



Bern, 21. Juni 2017

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

Bericht des Bundesrates
in Erfüllung des Postulates 13.3682 Bourgeois
vom 11. September 2013

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Zusammenfassung | 3 |
| 1 Einleitung | 5 |
| 1.1 Politische Einbettung | 5 |
| 1.2 Auftrag aus dem Postulat Bourgeois | 5 |
| 1.3 Aufbau und Inhalt des Berichts..... | 5 |
| 2 Ausgangslage | 7 |
| 2.1 Nahrungsmittelproduktion und Strukturen | 7 |
| 2.2 Direkter und indirekter Energiebedarf | 7 |
| 2.3 Energieeffizienz..... | 9 |
| 2.4 Unterschiede zwischen Betrieben | 10 |
| 2.5 Ausgaben für Energie..... | 11 |
| 2.6 Art der eingesetzten Energie und Importabhängigkeit..... | 12 |
| 2.7 Zwischenfazit..... | 13 |
| 3 Optimierungsvorschläge | 14 |
| 3.1 Möglichkeiten auf betrieblicher Ebene | 14 |
| 3.1.1 Optionen zur Einsparung direkter Energie bei Maschinen und Gebäuden | 14 |
| 3.1.2 Möglichkeiten zur Verringerung der grauen Energie in Maschinen und Gebäuden..... | 15 |
| 3.1.3 Substitutionsmöglichkeiten von direkter Energie | 15 |
| 3.1.4 Optionen zur Reduktion des Produktionsmitteleinsatzes | 17 |
| 3.2 Vorhandene Instrumente..... | 17 |
| 3.2.1 Bestehende Politikinstrumente | 17 |
| 3.2.2 Beratungsangebote..... | 18 |
| 3.3 Mögliche weitere Ansatzpunkte auf institutioneller und politischer Ebene | 19 |
| 3.3.1 Treibstoffsparende Nutzung von Landmaschinen | 19 |
| 3.3.2 Energiestandards für Ökonomiegebäude | 20 |
| 3.3.3 Effizienter Einsatz von Produktionsmitteln..... | 21 |
| 3.3.4 Plattformaktivitäten (Wissensaustausch und Vernetzung) | 22 |
| 3.4 Schlussfolgerung..... | 23 |
| Anhang | 24 |
| Literatur | 26 |

Zusammenfassung

Die Landwirtschaft ist für die Produktion von Nahrungsmitteln direkt und indirekt auf Energie angewiesen. Zum direkten Energieverbrauch zählt die Verwendung von Diesel, Benzin, Gas, Heizöl oder Elektrizität im Produktionsprozess, beispielsweise zum Antrieb von Traktoren und Motormähern, zur Heizung von Gewächshäusern und Pouletmasthallen oder zum Betrieb von Melkmaschinen und Kühlsystemen für die Milch. Der Vollständigkeit halber wird daneben auch die indirekte Energie aufgeführt. Diese wird überwiegend im Ausland zur Bereitstellung eines von der Landwirtschaft genutzten Gutes eingesetzt und deshalb üblicherweise nicht dem Energieverbrauch der Schweiz zugerechnet. Beispiele dafür sind die Energieaufwendungen zur Herstellung von Beton oder Stahl für Stallgebäude und Landmaschinen, zur Produktion von Mineraldünger oder zum Anbau und Import von Futtermitteln.

In den letzten 25 Jahren nahm sowohl die Produktion an verdaulicher Energie, als auch der Bedarf an direkter und indirekter Energie leicht zu, entsprechend verharrte die Energieeffizienz der Schweizer Landwirtschaft auf gleichbleibendem Niveau. Einzelbetriebliche Analysen zeigen, dass sich Landwirtschaftsbetriebe bezüglich ihrer Energieeffizienz beträchtlich unterscheiden, in Abhängigkeit ihres Standortes, ihrer Produktionsrichtung und des praktizierten Managements. Betriebe mit einem flächenmässig hohen Anteil an pflanzlicher Produktion wirtschaften in der Regel relativ energieeffizient.

Die Ausgaben der Landwirtschaft für Energie sind im Vergleich zu den 1990er Jahren insgesamt gestiegen. Die Preise für fossile Energieträger (insbesondere von Heizöl) und von Düngemitteln unterliegen grossen Schwankungen. Bisher wirkte sich dies allerdings kaum auf den Verbrauch aus. Der Energieverbrauch der Landwirtschaft, sowie der Schweiz insgesamt, ist gekennzeichnet durch einen hohen Anteil nicht erneuerbarer, überwiegend fossiler Energieträger. Zwar legen die Erzeugung und der Einsatz von erneuerbarer Energie in der Landwirtschaft zu, der Anteil am direkten Energiebedarf liegt aber immer noch unter 20 Prozent.

Aufgrund fehlender Rohstoffe ist die Schweiz bei nicht erneuerbaren Energieträgern (z.B. Erdöl, Kernbrennstoffe) und auch bei sämtlichen mineralischen Düngern (Stickstoff, Phosphor und Kali) zu 100 Prozent von Importen abhängig. Die Importabhängigkeit erfordert gute und solide Handelsbeziehungen mit dem Ausland, sowie Zugriff auf Reserven im Fall gestörter Zufuhr. Diese Aspekte werden insbesondere durch die Energieaussenpolitik und die Krisenvorsorge (u.a. Pflichtlagerhaltung) abgedeckt. Der Bund schätzt deshalb die Versorgungssituation als relativ sicher ein. Mit Blick auf die weltweit weiter zunehmende Energienachfrage und die im Zusammenhang mit der gegenwärtigen Energienutzung einhergehende Umweltbelastung (u.a. CO₂-Emissionen) gilt es dennoch, den Verbrauch insbesondere der nicht erneuerbaren Energieträger zu reduzieren.

Der Bedarf an nicht erneuerbaren Energien in der Landwirtschaft kann verringert werden durch a) die Substitution von nicht erneuerbarer durch erneuerbare Energie und b) die Weiter- und Neuentwicklung energieminimierter Produktionsmethoden. Entsprechende Potenziale sind vorhanden und sollen wo wirtschaftlich möglich ausgeschöpft werden. Dadurch kann die Landwirtschaft einen wesentlichen Beitrag an die Stossrichtungen der Energiestrategie 2050 leisten, sowohl was den rationellen Energieeinsatz, als auch die Erzeugung von erneuerbaren Energien angeht. Um die Energieeffizienz zu verbessern und die Klimaziele zu erreichen, besteht in der Landwirtschaft die grösste Hebelwirkung bei den fossilen Treib- und Brennstoffen sowie bei Importfuttermitteln und Mineraldüngern. Letztere stehen in engem Zusammenhang mit dem Tierbestand und dem Einsatz von Stickstoff, welche die landwirtschaftlichen Methan- und Lachgasemissionen wesentlich beeinflussen.

Verschiedene Optionen können bereits heute auf einem Landwirtschaftsbetrieb ergriffen werden. Die Instrumente der Energie-, Klima- und Agrarpolitik wirken dabei unterstützend. Die Optimierung der vorhandenen Instrumente im Rahmen bestehender Ressourcen kann darüber hinaus in folgenden Bereichen den Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie in der Landwirtschaft vermindern: 1) treibstoffsparende Nutzung von Landmaschinen, 2) Energiestandards bei Ökonomiegebäuden, 3) effizienter Einsatz von Produktionsmitteln sowie 4) Plattformaktivitäten (Wissensaustausch und

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

Vernetzung). Insgesamt geht es dabei darum, die Rahmenbedingungen so zu setzen, dass die Akteure sich verstärkt in Richtung effizienter Energienutzung bewegen.

Die in diesem Bericht skizzierten Optimierungsvorschläge sollen als Diskussionsgrundlage für die verschiedenen Akteure der Schweizerischen Landwirtschaft dienen. Die Umsetzung soll im Rahmen der bestehenden Zuständigkeiten und Ressourcen geprüft werden.

1 Einleitung

1.1 Politische Einbettung

Wirtschaftliche und technologische Entwicklungen sowie politische Entscheide im In- und Ausland führen derzeit zu grundlegenden Veränderungen der Energiemärkte. Um die Schweiz darauf vorzubereiten, hat der Bundesrat die Energiestrategie 2050 entwickelt. Am 4. September 2013 unterbreitete der Bundesrat dem Parlament das erste Massnahmenpaket. Er will die vorhandenen Energieeffizienzpotenziale konsequent erschliessen und die Potenziale der Wasserkraft und der neuen erneuerbaren Energien (Sonne, Wind, Geothermie, Biomasse) ausschöpfen. Das Massnahmenpaket bedingt eine Totalrevision des Energiegesetzes (EnG) vom 26. Juni 1998¹ sowie Änderungen in verschiedenen weiteren Bundesgesetzen. Das Parlament hat die Vorlage am 30. September 2016 in der Schlussabstimmung verabschiedet, die Inkraftsetzung ist per 1. Januar 2018 vorgesehen. Den Ausbau der erneuerbaren Energien hat das Parlament bereits mit einer Anfang 2014 in Kraft getretenen Änderung des EnG (parlamentarische Initiative 12.400) verstärkt. Ebenfalls bereits in Kraft ist der Aktionsplan Energieforschung. Zur Weiterentwicklung des Stromnetzes hat der Bundesrat dem Parlament am 13. April 2016 zudem eine separate Gesetzesvorlage unterbreitet (Strategie Stromnetze). In einer zweiten Etappe der Energiestrategie 2050 will der Bundesrat das bestehende Fördersystem ablösen.

Mit der Gesamtschau zur mittelfristigen Weiterentwicklung der Agrarpolitik wird der Bundesrat 2017 sein Konzept für die Agrarpolitik ab dem Jahr 2022 vorlegen. Basierend auf einer im Dialog mit den Stakeholdern erarbeiteten Vision präsentiert er die strategischen Schwerpunkte der zukünftigen Agrarpolitik. Der Land- und Ernährungswirtschaft werden damit Perspektiven für den erfolgreichen Absatz von Schweizer Agrarprodukten auf den in- und ausländischen Märkten, eine nachhaltige Produktion und Ressourcennutzung und die unternehmerische Entfaltung der Betriebe aufgezeigt. Gleichzeitig werden im Dokument verschiedene parlamentarische Vorstösse im Gesamtkontext beantwortet. Die Gesamtschau soll dem Parlament eine erste Diskussion zur Agrarpolitik ab 2022 ermöglichen. Basierend darauf wird der Bundesrat dem Parlament voraussichtlich im vierten Quartal 2019 zeitgleich mit der Botschaft zu den Zahlungsrahmen 2022 bis 2025 eine Botschaft zur Anpassung der Gesetzgebung unterbreiten.

1.2 Auftrag aus dem Postulat Bourgeois

Mit dem Postulat 13.3682 „Die Abhängigkeit der Landwirtschaft von fossilen Brennstoffen verringern“ von Jacques Bourgeois vom 11. September 2013 wird der Bundesrat aufgefordert, den Anteil fossiler Brennstoffe an den in der landwirtschaftlichen Produktion eingesetzten Energiequellen aufzuzeigen, differenziert nach Produktionsmitteln, der Produktion selbst sowie den Hauptgeschäftsfeldern. Weiter sollen Lösungsansätze zur Verringerung der Abhängigkeit präsentiert werden.

In seiner Stellungnahme vom 6. November 2013 hält der Bundesrat fest, dass er sich der Abhängigkeit der Land- und Ernährungswirtschaft wie aller Bereiche der Wirtschaft von fossilen Brennstoffen bewusst ist. Der Bundesrat beantragte die Annahme des Postulats und sprach sich für die Erstellung eines Berichts aus, in dem nicht nur die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen sondern von nicht erneuerbaren Energieträgern (auch fossile Treibstoffe und Kernbrennstoffe) insgesamt betrachtet wird. Eine Gesamtsicht über den direkten und indirekten Energiebedarf des landwirtschaftlichen Produktionssystems soll die Identifikation relevanter Verbesserungsmöglichkeiten erlauben. Der Nationalrat überwies das Postulat am 13. Dezember 2013 und beauftragte damit den Bundesrat mit der Erstellung des entsprechenden Berichtes.

1.3 Aufbau und Inhalt des Berichts

In der Ausgangslage wird zunächst auf die Nahrungsmittelproduktion der Schweizer Landwirtschaft eingegangen, danach wird der damit verbundene direkte und indirekte Energiebedarf beleuchtet und

¹ SR 730.0

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

die Entwicklung der Energieeffizienz aufgezeigt. Es folgen Darstellungen der Unterschiede zwischen Betrieben sowie der Ausgaben der Landwirtschaft für Energie bevor die Art der eingesetzten Energieträger und die Importabhängigkeit unter die Lupe genommen werden. Das Kapitel schliesst mit einem Fazit.

