes Ergebnis dargestellt:

Tabelle 3 zu sehen, ist der Verbrauch bei Tag und bei Nacht für den Betrieb mit Melkroboter identisch. Aus diesem Grund ist das Erreichen eines hohen Autarkiegrades für diese Betriebsart schwer zu erreichen.

6 Fazit

Die Analyse von Lastprofilen der unterschiedlichen landwirtschaftlichen Betriebsarten erweist sich für die Auswahl der geeigneten PV- und Speicheranlage als essenziell. Unterschiedliche Produktionsprozesse innerhalb derselben Betriebssparte können zu stark variierenden Ergebnissen führen. Eine Standardisierte Beratung für den Landwirt/die Landwirtin ist in der Praxis nicht möglich. Jeder Betrieb hat seine eigenen Anforderungen, die bei der Auswahl der Anlagengröße eine entscheidende Rolle spielt.

Der Einsatz von Melkrobotern bietet Vorteile in Bezug auf ein gleichmäßiges Lastprofil ohne hohe Stromspitzen. Die automatisierten Prozesse ermöglichen Melkvorgänge auch in den Abend- und Nachtstunden, unabhängig von der Tageszeit. Dieser Umstand erschwert die Realisierung von hohen Autarkiegraden. Das Erfordernis von Batteriespeichern, vor allem bei Autarkiegraden über 40%, wird für die Realisierung eines hohen Autarkiegrades benötigt. Im Kontrast dazu weist ein konventioneller Milchviehbetrieb teilweise hohe Lastspitzen auf, die nicht immer allein von einer PV-Anlage gedeckt werden können. Dennoch ermöglicht diese Betriebsart eine höhere Autarkie mit denselben Mitteln. Es

ist festzuhalten, dass ein Autarkiegrad von bis zu 60% auch ohne den Einsatz eines Batteriespeichers erreichbar ist.

Zusätzliche positive Effekte für die Autarkie könnten durch die unterschiedliche Ausrichtung einer PV-Erweiterung erzielt werden. Es ist wichtig zu beachten, dass eine zunehmende Automatisierung und Elektrifizierung nicht automatisch zu höheren Autarkiegraden führen. Die Flexibilität von Prozessen, wie beispielsweise Lastmanagement für E-Futtermischer und E-Autos, sollte stets vor der Anschaffung von Batteriespeichern geprüft werden. Mit der Elektrifizierung auf Bauernhöfen steigt auch die Bedeutung der Integration neuer Speicher, wie E-Traktoren und E-Hoflader mit erheblichen Kapazitäten. Die Frage der Speicherintegration und intelligenten Laststeuerung wird entscheidend für zukünftige Entwicklungen.

Die Analyse zeigt, dass zur Steigerung des Autarkiegrades um 10% (von 60% auf 70%) die Leistung der PV-Anlage und die Größe des Batteriespeichers mehr als verdoppelt werden müssten. Die nahezu unüberwindbaren Hürden für die vollständige Autarkie liegen sowohl in den hohen Kosten als auch in der Begrenzung der maximal möglichen Anschlussleistung. Daher gestaltet es sich äußerst schwierig, eine vollständige Autarkie aus eigenen Ressourcen zu erreichen. Stattdessen wird auf die Zukunftsperspektive von Energiegemeinschaften und regionalem Energieaustausch gesetzt, insbesondere in Verbindung mit Windkraft und Biomassekraftwerken.

7 Referenzen

- [1] Directorate-General for Energy, Renewable energy targets. [Online]. Verfügbar unter: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en#related-links (Zugriff am: 2. Februar 2024).
- [2] Oesterreichischer Nationalrat. Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzespaket—EAG-Paket; BGBl. I Nr. 150/2021; Oesterreichischer Nationalrat: Vienna, Austria, 2021.
- [3] BMNT und BMVIT, #mission2030: Die österreichische Klima- und Energiestrategie.
- [4] Photovoltaic Austria, Hg., „Photovoltaik-Nutzung in der Landwirtschaft: Einblick in die umfangreichen Möglichkeiten der nachhaltigen Sonnenstromproduktion im Agrarsektor“, Wien, 2022.
- [5] P. Biermayr, S. Aigenbauer, C. Dißauer, M. Eberl, M. Enigl, H. Fechner, C. Fink, M. Fuhrmann, F. Hengel, M. Jaksch-Fliegenschnee, K. Leonhartsberger, D. Matschegg, S. Moidl, E. Prem, T. Riegler, S. Savic, C. Schmidl, C. Strasser, P. Wonisch, E. Wopienka, "Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2022", Wien, 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/schriftenreihe-2023-36a-marktstatistik-2022.pdf. Zugriff am: 29. Januar 2024.
- [6] K. Engelmann und E. Ladinig, "Energieeffizienz in der Landwirtschaft", Sep. 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://stmk.lko.at/media.php?filename=download%3D%2F2017.10.09%2F1507558127760264.pdf&n=Energieeffizienz%20in%20der%20Landwirtschaft%20.pdf>. Zugriff am: 29. Januar 2024.
- [7] W. Schellong, "Lastprofile und Lastmanagement" in *Analyse und Optimierung von Energieverbundsystemen*, W. Schellong, Hg., 1 Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2016, S. 375–417, doi: 10.1007/978-3-662-49463-9_8.