

**Zeitschrift:** Landtechnik Schweiz  
**Herausgeber:** Landtechnik Schweiz  
**Band:** 44 (1982)  
**Heft:** 15

**Artikel:** Mit Biogas betriebene Wärme-Kraft-Kopplungen  
**Autor:** Wellinger, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1081523>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

her bekannte Firma Bärtschi & CO aus Hüswil ein. Der Einladung folgten Fachleute von der Steiermark über ganz Westeuropa bis USA und Kanada. Der Grund für dieses weltweite Interesse liegt darin, dass die Schweizer Firma als einzige auf der Welt in der Lage ist, zu verschulende Jungpflanzen und bis zu zwei Meter hohe Jungpappeln mit einem ungewöhnlich grossen Bestand an unverletzten Wurzeln derart sauber zu roden, wie es von Hand kaum möglich ist. Den angereisten Fachleuten erstmals gezeigt wurde eine Weiterentwicklung des Fobro (Forst-Baumschul-Roder). Dieser ist eigentlich aus dem bekannten Kartoffelroder Famos hervorgegangen. Bis jetzt wurde der Fobro-Lifter mit Verlesetisch und Bündelapparat geliefert. Die neu gezeigte Ausführung verfügt nun über ein ausschwenkbares

Querförderband. Dieses wirft die sorgfältig gerodeten Pflanzen in einen Behälter auf einem nebenherfahrenden Fahrzeug. Dadurch ist während der Verpflanzzeit im Spätherbst und Winter auf der Maschine nur noch eine Person nötig. Dank dem Umlad auf ein Fahrzeug kann die Verlesearbeit während dem meist unfreundlichen Winterwetter unter Dach erfolgen. Damit gelang es der initiativen Schweizer Firma eine Forderung zu erfüllen, die vor allem von den Kunden in Britisch Kolumbien (Kanada) wegen ihrem rauhen Klima mit besonderem Nachdruck gestellt wurde. k.r.

Wir möchten der unternehmungsfreudigen Firma zu ihrem weltweiten Erfolg gratulieren. Wir haben Unternehmer dieser Art noch nie so nötig gehabt wie heute.

## Mit Biogas betriebene Wärme-Kraft-Kopplungen

A. Wellinger, TK 5

Bei den bisher rund 120 in der schweizerischen Landwirtschaft im Einsatz stehenden Biogasanlagen wird das produzierte Gas vorwiegend zum Betrieb eines Gasofens für die Wohnhausheizung und die Warmwasserproduktion verwendet.

Dies ist mit Abstand die kostengünstigste, aber nicht unbedingt die sinnvollste Verwendung des Gases. Während im Winter das produzierte Gas meist vollständig genutzt werden kann, führt die alleinige Verwendung zu Heizzwecken im Sommer in der Regel zu Gasüberschüssen und damit zu einer schlechten Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage.

Beim Einsatz von Biogas ist weiter zu berücksichtigen, dass dieses eine sehr hohe Exergie besitzt. Exergie beschreibt eine Qualität der Energie, nämlich deren Fähigkeit, mechanische Arbeit zu leisten. Hochwertige Energie lässt sich zwar in niedrigwertige Energie umwandeln (zum Beispiel in Wärme) nicht aber umgekehrt. Es kommt

also der Verschwendug an Energiequalität gleich, wenn man Biogas direkt verbrennt. Eine optimale Ausnutzung des Biogases in bezug auf den ganzjährigen Verbrauch und die Energiequalität ist die Stromproduktion in einer Totalenergieanlage, in der ein Teil der während der Stromproduktion freigesetzten Wärme zurückgewonnen werden kann.

Im April 1982 standen auf 20 Landwirtschaftsbetrieben solche Wärme-Kraft-Kopplungen im Einsatz. Um über die Erfahrungen in der Praxis orientieren zu können, haben wir den Besitzern einen Fragebogen zugesandt. Von den 20 Formularen kamen 16 zurück, zwei davon konnten aber für die Auswertung nicht berücksichtigt werden, da noch zu wenig Betriebserfahrungen vorlagen.