Im Kapitel Optimierungsvorschläge werden Möglichkeiten zur Reduktion der Abhängigkeit von nicht erneuerbaren Energieträgern auf Ebene Betrieb vorgestellt. Danach werden bestehende Politikinstrumente und Beratungsangebote thematisiert, ehe darüber hinaus gehende Ansatzpunkte auf Ebene Institution und Politik festgehalten werden. Der Fokus liegt dabei auf der Verkleinerung des Bedarfs an nicht erneuerbaren Energieträgern durch einen sparsamen Energieeinsatz und eine Umstellung auf erneuerbare Energien.

2 Ausgangslage

2.1 Nahrungsmittelproduktion und Strukturen

Die Landwirtschaft produziert hochwertige Energie in Form von Nahrungsmitteln. 2013 bewirtschafteten in der Schweiz 55'200 Betriebe 1.05 Millionen Hektaren landwirtschaftliche Nutzfläche (LN), was eine durchschnittliche Betriebsgrösse von 19 Hektaren ergibt (BFS, 2015a). Über 50 Prozent der LN liegt in der Hügel- und Bergzone und knapp werden 40 Prozent ackerbaulich genutzt. Die gemessen an der Bevölkerung relativ knappe Fläche (13 Aren pro Kopf) wird im Vergleich mit anderen Ländern in Europa intensiv bewirtschaftet: pro Hektare wurden 2013 beispielsweise 1.25 Grossvieheinheiten gehalten, 175 Kilo Stickstoff gedüngt oder 0.13 Traktoren eingesetzt (SBV, 2015). Insgesamt erzeugte die Landwirtschaft so rund 22'800 Terajoule (TJ²) für den Menschen verdauliche Energie, davon 11'500 TJ (2.79 Millionen Tonnen) tierische und 11'200 TJ (1.75 Millionen Tonnen) pflanzliche Erzeugnisse. Die Inlandproduktion vermochte 58 Prozent des Verbrauchs abzudecken³ (97 Prozent bei den tierischen, 41 Prozent bei den pflanzlichen Nahrungsmitteln). Während die tierische Produktion gegenüber 1990 leicht zurückging, nahm die pflanzliche Produktion zu. In der Summe ist ein leichter Anstieg zu beobachten.

2.2 Direkter und indirekter Energiebedarf

Die Landwirtschaft ist selbst auf Energie angewiesen. 2013 betrug der direkte Energiebedarf von landwirtschaftlichen Gebäuden und Maschinen rund 16'300 TJ (BLW, 2015). Dieser Wert entspricht weniger als 2 Prozent des Endenergieverbrauchs in der Schweiz gemäss der Gesamtenergiestatistik (BFE, 2015a). Die wichtigsten Positionen sind Treibstoffe (insbesondere Diesel für Traktoren und Erntemaschinen zu Feldarbeiten und Transporten), Brennstoffe (Heizöl und Gas zur Beheizung von Gewächshäusern und Ställen für die Schweine- und Geflügelhaltung) und Elektrizität (vor allem für Heutrocknung, Heisswasseraufbereitung, Stallbelüftung und -klimatisierung, Melkanlage und Milchkühlung). Der direkte Energiebedarf hat sich seit 1990 in der Summe nicht wesentlich verändert. Der Rückgang beim Brennstoffbedarf wurde durch leichte Anstiege beim Treibstoff- und Elektrizitätsbedarf kompensiert.

Indirekte oder graue Energie wird für Bau, Unterhalt und Entsorgung der Infrastruktur sowie für die Bereitstellung von Produktionsmitteln benötigt. 2013 kam zum direkten Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft noch rund 37'600 TJ indirekte Energie hinzu, womit ein Energieinput von insgesamt 53'900 TJ resultierte. Die indirekte Energie betrug also gut zwei Drittel des Gesamtenergiebedarfs der Landwirtschaft. In erster Linie sind die in Gebäuden (insbesondere Ställen) und in Maschinen verbauten Materialien dafür verantwortlich. Daneben sind auch die Energieaufwendungen für die Bereitstellung importierter Futtermittel, direkter Energie (zum Beispiel Raffination) und Mineraldünger von Bedeutung. Der indirekte Energiebedarf ist im Vergleich zu 1990 angestiegen. Einer deutlichen Reduktion des Mineraldüngereinsatzes in den 1990er Jahren steht eine sehr starke Zunahme der Futtermittelimporte seit Beginn des Jahrtausends gegenüber. Und während die graue Energie in den Gebäuden leicht sank, legte sie bei den Maschinen zu.

² 1 TJ = 10¹² J oder 278 x 10³ kWh

³ Es handelt sich hierbei um den Brutto-Selbstversorgungsgrad der Schweiz bezüglich Nahrungsmitteln beziehungsweise das auf den Energiewert der einzelnen Nahrungsmittel bezogene Verhältnis der Inlandproduktion zum inländischen Gesamtverbrauch, ungeachtet davon, inwieweit die der Inlandproduktion zugrunde liegenden Vorleistungen aus Importen stammen.

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

Datenverfügbarkeit

Die Landwirtschaft wird in den gängigen nationalen Statistiken zum direkten Energiebedarf nicht separat aufgeführt. In der Gesamtenergiestatistik wird sie zusammen mit der statistischen Differenz erfasst (mit einem Wert von 9'050 TJ für 2013) (BFE, 2015a) und bei den Energieeinsatzkonten der Haushalte und der Wirtschaft wird der Primärsektor als Ganzes ausgewiesen (mit einem Wert von 17'300 TJ für 2013) (BFS, 2015b). Mit dem Indikator „Energieverbrauch Landwirtschaft“ ist im Rahmen des Agrarumweltmonitoring⁴ des BLW eine Methode zur Berechnung des Gesamtenergiebedarfs der Schweizer Landwirtschaft entwickelt worden (Agroscope, 2015a). Die hier verwendeten Zahlen und weitere Publikationen wie der Agroscope Transfer (Agroscope, 2015b) und der Agrarbericht (BLW, 2015) stützen sich auf diese Grundlage ab.

Der Indikator „Energieverbrauch Landwirtschaft“ des Agrarumweltmonitorings bildet den Energiebedarf der Landwirtschaft umfassend ab. Allerdings gibt es auch hier Einschränkungen, da beispielsweise für die wenigsten Energieträger Angaben zum tatsächlichen Verbrauch zur Verfügung stehen: Der Treibstoffverbrauch wird etwa basierend auf Mengengerüsten der Bestände, Betriebsstunden, Maschinenkategorien, Motorentypen, Leistungsklassen, Motorauslastung und Baujahr modelliert; der Heizöl- und Gasverbrauch in der Tierhaltung wird anhand der Tierzahlen, Annahmen zu deren Flächenbedarf und Schätzungen zum Energiebedarf pro Tierplatz hochgerechnet. Die Zahlen zu den indirekten Energieaufwendungen für die Herstellung landwirtschaftlicher Maschinen sind aufgrund der wenig detaillierten Angaben zu Nutzungsdauer und Gewicht mit relativ grossen Unsicherheiten behaftet. Das Gleiche trifft mangels eines Gebäudeinventars auch für Lagerhallen und Ställe zu.

Tabelle 1: Direkter und indirekter Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft 2013, aufgeteilt in kurzfristige Verbrauchsgüter und langfristige Investitionsgüter, in TJ bzw. Prozenten, Werte gerundet. Quelle: Agrarumweltmonitoring des BLW.

| | | direkte Energie [TJ] | | indirekte Energie [TJ] | | Total [TJ] | |
|---|-----------------------------------|----------------------|------------|------------------------|------------|---------------|-------------|
| | | | Anteil | | Anteil | | Anteil |
| <i>Kurzfristige Verbrauchsgüter (Produktionsmittel)</i> | | | | | | | |
| 1 | Treibstoffe (Diesel, Benzin) | 6'500 | 12% | 1'400 | 3% | 7'900 | 15% |
| 2 | Brennstoffe (Heizöl, Gas) | 5'300 | 10% | 1'100 | 2% | 6'400 | 12% |
| 3 | Elektrizität | 3'600 | 7% | 2'000 | 4% | 5'600 | 10% |
| 4 | Erneuerbare Energien ⁵ | 900 | 2% | 200 | 0% | 1'100 | 2% |
| 5 | Mineraldünger | - | - | 3'600 | 7% | 3'600 | 7% |
| 6 | Pflanzenschutzmittel | - | - | 500 | 1% | 500 | 1% |
| 7 | Import Getreidesaatgut | - | - | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 8 | Import Futtermittel | - | - | 8'000 | 15% | 8'000 | 15% |
| Zwischentotal | | 16'300 | 30% | 16'800 | 31% | 33'100 | 61% |
| <i>Langfristige Investitionsgüter (Infrastruktur)</i> | | | | | | | |
| 9 | Maschinen | - | - | 9'800 | 18% | 9'800 | 18% |
| 10 | Gebäude | - | - | 11'000 | 20% | 11'000 | 20% |
| Zwischentotal | | | | 20'800 | 39% | 20'800 | 39% |
| Total | | 16'300 | 30% | 37'600 | 70% | 53'900 | 100% |

⁴ www.blw.admin.ch > Nachhaltige Produktion > Umwelt > Agrarumweltmonitoring

⁵ Entspricht den erneuerbaren Energien, die in der Landwirtschaft erzeugt und direkt von der Landwirtschaft wieder verbraucht werden. Entspricht nicht den erneuerbaren Energien, die die Landwirtschaft insgesamt nutzt (da auch die bezogene Elektrizität teilweise aus erneuerbaren Quellen kommt; siehe Punkt 9) oder erzeugt (es ist davon auszugehen dass die Landwirtschaft nochmals mindestens rund 500 TJ über den Eigenbedarf hinaus produziert: einerseits erzeugten 2013 insgesamt 97 landwirtschaftliche Biogasanlagen 280 TJ Strom, 30 TJ Gas für die Einspeisung und 60 TJ Wärme (BFE, 2015b), andererseits ergab eine Zusatzerhebung in der Landwirtschaft 2010, dass etwa 1'047 Betriebe eine Photovoltaikanlage besitzen (BFS, 2012); daraus kann eine Stromproduktion von grob etwa 150 TJ abgeschätzt werden).

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

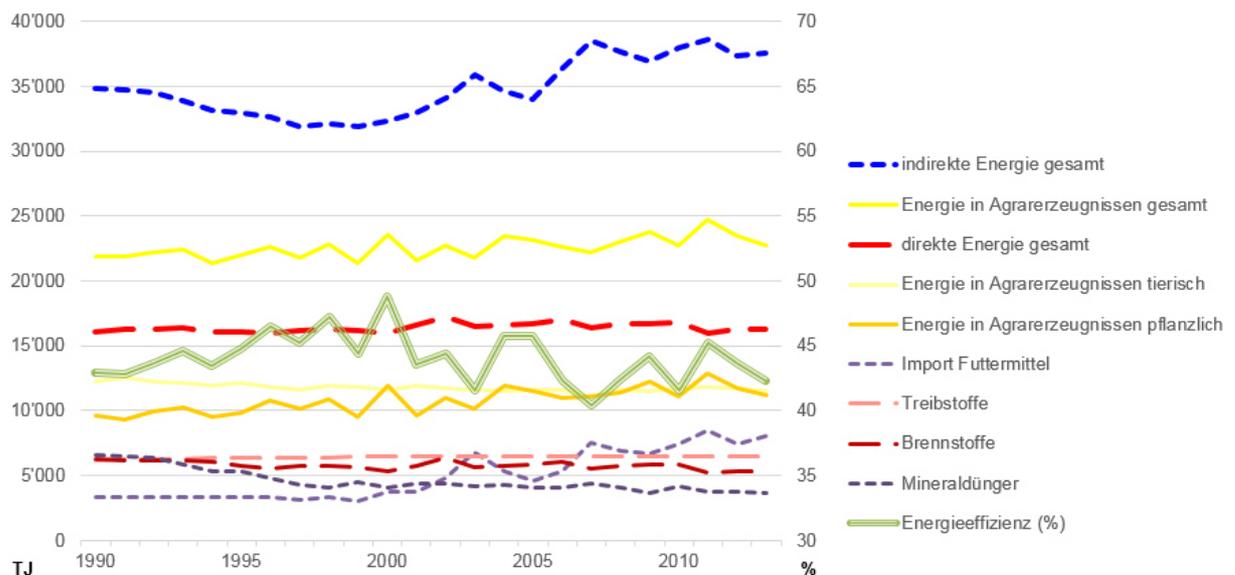


Abbildung 1: Entwicklung der Energie in Agrarerzeugnissen und des Energiebedarfs (in TJ) sowie der Energieeffizienz (grüne Linie; in Prozenten) der Schweizer Landwirtschaft 1990 bis 2013. Quellen: SBV und Agrarumweltmonitoring des BLW.

Graue Energie versus Verbrauch im Betrieb

Der Anteil grauer Energie am Energiebedarf der Landwirtschaft ist bedeutend. Bei einer direkten Gegenüberstellung der indirekten Energie für die Infrastruktur und der direkten Energie während der Nutzung relativiert sich das Grössenverhältnis. Zwei einfache Rechenbeispiele zeigen, dass es maximal 2.5 Jahre dauert, bis ein Traktor gleichviel direkte Energie in Form von Diesel verbraucht hat wie indirekte Energie im Fahrzeug selber enthalten ist, und nach knapp 3 Jahren übersteigt der Heizölverbrauch eines Gewächshauses aus Glas die Energiemenge, die in der Gebäudesubstanz steckt⁶. Unter der Annahme einer Lebensdauer von 15 Jahren beim Traktor respektive 40 Jahren beim Gewächshaus ist der direkte Energieverbrauch innerhalb von 16 Prozent beziehungsweise 7 Prozent der Lebensdauer gleich gross wie die entsprechende graue Energie.

Die Ausstattung von Gebäuden und Maschinen bestimmt nicht nur die Höhe der darin enthaltenen grauen Energie, sondern hat auch einen Einfluss auf den direkten Energiebedarf während der Nutzung. Höhere Aufwendungen an grauer Energie bei hochwertiger Infrastruktur mit dem Zweck direkte Energie einzusparen (z.B. Wärmedämmung bei der Gebäudehülle zur Reduktion des Heizenergiebedarfs) sind aufgrund der hohen Bedeutung der Nutzungsphase bis zu einem hohen Mass energetisch sinnvoll.

2.3 Energieeffizienz

Die Energieeffizienz als Verhältnis zwischen Energieoutput in Form von Nahrungsmitteln und Energieinput (direkt und indirekt) lag 2013 bei 42 Prozent. Um 1 Megajoule (MJ) Energie für die menschliche Ernährung zu produzieren, wurden also im Durchschnitt 2.3 MJ benötigt. Die jährlichen Schwankungen der pflanzlichen Produktion prägen den Verlauf der Energieeffizienz entscheidend mit. Eine Verbesserung der Effizienz resultiert beispielsweise aus einer Verschiebung von tierischer zu pflanzlicher Produktion, denn für die Erzeugung einer tierischen Kalorie wird ein Mehrfaches an pflanzlichen Kalorien benötigt. So zeigte die Entwicklung der Energieeffizienz in den 1990er Jahren eine positive Tendenz, als die Tierzahlen zurückgingen und im Ackerbau bei abnehmendem Mineraldüngereinsatz gleichwohl hohe Erträge erzielt wurden. 1998 und 2000 lagen Effizienzwerte von 47 Prozent beziehungsweise 49 Prozent drin. Über die gesamten letzten gut 20 Jahre betrachtet

⁶ Annahmen: Energiezahl Traktor: 126.2 MJ/kg bzw. 3.3 l Dieselöl-Äquivalent/kg; Gewicht: 5160 kg; Lebensdauer: 15 Jahre bzw. 10'000 Betriebsstunden; Energieverbrauch: 10.4 l/h (Teillast) bis 23.4 l/h (Vollast); Energiezahl Gewächshaus: 2237 MJ/m²; Lebensdauer: 40 Jahre; Energiebedarf: 810 MJ/m²*a

ist die Landwirtschaft jedoch nicht effizienter geworden, da mit dem Output auch der Input an Energie leicht gestiegen ist.

Internationaler Vergleich

Einen Ländervergleich erlaubt der Indikator Energienutzung (Eurostat, 2012)⁷. Er zeigt den direkten Energiebedarf der Landwirtschaft in den europäischen Ländern in Kilo Heizöläquivalent pro landwirtschaftlich genutzte Fläche für das Jahr 2010. Demnach war der flächenbezogene Bedarf an direkter Energie pro Hektare in der Schweizer Landwirtschaft (16.8 Millionen Gigajoule beziehungsweise 390.8 Millionen Kilo Heizöläquivalent geteilt durch 1.1 Millionen Hektaren LN) rund 2.7-mal höher als der EU-27-Durchschnitt (140 Kilo Heizöläquivalent pro Hektare). Würden die Sömmerungsflächen (+ 0.5 Millionen Hektaren) in die Berechnungen einbezogen, fiel der Wert immer noch rund 1.8-mal höher als der EU-27-Durchschnitt aus. Frankreich und Österreich als Nachbarländer der Schweiz setzten pro Fläche deutlich weniger Energie ein, Italien erreichte einen ähnlichen Wert wie die Schweiz.

Generell wird der direkte Energiebedarf pro Hektare stark durch das Produktionspotenzial der vorhandenen Flächenressourcen und deren Nutzung geprägt. So schneiden Ackerbauländer überwiegend besser ab als Länder mit intensiver Viehhaltung oder Gewächshausproduktion. Untersuchungen von Agroscope zum Energiebedarf der schweizerischen und österreichischen Landwirtschaft führen das bessere Abschneiden der österreichischen Vergleichsregionen auf die kleineren Produktionsstrukturen und die höhere Intensität der Produktion in der Schweiz zurück (Kränzlein, 2007). Der produktbezogene Energiebedarf ist hingegen auf Grund des höheren Ertragsniveaus in der Schweiz ähnlich oder gar geringer als in Österreich. Leider gibt es keine Daten auf EU-Ebene zur indirekten Energie und zur Energieeffizienz.

Der erneuerbare Anteil des direkten landwirtschaftlichen Energiebedarfs betrug im europäischen Durchschnitt laut Eurostat knapp 10 Prozent⁸. In der Schweiz waren es gemäss Agrarumweltmonitoring knapp 6 Prozent. Mit Anteilen von 40 beziehungsweise 50 Prozent befanden sich Österreich und Schweden an der Spitze.

2.4 Unterschiede zwischen Betrieben

Auf die Anzahl Betriebe oder die Fläche bezogen betrug der Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft 2013 im Durchschnitt knapp 980 Gigajoule (GJ) beziehungsweise 51 GJ pro Hektare LN (1990: 550 GJ oder 48 GJ pro Hektare LN). Aus Daten des Agrarumweltmonitoring, genauer der Zentralen Auswertung von Agrarumweltindikatoren (ZA-AUI), einem Netz von rund 300 Betrieben geht hervor, dass zwischen dem besten und dem schlechtesten Betriebsergebnis bei der Energieeffizienz ein Faktor 25 liegt⁹. Unterschiedliche Standortvoraussetzungen und Produktionspotenziale, beispielsweise beeinflusst durch Topografie, Klima und Bodeneigenschaften, sind zumindest für einen Teil dieser Streuung verantwortlich. Zum anderen dürfte die unterschiedliche Effizienz auf technische, betriebliche und organisatorische Unterschiede in der Betriebsführung zurückzuführen – und somit Gegenstand für Optimierungen – sein.

Eine wesentliche Rolle spielt die Wahl der Produktionsausrichtung beziehungsweise der Anteil an offener Ackerfläche innerhalb der verschiedenen Betriebstypen: Während die Typen „Ackerbau“ und „Kombiniert Verkehrsmilch/Ackerbau“ mehr Nahrungsenergie erzeugen als sie an nicht erneuerbarer Energie einsetzen, benötigen die Typen „Mutterkuh“ und „Anderes Rindvieh“ mehr als doppelt so viel nicht erneuerbare Energie, wie sie an verdaulicher Energie produzieren. Die übrigen Betriebstypen liegen mit 1 bis 2 MJ pro MJ verdauliche Energie im Mittelfeld. Kombinierte Betriebe schneiden besser

⁷ Es bestehen Vorbehalte was die Vergleichbarkeit der Zahlen zwischen den Ländern der EU und mit der Schweiz angeht. Künftig sollen vergleichbarere Daten bereitgestellt werden: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/physical-energy-flow-accounts>

⁸ Erfasst wird die Energiemenge, welche auf den Landwirtschaftsbetrieben erzeugt und direkt genutzt wird; der Anteil erneuerbarer Energien der bezogenen Elektrizität wird nicht berücksichtigt.

⁹ Die Betriebsdaten stammen aus dem Zeitraum 2009 bis 2013. Die Einteilung der Betriebstypen richtet sich nach der Betriebstypologie FAT99 (Meier B., 2000). Die Methode berücksichtigt nur den Bedarf an nicht erneuerbarer direkter und indirekter Energie. Die Zahlen bestätigen insgesamt die Erkenntnisse aus einer früheren Studie, in welcher die Ökobilanzdaten von gut 100 Landwirtschaftsbetrieben ausgewertet wurden (Hersener J.-L. et al., 2011).

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

ab als ihre auf tierische Produktion spezialisierten Pendant mit maximal 25 Prozent offener Ackerfläche. Bei Ackerbaubetrieben lässt sich das günstige Resultat durch die mengenmässig bedeutende Erzeugung von pflanzlichen Produkten (wovon etliche mit einer hohen Energiedichte, wie zum Beispiel Getreide, Kartoffeln, Zuckerrüben, Raps) erklären. Im Gegensatz dazu wird bei der Mutterkuhhaltung und bei Betrieben des Typs „Anderes Rindvieh“ durch die Umwandlung von pflanzlichen zu tierischen Erzeugnissen (Fleisch) vergleichsweise wenig Energie für die menschliche Ernährung produziert, so dass die Energieeffizienz trotz einer Produktion mit verhältnismässig tiefem Einsatz von Produktionsmitteln relativ niedrig ausfällt. Inputseitig sind im Pflanzenbau hauptsächlich die Mineraldünger von Bedeutung. In der Tierhaltung hingegen schlagen vor allem die Futtermittel zu Buche. Neben Gebäuden und Maschinen sind auch die direkten Energieträger bei allen Produktionsrichtungen relevant: Bei der Schweine- und Pouletmast und dem Gemüseanbau im Gewächshaus sind insbesondere die Brennstoffe von Bedeutung, im Ackerbau die Treibstoffe und bei der Milchproduktion zusätzlich die Elektrizität.

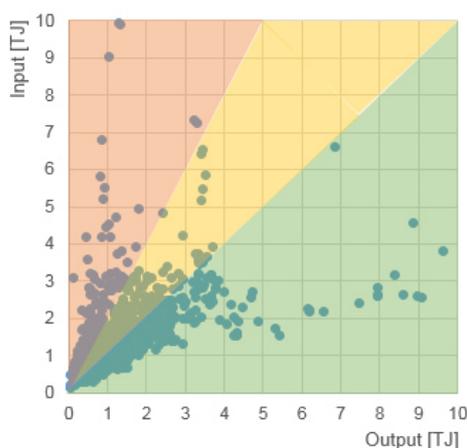


Abbildung 2: Energiebedarf versus Produktion verdaulicher Energie verschiedener Landwirtschaftsbetriebe; grün = Energieeffizienz > 100 Prozent, gelb = Energieeffizienz zwischen 50 und 100 Prozent, rot = Energieeffizienz < 50 Prozent. Quelle: ZA-AUI

2.5 Ausgaben für Energie

Die jährlichen Ausgaben der Schweizer Landwirtschaft für direkte Energie beliefen sich 2013 gemäss Landwirtschaftlicher Gesamtrechnung auf 508 Millionen Franken (BFS, 2015c). Dies entspricht 8 Prozent der Ausgaben für Vorleistungen, welche ihrerseits 61 Prozent der Erzeugung des landwirtschaftlichen Wirtschaftsbereichs ausmachen. Anfang der 1990er Jahre betrug der Anteil 5 Prozent respektive 50 Prozent, was zeigt, dass die Ausgaben für Energie und für Vorleistungen insgesamt an Bedeutung gewonnen haben. Während der Strompreisindex relativ stetig um insgesamt gut 20 Prozent zurückging, hat sich der Preisindex für Brenn- und Treibstoffe, nach einem anfänglichen Rückgang Ende der 1990er Jahre bis 2013 verdoppelt (BFS, 2015d). Die Ausgaben für Düngemittel und für zugekaufte Futtermittel betragen 205 Millionen Franken beziehungsweise 1'516 Millionen Franken. Während der Preisindex für die Futtermittel in der Zeitspanne 1990 bis 2013 einen relativ konstanten Rückgang von rund 30 Prozent erfuhr, unterlag der Preisindex für Düngemittel – ähnlich wie derjenige der Brenn- und Treibstoffe – starken Schwankungen und legte insgesamt um 40 Prozent zu¹⁰. Eine Differenzierung innerhalb der Kategorie Brenn- und Treibstoffe erlaubt die Betrachtung des Landesindex für Konsumentenpreise (BFS, 2015e). Es zeigt sich, dass von den fossilen Energieträgern Heizöl den grössten Preisschwankungen unterliegt. Die in der Gewächshausproduktion stattfindende Verschiebung von Heizöl zu Gas scheint einen Zusammenhang zu haben mit der Entwicklung der entsprechenden Preise seit 2008. Ansonsten sieht es nicht danach aus, als würde der Verbrauch an Energieträgern und Produktionsmitteln auf die Preissignale in der Vergangenheit reagieren.