### Fabrikate und Leistungen

Von den 14 ausgewerteten Installationen handelt es sich bei 12 um Fiat «Totem» mit

einem Fiat127-er-Motor von 903 cm<sup>3</sup>. Eine davon ist ein Fogeh III, welches von einem Ford-Escort-Motor (1600 cm<sup>3</sup>) angetrieben wird und eine letzte schliesslich ist die Eigenkonstruktion eines Landwirtes mit einem Vauxhall-1100 cm<sup>3</sup>-Motor.

Die Totem werden parallel zum öffentlichen Netz gefahren, während das Ford- und das Vauxhall-Gerät im Inselbetrieb funktionieren. Das Alter der Anlagen betrug im April 1982 im Durchschnitt 22 Monate mit einer Streuung von 4 bis 46 Monaten.

**Tabelle 1: Gemessene Leistungen der Totem**

	kW	Amp.
Durchschnitt	12.1 (1.1)	21.9 (1.1)
Maximum	13.3 (0.7)	23.9 (1.5)
Minimum	10.4 (1.5)	18.7 (2.9)

In Klammern die Standardabweichung.

Das Fogeh III mit einer nominellen theoretischen Leistung von 24 kW lieferte im Schnitt 17.5 kW mit Spitzen bis zu 22.5 kW. Der Vauxhall liegt mit seinen 12 kW im Bereich der Totem-Werte, welche in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Der berechnete cos (Blindstrom) betrug durchschnittlich 0.84.

Im Mittel wurden  $8.9 \pm 0.7 \text{ m}^3$  Gas pro Betriebsstunde verbraucht. Der elektrische Wirkungsgrad beträgt damit unter Annahme von 60% Methan im Biogas im Durchschnitt 23%.

Der thermische Wirkungsgrad wurde in einem Betrieb über ein ganzes Jahr genau erhoben und erreichte im Schnitt 55%. Der Gesamtwirkungsgrad liegt damit bei rund 80%, was mit Beobachtungen in Deutschland übereinstimmt.

Alle hier beschriebenen Durchschnittswerte liegen also leicht unter den Werksangaben von Fiat bzw. Saurer.

## Betriebserfahrungen

Der Beitrag der landwirtschaftlichen Kleinkraftwerke an die Stromproduktion ist bislang noch bescheiden. Im Durchschnitt werden monatlich pro Anlage 1'470 kWh produziert mit einem Streubereich von 680 bis

**Tabelle 2: Einsatz des produzierten Warmwassers**

	Sommer (Total 14 Anlagen)	Winter
Fermenterheizung	13 Anlagen	13 Anlagen
Wohnhaus- beheizung		12 Anlagen
Brauchwarmwasser	13 Anlagen	12 Anlagen
Heubelüftung	5 Anlagen	
Getreidetrocknung	2 Anlagen	
Stallheizung	2 Anlagen	

5'150 kWh. Die Einspeisung ins Netz bietet keine Probleme. Lediglich zwei Landwirte haben die Auflage, nur bei Hochtarif zu liefern.

Die anfallende Wärme wird im Winter von praktisch allen Anlagenbesitzern zu Heizzwecken verwendet (Tab. 2). Problematisch wird die Wärmeverwertung erst im Sommer. Oft muss dann während der Stromproduktion die Wärme «vernichtet», das heisst ungenutzt abgeführt werden. Man denkt deshalb auch schon an die Beheizung von Treibhäusern.

Da die Schwefelwasserstoffkonzentration im Biogas relativ hoch ist (bei Schweinegülle bis zu 5'000 ppm), muss das Motorenöl relativ häufig gewechselt werden. Rund die Hälfte der Anlagenbesitzer macht alle 1'000 Stunden einen Ölwechsel, die anderen nach 3'000 Stunden.