¹⁰ Der Verlauf des Weltmarktpreises für Rohöl korreliert mit der Entwicklung der Düngerpreise (Eichler M. et al., 2014). Gemäss Schätzung des Schweizer Bauernverbandes hängt der Preis des wichtigsten Pflanzennährstoffs Stickstoff zu 60 Prozent vom Energiepreis ab.

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

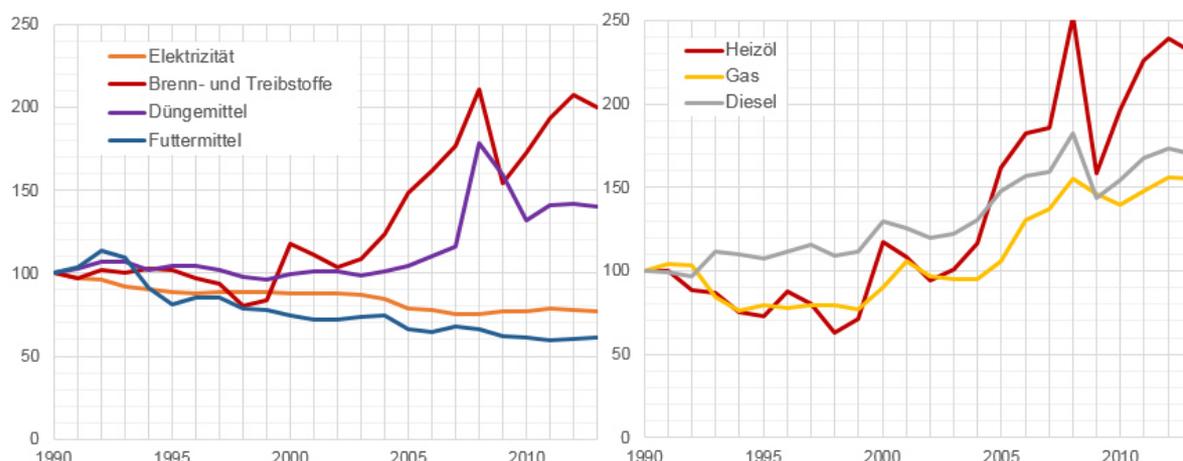


Abbildung 3: Preisentwicklung (indexiert; 1990 = 100) für einzelne Vorleistungen für die Landwirtschaft gemäss landwirtschaftlicher Gesamtrechnung (links) sowie für fossile Energie gemäss Landesindex für Konsumentenpreise (rechts). Quellen: BFS.

2.6 Art der eingesetzten Energie und Importabhängigkeit

Weniger als ein Fünftel der in der Schweizer Landwirtschaft eingesetzten Energieträger ist erneuerbar. Dazu zählt einerseits die auf den Landwirtschaftsbetrieben generierte und direkt genutzte erneuerbare Energie (900 TJ; davon 690 TJ aus Holz, 140 TJ aus Biogas, 60 TJ aus Umweltwärme und 10 TJ aus der Sonne (BFE, 2015b)), andererseits der erneuerbare Anteil der genutzten Elektrizität (56 Prozent¹¹ von 3'600 TJ). Die restlichen in der Landwirtschaft genutzten Energieträger sind nicht erneuerbar, über 70 Prozent sind fossilen Ursprungs (5'800 TJ Diesel, 3'100 TJ Heizöl, 2'200 TJ Gas, 700 TJ Benzin). Zum Vergleich: 2013 betrug der nicht erneuerbare Anteil am schweizerischen Endenergieverbrauch 79 Prozent, der fossile Anteil 66 Prozent (BFE, 2014a) (BFE, 2015b); global lagen die Anteile bei 81 Prozent beziehungsweise 78 Prozent (IEA, 2015) (REN21, 2015). Für die Schweiz kommt hinzu, dass sie aufgrund fehlender Rohstoffe bei nicht erneuerbaren Energieträgern (Erdöl, Erdgas, Kernbrennstoffe) vollständig von Importen abhängig ist. Somit stimmt der Anteil nicht erneuerbarer Energien an der Energieversorgung ziemlich genau mit dem Importanteil überein.

Es ist davon auszugehen, dass sich der Energieaufwand für Gewinnung, Verarbeitung und Bereitstellung der Produktionsmittel sowie der Infrastruktur für die Schweizer Landwirtschaft ebenfalls zu rund 80 Prozent auf nicht erneuerbare Energieträger stützt. Ebenso werden begrenzte Anbauflächen, mineralische Rohstoffe, Stahlerzeugnisse und weitere Baustoffe aus dem Ausland beansprucht. 2013 wurde in der Schweiz eine gesamte *Futtermittelmenge* von 8.46 Millionen Tonnen Trockensubstanz (TS) verwendet, wovon knapp 15 Prozent aus Importen stammten (SBV, 2015). Kraftfutter wurden im Umfang von 1.49 Millionen Tonnen TS eingesetzt, wovon 0.97 Millionen Tonnen TS beziehungsweise gut 65 Prozent aus Importen kamen. Nach Tierkategorien betrachtet lagen die Importanteile des Futters beim Rindvieh bei 8 Prozent, bei Schweinen bei 52 Prozent und beim Geflügel bei 79 Prozent, mengenmässig waren es 0.56 respektive 0.42 und 0.22 Millionen Tonnen TS Importfuttermittel. *Hauptnährstoffe* aus verfügbaren Düngemitteln wurden in der Landwirtschaft insgesamt 183'000 Tonnen Stickstoff (N), 63'500 Tonnen Phosphor (P₂O₅) und 218'200 Tonnen Kali (K₂O) eingesetzt. Davon waren 44'300 Tonnen N, 9'600 Tonnen P₂O₅ und 20'200 Tonnen K₂O beziehungsweise 24, 15 und 9 Prozent in Mineraldüngern enthalten, welche direkt oder indirekt zu 100 Prozent importiert werden. Um die effektive Importabhängigkeit bei den Nährstoffen zu ermitteln, müssen zusätzlich die importierten Futtermittel berücksichtigt werden. Unter der sehr vereinfachenden Annahme, dass 15 Prozent des Stickstoffgehalts im Hofdünger, das heisst 15 Prozent von 133'600 Tonnen N, also 20'000 Tonnen N, auf Importfuttermittel zurückzuführen sind, ergäbe sich ein Importanteil von etwa 35 Prozent beim Stickstoff. Zum Importanteil bei landwirtschaftlichen *Maschinen und Gebäuden* liegen keine zuverlässigen Daten vor.

¹¹ Lieferantenmix 2013: Strom aus erneuerbaren Energien und Abfällen (Zurbrugg R., 2015).

2.7 Zwischenfazit

Die Landwirtschaft ist für die Produktion von Nahrungsmitteln direkt und indirekt auf Energie angewiesen. Zum direkten Energieverbrauch zählt die Verwendung von Diesel, Benzin, Gas, Heizöl oder Elektrizität im Produktionsprozess, beispielsweise zum Antrieb von Traktoren und Motormähern, zur Heizung von Gewächshäusern und Pouletmasthallen oder zum Betrieb von Melkmaschinen und Kühlsystemen für die Milch. Der Vollständigkeit halber wird daneben auch die indirekte Energie aufgeführt. Diese wird überwiegend im Ausland zur Bereitstellung eines von der Landwirtschaft genutzten Gutes eingesetzt und deshalb üblicherweise nicht dem Energieverbrauch der Schweiz zugerechnet. Beispiele dafür sind die Energieaufwendungen zur Herstellung von Beton oder Stahl für Stallgebäude und Landmaschinen, zur Produktion von Mineraldünger oder zum Anbau und Import von Futtermitteln.

In den letzten 25 Jahren nahm sowohl die Produktion an verdaulicher Energie, als auch der Bedarf an direkter und indirekter Energie leicht zu, entsprechend verharrte die Energieeffizienz der Schweizer Landwirtschaft auf gleichbleibendem Niveau. Einzelbetriebliche Analysen zeigen, dass sich Landwirtschaftsbetriebe bezüglich ihrer Energieeffizienz beträchtlich unterscheiden, in Abhängigkeit ihres Standortes, ihrer Produktionsrichtung und des praktizierten Managements. Betriebe mit einem flächenmässig hohen Anteil an pflanzlicher Produktion wirtschaften in der Regel relativ energieeffizient.

Die Ausgaben der Landwirtschaft für Energie sind im Vergleich zu den 1990er Jahren insgesamt gestiegen. Die Preise für fossile Energieträger (insbesondere von Heizöl) und von Düngemitteln unterliegen grossen Schwankungen. Bisher wirkte sich dies allerdings kaum auf den Verbrauch aus. Der Energieverbrauch der Landwirtschaft, sowie der Schweiz insgesamt, ist gekennzeichnet durch einen hohen Anteil nicht erneuerbarer, überwiegend fossiler Energieträger. Zwar legen die Erzeugung und der Einsatz von erneuerbarer Energie in der Landwirtschaft zu, der Anteil am direkten Energiebedarf liegt aber immer noch unter 20 Prozent.

Aufgrund fehlender Rohstoffe ist die Schweiz bei nicht erneuerbaren Energieträgern (z.B. Erdöl, Kernbrennstoffe) und auch bei sämtlichen mineralischen Düngern (Stickstoff, Phosphor und Kali) zu 100 Prozent von Importen abhängig. Die Importabhängigkeit erfordert gute und solide Handelsbeziehungen mit dem Ausland, sowie Zugriff auf Reserven im Fall gestörter Zufuhr. Diese Aspekte werden insbesondere durch die Energieaussenpolitik und die Krisenvorsorge (u.a. Pflichtlagerhaltung) abgedeckt. Der Bund schätzt deshalb die Versorgungssituation als relativ sicher ein. Mit Blick auf die weltweit weiter zunehmende Energienachfrage und die im Zusammenhang mit der gegenwärtigen Energienutzung einhergehende Umweltbelastung (u.a. CO₂-Emissionen) gilt es dennoch, den Verbrauch insbesondere der nicht erneuerbaren Energieträger zu reduzieren.

3 Optimierungsvorschläge

Um die im Zusammenhang mit der Nutzung von nicht-erneuerbaren Energien stehenden Risiken (insbesondere: künftige Versorgungssicherheit, Umweltbelastungen) zu verringern, kann die Landwirtschaft verschiedene sich ergänzende Strategien verfolgen. Zentrale Hebel sind ein sparsamer und rationeller Energieeinsatz und die Nutzung einheimischer und erneuerbarer Energiequellen. Da weder eine Senkung des Energiebedarfs auf null noch ein uneingeschränkter Ausbau der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern möglich respektive sinnvoll ist, werden idealer Weise beide Wege gleichzeitig verfolgt. Konkret kann sich die Landwirtschaft einerseits vertieft mit Einsparmöglichkeiten bei Treib- und Brennstoffen sowie Elektrizität genauso wie bei Produktionsmitteln und Infrastrukturen auseinandersetzen. Andererseits kann sie die Bereitstellung von erneuerbarer Energie beziehungsweise die Substitution von nicht erneuerbaren Energieträgern und Produkten durch ressourcenschonendere Alternativen verstärkt angehen. Der Hauptansatzpunkt, um den Bedarf an nicht erneuerbaren Energieträgern zu reduzieren, befindet sich auf der betrieblichen Ebene. Auf der institutionellen und politischen Ebene kann über die Optimierung des vorhandenen Instrumentariums im Rahmen bestehender Ressourcen ein subsidiärer Beitrag geleistet werden. Dabei geht es darum, die Rahmenbedingungen so zu setzen, dass die Akteure sich verstärkt in Richtung effizienter Energienutzung bewegen. Ein wesentliches Element hierzu, welches im vorliegenden Bericht nicht weiter ausgeführt wird, ist die Internalisierung der negativen externen Effekte im Zusammenhang mit dem Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger.

Energiepositive Landwirtschaft

Das Konzept einer energiepositiven Landwirtschaft findet in der Klimastrategie Landwirtschaft Erwähnung (BLW, 2011). Gemeint ist eine Landwirtschaft, die mehr Energie erzeugt als sie benötigt. Um dahin zu kommen, ist in erster Linie der aktuelle Energiebedarf durch Einsparungen zu reduzieren. Der verbleibende Bedarf soll mit erneuerbaren Ressourcen gedeckt werden. In einer ersten Phase soll sich dieses Ziel auf die direkte Energie fokussieren. Längerfristig ist es auf alle Verbrauchsgüter (das heisst inklusive graue Energie von Mineräldüngern und Importfuttermitteln aber ohne Gebäude und Maschinen) auszuweiten.

Das Konzept unterscheidet sich von demjenigen der Energieautarkie darin, dass die positive Nettobilanz nicht zu jedem Zeitpunkt, sondern über einen Zeitraum erreicht werden muss und dass die Energiegehalte unabhängig von der Energieform verrechnet werden können. Anders als bei einer energieautarken Landwirtschaft wird also eine zeitweise Abhängigkeit von externen Energieträgern in Kauf genommen.

3.1 Möglichkeiten auf betrieblicher Ebene

Nachfolgend werden im Sinne einer Auslegeordnung die wesentlichen technischen und organisatorischen Möglichkeiten aufgeführt, die ein Landwirtschaftsbetrieb ergreifen kann, um seinen Bedarf an nicht erneuerbaren Energieträgern zu reduzieren. Inwieweit er diese umsetzt ist im Wesentlichen abhängig von den betriebsspezifischen Voraussetzungen sowie von den politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen.

3.1.1 Optionen zur Einsparung direkter Energie bei Maschinen und Gebäuden

Die Möglichkeiten zur Reduktion des Bedarfs an Elektrizität, Brenn- und Treibstoff in der Innen- und Aussenwirtschaft sind zahlreich. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Treibstoffsenkung durch Optimierung des Traktoreinsatzes (Eco-Drive): dazu gehören Aspekte wie Drehzahlbereich, Getriebeabstufung, Reifendruck, Ballastierung, Bearbeitungstiefe, Arbeitsgänge, kontrollierte Fahrspuren, Trennung von Feldarbeit und Transporten.

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

- Energieeffizienz von Ökonomiegebäuden verbessern mit integraler moderner Gebäudetechnik: bedarfs- und tiergerechte Klimatisierung – Beheizen und sommerlicher Wärmeschutz – von Nutztierställen (Messen, Steuern und Regeln der Stalllüftung sowie Effizienzmassnahmen wie zum Beispiel Wärmerückgewinnung); integrale ökologische Gebäudehüllen zur Wärmespeicherung und als Wärmeschutz; frequenzgesteuerte Vakuumpumpe bei Melkanlagen; Wärmerückgewinnung bei der Milchkühlung für die Erwärmung von Brauchwarmwasser; Frequenzumformer zur bedarfsgerechten Drehzahlsteuerung und Entfeuchtungsanlagen bei Heubelüftungen; effiziente stromsparende Beleuchtungen.
- Wärmebedarf von Gewächshäusern reduzieren: Wärmedämmung (Verglasungsart, Energieschirm, Dichtungen etc.).

Bei konsequenter Umsetzung sämtlicher Aspekte zur Optimierung des Traktoreinsatzes lässt sich gemäss Erfahrungen aus Frankreich eine Reduktion des Dieselverbrauchs um etwa 20 bis 30 Prozent erzielen. Bei der Stallbelüftung besteht ebenfalls ein grosses Optimierungspotenzial.

Schätzungsweise gehen bei zeitgerecht wärmedämmten Stallgebäuden zirka 80 bis 85 Prozent des Wärmeverlustes über die nutzungsbedingte Lüftung verloren (Agroscope, 2010). Theoretisch ist ein Heizsarpotenzial von bis zu rund 60 Prozent durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft möglich, wo aber in Berücksichtigung der Hygieneanforderungen bei der Zuluft noch einige Fragen ungeklärt sind. Für Elektromotoren wird eine mögliche Stromeinsparung von 30 Prozent durch Frequenzsteuerung geschätzt. Wichtig sind bei allen Optionen eine angemessene Dimensionierung und eine gute Wartung. Standortwahl und Raumorganisation können auch zu Energieeinsparungen führen: Bei Neubauten besteht die Möglichkeit, auf eine optimale Positionierung im Gelände zu achten, sodass örtliche Gegebenheiten wie Sonneneinstrahlung, Schatten, Wind, Windschutz, Umweltwärme etc. für die gewünschte Anwendung genutzt werden können. Durch das Anstreben von idealen Feldgrössen und kurzen Distanzen zwischen Hof und Feld kann Treibstoff eingespart werden.

3.1.2 Möglichkeiten zur Verringerung der grauen Energie in Maschinen und Gebäuden

Sowohl bei Maschinen als auch Gebäuden kann durch eine lange Nutzungsdauer die graue Energie auf einen grösseren Zeitraum verteilt werden. Eine zeitgerechte Erneuerung und ein bedarfsgerechter Unterhalt sind dazu wichtige Voraussetzungen. Weitere Ansätze sind:

- Verbesserung der Auslastung von Maschinen: gemeinsame, überbetriebliche Anschaffung beziehungsweise Nutzung von Maschinen (zum Beispiel in Maschinenringen) und Inanspruchnahme oder Ausführung von Lohnarbeit (beides kann auf Kosten der Flexibilität bei Feldarbeiten insbesondere bei witterungsbedingt engen günstigen Zeitfenstern für die Bewirtschaftung sowie eines höheren Treibstoffverbrauchs durch längere Anfahrtswege gehen), angemessene Maschinengrösse entsprechend dem geplanten Einsatz wählen, nicht oder kaum gebrauchte Geräte verkaufen beziehungsweise dem Recycling zuführen.
- Bei Neu- und Umbauten von Gebäuden so weit möglich integrale und modulare Leichtbaukonstruktionen aus natürlichen Rohstoffen bevorzugen: mit Leichtbauweisen können im Vergleich zu herkömmlichen Stallgebäuden die gewünschten Nutzfunktionen meist mit einem geringeren Materialeinsatz erreicht werden, Modulbauweisen erlauben häufig flexiblere Gebäudeanpassungen an sich ändernde Nutzungsbedürfnisse, und die Verwendung von ökologischen Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen wie zum Beispiel Holz ist in der Regel ressourcenschonender.

3.1.3 Substitutionsmöglichkeiten von direkter Energie

Landwirtschaftsbetriebe, wie Betriebe in anderen Wirtschaftssektoren, haben verschiedene Möglichkeiten, nicht-erneuerbare Energieträger durch erneuerbare zu ersetzen. Darunter zählen:

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

- Bezug von Strom aus 100 Prozent erneuerbaren Quellen anstelle des Standard-Strommixes zur Deckung des Eigenbedarfs.
- Vermietung von Kulturland oder Dachflächen zur Stromproduktion oder Eigenstromproduktion mittels Photovoltaikpaneelen, Biogasanlagen oder Windturbinen und Einspeisung des Überschusses ins Strom- beziehungsweise Gasnetz oder Speicherung.
- Ersatz der fossilen Energieträger zu Heizzwecken: Wärmeerzeugung mithilfe von Sonnenkollektoren, Biogasanlagen, Holzfeuerungen oder Wärmepumpen mit Umgebungswärme oder Kombinationen der Wärmeerzeuger.

Bezüglich Strom und Wärme sind verschiedene Substitutionsmöglichkeiten vorhanden. Das zusätzliche realisierbare Potenzial im Bereich Strom wird auf rund 7'300 TJ geschätzt, was gut dem Zweifachen des Strombedarfs in der Landwirtschaft entspricht (Henzen C. et al., 2012). Bei der Wärme wird das realisierbare Potenzial auf rund 4'700 TJ beziehungsweise knapp 90 Prozent des Wärmebedarfs beziffert. Die Wärme muss dabei nicht notwendigerweise direkt auf dem Betrieb erzeugt werden: es kann auch die Nutzung von Abwärme zum Beispiel aus einer Kehrlichtverbrennungsanlage, einer kommunalen Holzheizzentrale oder künftig von allfälligen Gaskombikraftwerken in Betracht gezogen werden. Einige der Optionen sind konkurrierend (Photovoltaik oder Sonnenkollektoren auf der Dachfläche, Wärmepumpe benötigt Strom) oder verbunden (Abwärme aus Stromproduktion bei Biogasanlage). Welche Optionen für einen Betrieb am sinnvollsten sind, ist abhängig vom Standort (Produktionspotenziale vor Ort, Distanz zu Bezugsquellen) und vom Zeitpunkt (Abstimmung von Bedarf und Angebot). Inwieweit die Potenziale ausgeschöpft werden ist u.a. abhängig von den Preisen der verschiedenen Energieträger, der technologischen Entwicklung (zum Beispiel bezüglich verlustarmer und kostengünstiger Speicherung der Stromüberschüsse), der Aufnahme durch die Branche (zum Beispiel Bestandteil von Labelanforderungen) und den politischen Rahmenbedingungen (zum Beispiel Ausgestaltung von Förder- und Lenkungsmaßnahmen).

Bezüglich Substitution von fossilen Treibstoffen dürfte ein gewisses Potenzial mittelfristig in alternativen Antrieben für Landmaschinen liegen. Erste Prototypen von mit Gas, Elektrizität oder hybrid betriebenen Maschinen sind auf dem Markt vorhanden. Die Speicherkapazitäten aktueller Akkus sind für einen praxistauglichen Einsatz in E-Traktoren noch zu gering, bei Kleingeräten jedoch ausreichend. Das Potenzial, mittels Sonnenenergie Wasserstoff zu erzeugen, diesen zu methanisieren und zu verflüssigen und schliesslich als Treibstoff einzusetzen, wird ergründet. Eine beschränkte Rolle dürfte der Einsatz von Biotreibstoffen spielen, zumal die nachhaltig nutzbare Biomasse sehr begrenzt ist (Steubing B. et al., 2010). In Frage kommen beispielsweise Speiseölrreste oder Holzabfälle von Sägereien. Im steuerrechtlich freien Verkehr waren 2015 rund 45 Millionen Liter Biodiesel und gut 28 Millionen Liter Bioethanol. Diese werden herkömmlichem Diesel und Benzin beigemischt, wobei gemäss Treibstoff-Normen Anteile bis zu 7 beziehungsweise 5 Prozent erlaubt sind. Ebenfalls von sehr untergeordneter Bedeutung ist der Einsatz von Zugtieren in Kombination mit moderner Technik. Obschon dies eine besonders naturnahe Produktionsform ist, dürfte sie aufgrund des hohen Arbeitsaufwandes höchstens eine Nische für kleinstrukturierte Feldbewirtschaftungen darstellen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass bei dieser Option auch ein Flächenbedarf für das Futter für die Zugtiere resultiert.

Zielkonflikt Energie- versus Nahrungsmittelproduktion

Um die Nahrungsmittelproduktion nicht zu konkurrieren, ist für die Energieerzeugung auf Abfallbiomasse zu fokussieren. Der gezielte Anbau von Raps zur Treibstoffgewinnung oder Kurzumtriebsplantagen mit Energiehölzern widersprechen dem Prinzip der Kaskadennutzung (stoffliche vor energetischer Verwendung) und stellen gemäss ämterübergreifender Biomassestrategie¹² keinen gangbaren Weg dar. Um den Dieselbedarf der Schweizer Landwirtschaft von 151 Millionen Liter beispielsweise durch Biotreibstoff aus Raps (RME) zu ersetzen, wären rund 11 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche oder 28 Prozent des Ackerlands notwendig. Mittels Solarzellen kann pro Fläche etwa zehnmal mehr Energie produziert werden als mit Pflanzen. Für die Energieerzeugung mittels Solarenergie sollen bestehende Gebäude genutzt werden (siehe Positionspapier zu freistehenden Photovoltaikanlagen¹³). Allfällige Nischen sind: Energieholzanbau auf landwirtschaftlich schwer bewirtschaftbaren oder kontaminierten Flächen oder Flächen mit Nitratproblematik, Photovoltaik-Paneele als Unterstand auf Weiden.

3.1.4 Optionen zur Reduktion des Produktionsmitteleinsatzes

Mit dem Fokus auf einer Verringerung beim Mineraldüngereinsatz (insbesondere Stickstoff) und bei der Verwendung importierter Futtermittel (insbesondere Kraffutter) ohne die landwirtschaftliche Produktion zu schmälern ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- Düngermanagement optimieren: Ausnutzung verbessern und Überschüsse abbauen; Ansatzpunkte dazu sind: Parzellenspezifische Düngeplanung erstellen; Fruchtfolgen (inklusive Untersaaten und Zwischenfrüchte) und Bodenbearbeitung so gestalten, dass die Kulturen die zeitliche und räumliche N-Dynamik optimal ausnützen können, Kulturen und Sorten(-mischungen) mit einer hohen Nährstoffeffizienz anbauen, biologische Stickstoff-Fixierung von Leguminosen gezielt einsetzen; Düngergaben an Bedarf ausrichten: Faktoren wie Bestandesentwicklung, Bodenverhältnisse, Witterung, Nährstoffgehalte im Hofdünger berücksichtigen; räumliche Unterschiede auf dem Feld berücksichtigen (Precision Farming); Verlustarme Stallsysteme, Lagerung und Ausbringung von Hofdünger.
- Futtermittel bedarfsgerecht einsetzen (graslandbasierte Rindviehfütterung, Phasenfütterung bei Schweinen) und Herdenmanagement optimieren (Langlebigkeit anstreben, kombinierte Milch- und Fleischproduktion).

Weitergehende effektive Optionen zur Verbesserung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft sind: Ausbau der Pflanzenproduktion kombiniert mit einer Reduktion der tierischen Produktion, für die menschliche Ernährung nutzbare Produkte konsequent dieser zuführen (feed no food-Strategie), Anlegen von Dauergrünland ausschliesslich auf nicht ackerfähigen Standorten.

3.2 Vorhandene Instrumente

Nachfolgend werden bestehende Politikinstrumente und Beratungsangebote mit Bezug zu Energie und Landwirtschaft aufgeführt.

3.2.1 Bestehende Politikinstrumente

Instrumente, welche zum effizienten und sparsamen Umgang mit Energie, zum Umbau der Energieversorgung sowie zur Reduktion der CO₂-Emissionen beitragen, sind in der Energie- und Klimapolitik bereits vorhanden (siehe Übersicht im Anhang). Von vielen dieser Instrumente kann auch die Landwirtschaft profitieren beziehungsweise sie ist davon betroffen. Im Bereich der Elektrizität sind etwa die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) zur Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien oder die wettbewerbliche Vergabe von Fördergeldern über Pro Kilowatt an Programme und Projekte, die zu einem sparsameren Stromverbrauch beitragen, zu nennen. Bei

¹² www.blw.admin.ch >Nachhaltige Produktion >Umwelt >Energie

¹³ www.blw.admin.ch >Nachhaltige Produktion >Umwelt >Energie

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

Brennstoffen kommen die CO₂-Abgabe respektive Verminderungsverpflichtungen für CO₂-intensive Unternehmen zur Befreiung von der Abgabe zum Tragen. Auch Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland für die Kompensation von Treibhausgasemissionen können in der Landwirtschaft umgesetzt werden. Bis anhin wird dies im Bereich Biogasanlagen oder bei der Wärmerückgewinnung aus Gärgülle getan. Das vom Programm EnergieSchweiz durchgeführte Unterstützungsprogramm für Energie-Regionen fördert Projekte, durch welche in der Wertschöpfungskette Akteure aus der Landwirtschaft stark einbezogen werden können (z.B. energetischen Nutzung von Biomasse, Reduktion von Mobilitätsaufkommen durch regionale Nahrungsmittelerzeugnisse und Distribution).

Weitere Instrumente der Energie- und Klimapolitik, wie das Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprogramm werden von der Landwirtschaft bisher kaum genutzt. Daneben existieren einige rechtliche Bestimmungen mit relativ geringer Relevanz für die Landwirtschaft. Beispielsweise sind die Anforderungen an die Energieeffizienz von serienmässig hergestellten Anlagen, Fahrzeugen und Geräten oder Kennzeichnungen mit der Energieetikette bei Landmaschinen kaum vorhanden, und das Gebäudeprogramm für die finanzielle Unterstützung von energetischen Sanierungsmassnahmen kommt für landwirtschaftliche Ökonomiegebäude nicht zur Anwendung. Es ist nicht umfassend bekannt inwieweit die Landwirtschaft von kantonalen und kommunalen Vorschriften und Förderprogrammen im Energiebereich betroffen ist. Die aktuellen Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) enthalten einige Bestimmungen, die Auswirkungen auf die Landwirtschaft haben. Ein Beispiel sind die Zielvereinbarungen mit Grossverbrauchern zur Optimierung des Energieverbrauchs. Einzelne Bestimmungen sind allerdings aufgrund fehlender Datengrundlagen nicht direkt anwendbar, so wie die Grenzwerte für den Heizwärmebedarf bei beheizten Nutztierställen. Da in der SIA-Norm 380/1 "thermische Energie im Hochbau" mit dem Rechenverfahren für den Wärmeschutz von Bauten eine entsprechende Gebäudekategorie fehlt, werden beheizte Nutztierställe im Vollzug der Gebäudekategorie „Industrie“ zugeteilt, was wegen den Raumklima- und Nutzungsanforderungen jedoch nicht vergleichbar ist.

Die Agrarpolitik wirkt indirekt auf den Energiebedarf der Landwirtschaft. Die Höhe und Ausgestaltung der Direktzahlungen und des Grenzschutzes beispielsweise beeinflussen die Flächennutzung und die Tierhaltung, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Energieeffizienz der Schweizer Landwirtschaft. Instrumente mit explizitem Bezug sind zum Teil die Strukturverbesserungen und das Ressourcenprogramm. In den Strukturverbesserungen sind unter anderem Investitionskredite für gemeinschaftliche Anlagen zur Produktion von erneuerbarer Energie aus Biomasse enthalten. Des Weiteren werden bei bestimmten Massnahmen Zusatzbeiträge gewährt für die Produktion von erneuerbarer Energie oder den Einsatz ressourcenschonender Technologien. Andere Elemente der Strukturverbesserungen können die Energieeffizienz im Einzelfall günstig wie auch ungünstig beeinflussen (zum Beispiel Beiträge für Arrondierungen und Stallbauten). Mit dem Ressourcenprogramm gemäss Art. 77a des Bundesgesetzes vom 29. April 1998¹⁴ über die Landwirtschaft (LwG) können innovative Massnahmen für eine nachhaltigere Nutzung der natürlichen Lebensgrundlagen und einen effizienteren Einsatz von Produktionsmitteln teilweise gefördert werden, falls sie nachweislich wirksam sind, die Umsetzung auf Landwirtschaftsbetrieben jedoch noch wenig erprobt ist. Projekte sind also möglich zur Verbesserung der Effizienz beim Einsatz sowohl von direkter (Brenn- und Treibstoffe, Elektrizität) als auch von indirekter (Dünger- und Futtermittel) Energie.

3.2.2 Beratungsangebote

Beratungsangebote stehen meist im Zusammenhang mit Förderinstrumenten und Marktopportunitäten. Bezogen auf Energie und Landwirtschaft ist wohl der Aspekt der Produktion von erneuerbaren Energien am besten abgedeckt. Für jeden Energieträger gibt es mittlerweile mehrere Fachverbände, welche teilweise umfangreiche Dienstleistungen anbieten. Auch Agroscope hat zu den Erneuerbaren einige Merkblätter veröffentlicht und Agridea hat einen Ordner mit entsprechenden Informationen im Angebot. Informationstage und Erfahrungsaustausche gibt es beispielsweise zu

¹⁴ SR 910.1

Energie in der Landwirtschaft allgemein oder spezifisch für Biogasanlagenbetreiber. Auch wurden schon Kursmodule zum Thema erneuerbare Energien an landwirtschaftlichen Schulen durchgeführt.

Angebote zu weiteren Energiethemen in der Landwirtschaft befinden sich im Aufbau. So etwa ein Kurs zu Eco-Drive in der Landwirtschaft oder Energieberatungen für Landwirtschaftsbetriebe (Kantone Aargau und St. Gallen). Ebenfalls im Aufbau befindet sich AgroCleanTech (ACT)¹⁵. Einerseits betreibt ACT als Verein eine Plattform für die Informationsbereitstellung und den Wissensaustausch unter den relevanten Akteuren aus Forschung, Beratung, Industrie und Praxis bezüglich Energie und Klimaschutz. ACT führt Veranstaltungen durch, macht Projektabklärungen und erstellt Faktenblätter. ACT hat zudem einen Energie- und Klimacheck für Landwirtschaftsbetriebe entwickelt, ein Tool das in der Beratung verwendet werden kann zur Identifikation von Einsparmöglichkeiten. Andererseits führt ACT als AG konkrete Projekte durch, aktuell im Rahmen der wettbewerblichen Vergabe von Pro Kilowatt bezüglich Stromeffizienz verschiedene Förderprogramme zur Wärmerückgewinnung bei der Milchkühlung und zu Vakuumpumpen bei Melkmaschinen.

3.3 Mögliche weitere Ansatzpunkte auf institutioneller und politischer Ebene

Hier werden Bereiche benannt und Vorschläge skizziert, die von Politik, Verwaltung, Forschung und Beratung geprüft werden könnten, um das vorhandene Instrumentarium im Hinblick auf die Reduktion des Bedarfs an nicht erneuerbaren Energieträgern in der Landwirtschaft weiter zu optimieren.

3.3.1 Treibstoffsparende Nutzung von Landmaschinen

Über ein Drittel des Einsatzes an direkter Energie fällt auf den Dieserverbrauch. Wesentlichen Einfluss auf den Treibstoffverbrauch haben die eingesetzten Maschinen beziehungsweise deren Antriebstechnik und Ausstattung. Entscheidend ist daneben auch die Nutzung, sprich etwa die gefahrenen Distanzen, die Fahrweise, die Ballastierung, die Art des Arbeitseinsatzes, der Reifendruck und die Wartung. Die technischen, praktischen und organisatorischen Massnahmen zur Reduktion des Treibstoffbedarfs werden im Konzept Eco-Drive zusammengefasst. Spezifische Konzepte zu Eco-Drive wurden für Personen- und Lastwagen, Baumaschinen und landwirtschaftliche Maschinen entwickelt. Eco-Drive in der Landwirtschaft beinhaltet neben der Sensibilisierung beim Fahrverhalten auch das Aufzeigen von Sparpotenzial bei der Anbautechnik und in der Arbeitsorganisation. Das Kursangebot ist von der Quality Alliance Eco Drive zusammen mit Agridea und dem Landwirtschaftlichen Institut des Kantons Freiburg entwickelt worden¹⁶. Erste Kurse haben in der Westschweiz stattgefunden.

Eine regelmässige und flächendeckende Durchführung von Eco-Drive-Kursen, zum Beispiel als Modul in spezifischen Ausbildungsangeboten zu Energieeffizienz oder als Teil bereits etablierter Angebote wie Agrartechnikkursen kann einen Beitrag zur breiteren Etablierung einer treibstoffsparenden Fahrweise in der landwirtschaftlichen Praxis leisten. Die höchste Beteiligung dürfte erzielt werden, wenn solche Kurse von kantonalen landwirtschaftlichen Beratungsstellen angeboten werden. Darüber hinaus kann Eco-Drive als Pflichtmodul in der landwirtschaftlichen Grundbildung verankert werden indem das Thema in die Bildungspläne des Berufsfeldes Landwirtschaft und deren Berufe im Rahmen der 5-jährlichen periodischen Überarbeitung aufgenommen wird. Der Bund kann über das Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation SBFJ, die Kantone durch die Schweizerische Berufsbildungsämter-Konferenz SBBK und die Berufsorganisationen über die Organisation der Arbeitswelt OdA die Anliegen einbringen. Über die Inhalte entscheidet die Kommission Berufsentwicklung und Qualität. In Zusammenarbeit mit der Quality Alliance Eco Drive, Agridea und dem Landwirtschaftlichen Institut des Kantons Freiburg können Kursunterlagen erarbeitet und Lehrpersonen ausgebildet werden. Der Erfolg der Massnahme steht und fällt mit der Motivation der Landwirte für den Kursbesuch beziehungsweise für die spätere Anwendung.

¹⁵ www.agrocleantech.ch

¹⁶ www.agri-ecodrive.ch

Folgende Massnahmen könnten die breite Anwendung eines treibstoffsparenden Maschineneinsatzes weiter begünstigen:

Ausrichtung der landwirtschaftlichen Forschung

- Entwickeln von entscheidungsunterstützenden Software-Lösungen (zum Beispiel Tool zur Darstellung des Treibstoffverbrauchs von Traktoren in Kombination mit verschiedenen Geräten und unterschiedlichen Arbeitsgängen, Tool mit Anzeige des aktuellen und des energieeffizientesten Drehmoments).
- Testen der Eco-Drive Massnahmen in der Praxis zur Bestimmung der Wirkung; Entwickeln eines Nachweises für einen treibstoffsparenden Maschineneinsatz in der Praxis; Prüfen von Vergleichsgrössen zu Energieverbrauch, -effizienz und CO₂-Emissionen für verschiedene Landmaschinen¹⁷.
- Beitragen zur Entwicklung und Anwendung alternativer Antriebe (zum Beispiel Gas-/ Elektrotraktor).

Regulatorische Anreize

- Prüfen einer Kennzeichnungspflicht (analog Energieetikette), von Effizienzanforderungen oder von Grenzwerten bezüglich CO₂-Ausstoss (analog Abgasnormen für NO_x und Dieselmotoren) bei Landmaschinen, möglichst abgestimmt auf die Regelungen in der EU; eventuell Differenzierung der Fahrzeugsteuer basierend darauf.
- Prüfen, wie die bestehenden Instrumente (Mineralölsteuer respektive Mineralölsteuerbegünstigung, leistungsabhängige und pauschale Schwerverkehrsabgabe) ausgestaltet werden können, damit auch der Maschineneinsatz in der Land- und Ernährungswirtschaft so treibstoffsparend wie möglich erfolgt, das heisst unter anderem dass sich etwa die Umsetzung von Eco-Drive rechnet und bei landwirtschaftlichen Strassentransporten Traktoren gegenüber Lastwagen nicht begünstigt werden¹⁸.

3.3.2 Energiestandards für Ökonomiegebäude

Fast die Hälfte des gesamten landwirtschaftlichen Energieverbrauchs geht auf die Ökonomiegebäude und ihren Betrieb zurück. Betrachtet man nur den direkten Energieverbrauch, beträgt der Anteil der Gebäude und Installationen am Verbrauch sogar über die Hälfte. Energieeffiziente Gebäude, Geräte und Installationen leisten über verschiedene Wege einen wichtigen Beitrag zur Reduktion des Einsatzes von nicht erneuerbaren Energieträgern. Eine besonders wichtige Rolle kommt der Entwicklung von Energiestandards zu: Die Art und Weise wie Gebäude gebaut sind und welche Technik genutzt wird hat einen grossen Einfluss auf den Brennstoff- und Elektrizitätsverbrauch im Betrieb. Für den Neubau oder die Sanierung von Gebäuden sowie für serienmässig hergestellte Elektrogeräte bestehen in der Schweiz gesetzliche Anforderungen bezüglich Energieeffizienz. Für landwirtschaftliche Ökonomiegebäude und Anlagen, die spezifisch in der Landwirtschaft eingesetzt werden, gibt es hingegen wenige entsprechende Vorschriften oder Standards.

Adäquate Planungsgrundlagen und Vollzugshilfen werden vor allem benötigt für: energetisch optimierte Gebäudehüllen, Wärmeerzeugungen und Lüftungen (inklusive Wärmerückgewinnung) von beheizten Nutztierställen; technische und betriebliche Optimierungen für Wassererwärmungen, Milchkühlungen und Vakuumpumpen; Heubelüftungen mit bedarfsgerecht regulierbaren Luftvolumenströmen und in Kombination mit Entfeuchtungsverfahren. Damit entsprechende Standards definiert werden können, müssen Kennwerte zum Energieverbrauch definiert und zuverlässige Datengrundlagen zum aktuellen Stand der Technik geschaffen werden. Zuständig dafür ist die

¹⁷ Bei Personewagen existiert mit CO₂/km ein aussagekräftiges Mass. Für die Landwirtschaft werden zurzeit Ansätze wie der Power-Mix der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft DLG diskutiert, bei dem verschiedene Arbeiten mit genormten Prüfzyklen simuliert werden und daraus ein Mass der Energie- oder CO₂-Effizienz errechnet wird.

¹⁸ Aktuell können sich Landwirtschaftsbetriebe von der Mineralölsteuer befreien lassen. Diese wird in Abhängigkeit der Betriebsgrösse (bewirtschaftete Nutzfläche) rückerstattet. Zudem sind auch landwirtschaftliche Fahrzeuge von der Schwerverkehrsabgabe ausgenommen.

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

Konferenz kantonaler Energiedirektoren EnDK, welche die Anforderungen der landwirtschaftlichen Stallgebäude sodann in die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich MuKE n aufnehmen und den Kantonen empfehlen kann, diese beim Erlass kantonaler energierechtlicher Bestimmungen bestmöglich zu übernehmen. Die erhobenen Daten sollen auch dazu dienen, dass in der SIA-Norm 380/1 „Thermische Energie im Hochbau“, eine eigene Gebäudekategorie für landwirtschaftliche Bauten erstellt und charakterisiert werden kann (mit adäquaten Grenzwerten zum Energieverbrauch). Darauf aufbauend könnte analog zu MINERGIE ein Standard entwickelt werden, welcher das ganze Gebäude als integrales System betrachtet und bei dem die gesetzlich notwendigen Energienachweise als Systemnachweise geführt werden können. Dabei könnten die sehr instationären dynamischen Energieprozesse, zum Beispiel der Wärmebedarf der kleinen jungen Tiere während der Anfangsphase und die Wärmeabgabe dieser Tiere während der Mittel- und Endphase eines Mastdurchgangs, gerade in beheizten Nutztierställen nutzungsgerecht berücksichtigt werden. Besonders in beheizten landwirtschaftlichen Gebäuden mit ihren hohen Lüftungswärmeverlusten spielen diese Systemzusammenhänge eine wichtige Rolle und es ist sinnvoll, die Gebäudehülle zusammen mit Heizung und Lüftung zur Erfüllung von tiergerechten und energieeffizienten Grenzwerten zu kombinieren.

Weitere Möglichkeiten könnten dazu beitragen, den fossilen Verbrauch von Gebäuden und Installationen zu verkleinern:

Ausrichtung der landwirtschaftlichen Forschung

- Graue Energie von Gebäuden einbeziehen und Stallbauten entsprechend weiterentwickeln. Stichworte: Reduktion auf das Wesentliche, funktional und anpassungsfähig, Standort berücksichtigen, ökologische Baumaterialien verwenden (insbesondere integrale Bauweisen aus natürlichen Rohstoffen zur Ablösung ökologisch schlecht zu vertretenden Baustoffen wie zum Beispiel aus Polyurethan geschäumte Sandwichpaneele).
- Aspekte wie Ammoniakemissionen und Tierschutzbestimmungen mitberücksichtigen und ganzheitliche Optimierungen aufzeigen.
- Parallel zu den Normen für neue Gebäude und Installationen könnte ein Leitfaden mit Empfehlungen zur Erhöhung der Energieeffizienz von bestehenden Ökonomiegebäuden durch Anpassung und Sanierung hilfreich sein (vergleichbar mit dem Leitfaden der Energie-Agentur der Wirtschaft EnAW für Gewächshäuser).

Ausrichtung der Subventionen auf energetische Aspekte

- Prüfen, inwieweit energetische Anforderungen an die Vergabe von Beiträgen und Investitionskrediten der Strukturverbesserungen für Gebäude und Geräte geknüpft werden können (insbesondere Vermeidung von Investitionen in fossil betriebene Infrastrukturen, Anstossen von energetischen Sanierungen).

3.3.3 Effizienter Einsatz von Produktionsmitteln

Die indirekte Energie, die in den importierten Futtermitteln, Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln steckt, macht etwa ein Viertel des gesamten landwirtschaftlichen Energieverbrauchs aus. Trotz dieses hohen Anteils werden die Produktionsmittel jedoch selten unter dem Energieaspekt diskutiert. Häufiger stehen sie wegen ihrer vielfältigen Umweltwirkungen oder als Kostenfaktoren im Zentrum des Interesses. Entsprechend wurden und werden laufend agrarpolitische Entscheide zum Einsatz von Produktionsmitteln gefällt, welche sich neben dem erwünschten Effekt zum Beispiel auf die Umwelt oder auf die Preise oder Kosten auch auf den Energieverbrauch und damit auf die Abhängigkeit von nicht erneuerbaren Energieträgern auswirken. Ein Beispiel hierzu sind die Ressourceneffizienzbeiträge für schonende Bodenbearbeitung, emissionsarme Gülleausbringung und präzise Applikationstechnik wodurch auch Diesel, Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel eingespart werden können. Weitere Möglichkeiten zur Nutzung von Synergien zwischen verschiedenen agrarpolitischen Zielen und den Bestrebungen zu einem geringeren Verbrauch von nicht erneuerbaren Energieträgern könnten in den folgenden Bereichen vorhanden sein: Optimierungen in der Flächennutzung, in der Tierfütterung und der Produktionsintensität in Bezug auf den Standort,

Schliessung der Nährstoffkreisläufe auf möglichst lokaler Ebene, effizienter und sparsamer Ressourceneinsatz, Optimierung von Betriebs- und Schlaggrösse und der Zusammenarbeit. Diese Aspekte sollen so in die Weiterentwicklung der Agrarpolitik einfließen, dass eine weitere Reduktion des Verbrauchs an nicht erneuerbaren Energieträgern erreicht werden kann.

Räumliche Aspekte

Ein Lösungsansatz zur Reduktion der Abhängigkeit von nicht erneuerbarer Energie ist die Nutzung von Abwärme aus industriellen und landwirtschaftlichen Prozessen. Damit wird die Energieeffizienz zwar nicht des landwirtschaftlichen Sektors aber der gesamten Volkswirtschaft erhöht. Der Ansatz beruht darauf, entsprechende landwirtschaftliche Aktivitäten mit Wärmebedarf und Wärmeüberschuss räumlich möglichst gut mit Infrastrukturen zu vernetzen, um gegenseitige Wärme beziehungsweise Abwärme auszutauschen. Bekannt sind die Nutzung von Abwärme aus Kehrichtverbrennungsanlagen, durch Gewächshäuser oder die Beheizung von Tierställen mit der Abwärme aus Biogasanlagen. Da solche landwirtschaftlichen Anlagen wegen ihrer Grösse oft über die innere Aufstockung hinausgehen, müssen sie vom Kanton in einem Planungsverfahren als Spezial-Landwirtschaftszonen freigegeben werden (Art. 16a Bundesgesetz vom 22. Juni 1979¹⁹ über die Raumplanung RPG; Art. 37 Raumplanungsverordnung RPV vom 28. Juni 2000²⁰). Unter anderem aus Gründen des Landschaftsschutzes sollen Insellösungen vermieden werden. Wünschenswert wäre eine Bezeichnung solcher – allenfalls gemeindeübergreifender - Spezialzonen in den kantonalen Richtplänen. Zur Planung solcher raumrelevanter Vorhaben, welche die Nutzungsansprüche vieler Interessensgruppen berühren, empfiehlt es sich, nach der Wegleitung „Landwirtschaftliche Planung“²¹ von Bundesamt für Landwirtschaft BLW, swissmilio und geosuisse oder einem ähnlichen Leitfaden vorzugehen. Im Rahmen einer solchen Planung können nach Möglichkeit gleichzeitig auch die Bewirtschaftung der Landwirtschaftsflächen zum Beispiel in einer Landumlegung neu organisiert werden. Mit einer geschickten Arrondierung und einer optimierten Erschliessung können Fahrwege unter Umständen massgeblich verkürzt und damit Treibstoff eingespart werden.

3.3.4 Plattformaktivitäten (Wissensaustausch und Vernetzung)

Die Vernetzung der Akteure an der Schnittstelle Energie – Landwirtschaft sowie ein aktiver Austausch zwischen Forschung, Beratung, Verwaltung und Umsetzung sind wichtig und sollen gefördert werden. Anstrengungen in der Landwirtschaft im Bereich Energieeffizienz gilt es vermehrt anzustossen, zu bündeln und zu multiplizieren. Aktiv in diesem Bereich ist der Verein AgroCleanTech, der als Plattform diese Prozesse weiter vorantreiben kann. Die Bundesämter für Landwirtschaft und Energie sowie das Staatssekretariat für Wirtschaft SECO unterstützen und begleiten diese Aufgabe sowohl finanziell als auch inhaltlich für einen befristeten Zeitraum. Es ist nach Möglichkeiten zu suchen, wie die Plattformaktivitäten fortgeführt werden können.

Im Energiebereich der Landwirtschaft bringen folgende Dienstleistungen einen Mehrwert:

- *Potenziale durchleuchten, Machbarkeit abklären:* Erhebungen zur Wirkung von einzelnen Massnahmen, zur Akzeptanz und zum aktuellen Umsetzungsstand können durchgeführt, Forschungsergebnisse kombiniert und hochskaliert werden (zum Beispiel Wirkung der Umstellung auf erneuerbare Energieträger für einzelne Branchen, regionale Konzepte für eine optimierte Wärmenutzung oder Biomasseverwertung).
- *Innovationen anstossen, Vorhaben ins Rollen bringen:* Durch Vernetzung mit Partnern im Bereich Agrartechnik können Bedürfnisse der Praxis und Politik verstärkt eingebracht werden. Wünschenswert ist, sowohl High- wie Low-Tech-Lösungen anzustossen (zum Beispiel elektrische Antriebe in der Landtechnik, E-Traktor, moderne Leichtbau-Landtechnik mit Pferden gezogen). Innovationen sind auch ausserhalb des technischen Bereichs denkbar (wie zum Beispiel die Schaffung eines Labels beziehungsweise einer branchenweiten

¹⁹ SR 700

²⁰ SR 700.1

²¹ www.blw.admin.ch >Instrumente >Ländliche Entwicklung und Strukturverbesserungen >Meliorationsmassnahmen

Selbstverpflichtung für erneuerbar produzierende Gemüsebaubetriebe oder energieeffiziente Lohnunternehmer).

- *Gute Beispiele hervorheben, Beraten, Fortschritte bilanzieren:* Eine Aufgabe könnte darin bestehen, fortschrittliche Betriebsleitende und Praxisbeispiele publik zu machen. Informationen können zentral verwaltet (zum Beispiel Internetseite) und auf Beratungs-, Sensibilisierungs- oder Bildungsangebote kann aufmerksam gemacht werden. Wo nötig können Angebote angepasst oder erweitert werden (zum Beispiel umfassende und gesamtbetriebliche Energieberatung für Bewirtschaftende). Auch Datenerhebungen im Zusammenhang mit dem Monitoring der Entwicklung der Energieeffizienz und zur Optimierung der Politik können über die Plattform abgewickelt werden.

3.4 Schlussfolgerung

Der Bedarf an nicht erneuerbaren Energien in der Landwirtschaft kann verringert werden durch a) die Substitution von nicht erneuerbarer durch erneuerbare Energie und b) die Weiter- und Neuentwicklung energieminimierter Produktionsmethoden. Entsprechende Potenziale sind vorhanden und sollen wo wirtschaftlich möglich ausgeschöpft werden. Dadurch kann die Landwirtschaft einen wesentlichen Beitrag an die Stossrichtungen der Energiestrategie 2050 leisten, sowohl was den rationellen Energieeinsatz, als auch die Erzeugung von erneuerbaren Energien angeht. Um die Energieeffizienz zu verbessern und die Klimaziele zu erreichen, besteht in der Landwirtschaft die grösste Hebelwirkung bei den fossilen Treib- und Brennstoffen sowie bei Importfuttermitteln und Mineraldüngern. Letztere stehen in engem Zusammenhang mit dem Tierbestand und dem Einsatz von Stickstoff, welche die landwirtschaftlichen Methan- und Lachgasemissionen wesentlich beeinflussen.

Verschiedene Optionen können bereits heute auf einem Landwirtschaftsbetrieb ergriffen werden. Die Instrumente der Energie-, Klima- und Agrarpolitik wirken dabei unterstützend. Die Optimierung der vorhandenen Instrumente im Rahmen bestehender Ressourcen kann darüber hinaus in folgenden Bereichen den Verbrauch an nicht erneuerbarer Energie in der Landwirtschaft vermindern: 1) treibstoffsparende Nutzung von Landmaschinen, 2) Energiestandards bei Ökonomiegebäuden, 3) effizienter Einsatz von Produktionsmitteln sowie 4) Plattformaktivitäten (Wissensaustausch und Vernetzung). Insgesamt geht es dabei darum, die Rahmenbedingungen so zu setzen, dass die Akteure sich verstärkt in Richtung effizienter Energienutzung bewegen.

Die in diesem Bericht skizzierten Optimierungsvorschläge sollen als Diskussionsgrundlage für die verschiedenen Akteure der Schweizerischen Landwirtschaft dienen. Die Umsetzung soll im Rahmen der bestehenden Zuständigkeiten und Ressourcen geprüft werden.

Anhang

Tabelle 2: Zusammenstellung bestehender politischer Instrumente im Energiebereich.

| | Titel | Beschreibung | Aktuelle Nutzung | Adressierte Bereiche |
|---------------------------------|---|---|---|--|
| Energie- und Klimapolitik | Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) | Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien durch Deckung der Differenz zwischen Produktion und Markt. | u.a. knapp 100 landwirtschaftliche Biogasanlagen sowie zahlreiche Photovoltaikanlagen auf grossen Dachflächen von Landwirtschaftsbetrieben | Elektrizität |
| | Wettbewerbliche Ausschreibungen von Pro Kilowatt bezüglich Stromeffizienz | Förderbeitrag zur Unterstützung von Programmen und Projekten, die zu einem sparsameren Stromverbrauch im Industrie- und Dienstleistungsbereich sowie in Haushalten beitragen. | 3 Projekte zu Wärmerückgewinnung bei der Milchkühlung (decken insgesamt die ganze Schweiz ab) und 1 Projekt zu Vakuumpumpen bei Melkmaschinen | Elektrizität |
| | Anforderungen an die Energieeffizienz von Anlagen, Fahrzeugen und Geräten sowie Kennzeichnung (Energieetikette) | Mindestanforderungen sowie Information über die Effizienz von serienmässig hergestellten Produkten | | Elektrizität, Treibstoffe |
| | EnergieSchweiz | EnergieSchweiz unterstützt Projekte von Partnern aus dem öffentlichen Sektor und der Privatwirtschaft, die Massnahmen im Bereich der Energieeffizienz und der erneuerbaren Energien vorantreiben. | Unterstützung der Aktivitäten von AgroCleanTech (zusammen mit BLW und SECO) für die Jahre 2014-2017 Weitere Projekten u.a. mit Biomasse Suisse , Ökostrom Schweiz , Energie-Region | Elektrizität, Treibstoffe, Brennstoffe |
| | Pilot-, Demonstrations- und Leuchttumprogramm | Fördert die marktnahe Entwicklung von innovativen Technologien und Lösungen im Cleantech-Bereich. Es werden Projekte unterstützt, welche der sparsamen und rationellen Energieverwendung oder der Nutzung erneuerbarer Energien dienen. | z.B. Industrielle Solaranlage in der Käserei von Saignalégier mit Anwendung der Technologie des Solarkonzentrators | Elektrizität, Treibstoffe, Brennstoffe |
| | CO₂-Abgabe auf Brennstoffe | Lenkungsabgabe auf fossile Brennstoffe. Durch Rückverteilung werden Haushalte und Betriebe begünstigt mit tiefem Verbrauch. | | Brennstoffe |
| | Befreiung von der CO ₂ -Abgabe (Zielvereinbarungen mit der EnAW oder act zur CO ₂ -Reduktion und Steigerung der Energieeffizienz) | Möglichkeit für CO ₂ -intensive Unternehmen zur Befreiung von CO ₂ -Abgaben (Unternehmen nach Anhang 7 der Verordnung vom 30. November 2012 ²² über die Reduktion der CO ₂ -Emissionen) | landwirtschaftliche Betriebe mit hohem fossilen Brennstoffbedarf (Gewächshäuser, Schweine- und Geflügelmast) | Brennstoffe |
| | Gebäudeprogramm und Kantonale Förderprogramme | Verminderung der CO ₂ -Emissionen bei Gebäuden im Bereich der energetischen Sanierung bestehender beheizter Gebäude sowie der Förderung der erneuerbaren Energien, der Abwärmenutzung und der Gebäudetechnik | Ökonomiegebäude nicht förderberechtigt | Brennstoffe, Elektrizität, Gebäude |
| | Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) | Gesetzesvorschlag von energierechtlichen Vorschriften im Gebäudebereich | u.a. Teil L „Grossverbraucher“ | Brennstoffe, Elektrizität, Gebäude |
| Mineralölsteuer | Steuerbegünstigung u. a. für die Landwirtschaft | Gemäss Mineralölsteuerstatistik wurden im Jahr 2015 52.6 Mio. Franken beziehungsweise 89.8 Mio. l Dieselöl sowie 12.8 Mio. Franken beziehungsweise | Treibstoffe | |

²² SR 641.711

Energiebedarf der Schweizer Landwirtschaft: aktueller Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

| | | | | |
|--------------|---|---|--|--|
| | | | 22.2 Mio. l Benzin in der Landwirtschaft rückerstattet. | |
| | Mineralölsteuererleichterung für biogene Treibstoffe (befristet bis längstens zum 30.06.2020) | für nachhaltige biogene Treibstoffe im Verkehrssektor | Zahlen 2015: ca. 28 Mio. l Bioethanol bei 15 °C und ca. 45 Mio. l Biodiesel bei 15 °C | Treibstoffe |
| | Kompensationspflicht für Importeure von fossilen Treibstoffen im Rahmen des Bundesgesetzes vom 23. Dezember 2011 ²³ über die Reduktion der CO ₂ -Emissionen | Projekte zur Reduktion von Treibhausgasen in der Schweiz | Bereits zugelassene Projekte/Programme mit Bezug zu Landwirtschaft: Biogasanlagen, Wärmerückgewinnung aus Gärgülle, Nitrifikationshemmer | Treibstoffe, Brennstoffe, Dünger und Futtermittel |
| Agrarpolitik | Strukturverbesserungen | u.a. Investitionshilfen für Neubau, Umbau und Verbesserung von Wohn- und Ökonomiegebäuden, Kauf von Bauten, Einrichtungen und Maschinen, und um Energie aus Biomasse zu produzieren | Anzahl bewilligte Kredite im 2013 für: Wohngebäude: 385 Ökonomiegebäude: 963 Kauf von Maschinen und Fahrzeugen: 52 Energieproduktion: 1 | Gebäude, Maschinen, Elektrizität |
| | Ressourcenprogramm (Art.77a und b LwG) | Unterstützung von technischen, organisatorischen und strukturellen Neuerungen, die nachweislich wirksam sind und deren Erprobung in einer Region oder Branche einen Erkenntnisgewinn über die Projektregion respektive -branche hinaus haben. | Bisherige Projekte v.a. zu NH ₃ . Ein Projekt im Rebbau Valnature : Durch den Einsatz von Solarstrom betriebenen Geräten wird fossile Energie substituiert. Neue Projekte zu Klimaschutz (Punktesystem IP-Suisse, AgroCO ₂ ncept Flaachtal) bei denen Energie ein Teilaspekt ist. | Dünger, Futtermittel, Treibstoffe, Brennstoffe, Elektrizität |

²³ SR 641.71

Literatur

- Agroscope. (2010). Energiebedarf bei Heizung und Lüftung mehr als halbieren. *ART-Bericht Nr. 735*.
- Agroscope. (2015a). Agrarumweltindikator (AUI) Energieverbrauch Landwirtschaft. Methodenbeschreibung für die nationale Ebene.
- Agroscope. (2015b). Landwirtschaftlicher Energieverbrauch in der Schweiz. *Agroscope Transfer Nr. 56*.
- BFE. (2014a). *Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2013*. Bern: Bundesamt für Energie.
- BFE. (2015a). *Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2014*. Bern: Bundesamt für Energie.
- BFE. (2015b). *Schweizerische Statistik der Erneuerbaren Energien. Ausgabe 2014*. Bern: Bundesamt für Energie.
- BFS. (2012). *Schweizer Landwirtschaft – Ergebnisse der Zusatzserhebung 2010 (su-d-07.02-LBZ2010-01)*.
- BFS. (2015a). *Landwirtschaftsbetriebe, Beschäftigte, Nutzfläche nach Kanton (je-d-07.02.02.01.01)*.
- BFS. (2015b). *Energieeinsatzkonten der Haushalte und der Wirtschaft, nach Branchen und Energieträgern, in TJ (je-d-02.04.12.01)*.
- BFS. (2015c). *Landwirtschaftliche Gesamtrechnung: Vorleistungen und Abschreibungen, zu laufenden Preisen, in 1000 Fr. (je-d-07.04.02.04)*.
- BFS. (2015d). *Landwirtschaftliche Gesamtrechnung: Vorleistungen und Abschreibungen, Preisindex (je-d-07.04.02.05)*.
- BFS. (2015e). *Landesindex der Konsumentenpreise, Durchschnittspreise Energie, pro Jahr (su-d-05.02.91)*.
- BLW. (2011). *Klimastrategie Landwirtschaft. Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel für eine nachhaltige Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft*. Bern: Bundesamt für Landwirtschaft.
- BLW. (2015). Energiebedarf der Landwirtschaft. *Agrarbericht 2015*.
- BR. (2013). *Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 und zur Volksinitiative "Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie" (13.074)*.
- Eichler M. et al. (2014). *Landwirtschaft - Beschaffungsseite; Vorleistungsstrukturen und Kosten der Vorleistungen*. Basel: BAKBasel.
- Eurostat. (2012). *Agri-environmental indicator - energy use*. Von http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_energy_use abgerufen
- Henzen C. et al. (2012). *Ressourcen- und Klimateffizienz in der Landwirtschaft: Potentialanalyse*. Brugg: AgroCleanTech.
- Hersener J.-L. et al. (2011). *Zentrale Auswertung von Ökobilanzen landwirtschaftlicher Betriebe (ZA-ÖB) Schlussbericht*. Reckenholz-Tänikon: Forschungsanstalt Agroscope.
- IEA. (2015). *World energy outlook 2015. Executive summary*. Paris, France: International Energy Agency (IEA).
- Kränzlein, T. M. (2007). Analyse der Energieeffizienz der schweizerischen und österreichischen Landwirtschaft: ein regionalisierter Ansatz. *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie, Band 17*, S. 65-77.
- Meier B. (2000). *Neue Methodik für die Zentrale Auswertung von Buchhaltungsdaten an der FAT*. Tänikon: Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT).
- REN21. (2015). *Renewables 2015 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat.
- SBV. (2015). *Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung 2014*. Brugg: Schweizer Bauernverband.
- Steubing B. et al. (2010). Bioenergy in Switzerland: Assessing the domestic sustainable biomass potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.14 (8)*, p. 2256–2265.
- Zurbrugg R. (2015). *Gesamterhebung Stromkennzeichnung 2013*. Bern: Bundesamt für Energie.