In zwei Fällen brachte die hohe Schwefelkonzentration Probleme an der Zündung und an den Dichtungen. In sieben Fällen wurden Korrosionsprobleme am Abgasystem beklagt.

## Stromtarife

Ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit einer Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) sind die Strompreise, zum einen der Bezugstarif, wenn der produzierte Strom selbst verwendet werden kann, zum anderen der Stromabgabtarif für die Rückspeisung ins Netz. Sowohl beim Bezugstarif wie auch beim Abgabtarif lässt sich eine enorme Bandbreite feststellen (Tab. 3). Als Tendenz lässt sich ableiten, dass der Rückgabepreis rund die

**Tabelle 3: Stromtarife der erhobenen Anlagen in Rappen pro kWh**

	Tag	Nacht		
	Durch- schnitt	Band- breite	Durch- schnitt	Band- breite
Bezugstarif	14.5	10.4–25.0	8.0	4.8–14.5
Abgabestarif				
Sommer	8.5	5.5–25.0	3.9	3.0–5.5
Winter	9.3	5.5–25.0	4.2	3.2–5.3

Hälften des Bezugspreises ausmacht. In einem Fall sind der Bezugs- und der Rückgabepreis identisch (25 Rp/kWh).

Besonders interessant ist der Einsatz einer Wärme-Kraft-Kopplung um Leistungsspitzen zu brechen. In sechs der registrierten Fälle muss nämlich ein Leistungstarif von Fr. 6.– bis Fr. 20.–/kW bezahlt werden.

### Wirtschaftlichkeit

Wie wir eingangs schon angetönt haben, ist es volkswirtschaftlich sinnvoll, aus Biogas Strom zu erzeugen. In vielen Fällen sind aber heute die Umwandlungskosten von Biogas in Strom höher, als dem Landwirt vom Elektrizitätswerk vergütet wird. Er lässt deshalb einen Teil des Gases lieber unge-

nutzt über das Dach entweichen, als dass er für die nützliche Stromproduktion noch Geld investiert.

Für uns gilt es deshalb ganz klar, Strompreise für die Rückspeisung ins Netz anzustreben, welche die Umwandlungskosten decken.

Aufgrund der erhobenen Angaben lässt sich approximativ die Wirtschaftlichkeitsgrenze mindestens für den Fall der Totem annähern.

Die in Tabelle 4 berechneten Umwandlungskosten von 15.3 Rp./kWh reduzieren sich natürlich noch um die Kosten der tatsächlich verwendeten Wärmeenergie. Im Sommer, wenn die Stromproduktion für den Landwirt besonders interessant ist, reduziert sich der Wärmebedarf im wesentlichen auf die Fermenterbeheizung und das Brauchwarmwasser, das heisst auf rund 40% des produzierten Gases, oder auf 21.4 kWh pro Betriebsstunde des Totem. Unter Annahme eines mittleren Betriebes von rund 30 GVE ergeben sich Heizkosten für einen atmosphärischen Brenner von rund 9 Rp/m<sup>3</sup> oder 32 Rappen pro Betriebsstunde des Totem, welche in Abzug gebracht wer-

**Tabelle 4: Totemkosten gemäss Angaben von Saurer und LBA**

<b>Investitionskosten</b>	
Totem Typ Standart E5	Fr. 14'970.–
Kontrollzentrale	Fr. 1'960.–
Verbindungskabel	Fr. 120.–
	Fr. 17'050.–
 <b>6.2% WUST</b>	
Inbetriebnahme	Fr. 1'050.–
Transportanteil	Fr. 500.–
<b>TOTAL</b>	Fr. 17'770.–
 <b>Anschlüsse (Durchschnittswerte)</b>	
Heizung (inkl. Auspuff)	Fr. 2'000.–
Gas	Fr. 500.–
Elektrisch (inkl. Zähler und Hauptschalter)	Fr. 2'000.–
<b>GESAMTTOTAL</b>	Fr. 23'270.–
 <b>Produktionskosten</b>	
Garantierte Laufzeit	30'000 Stunden
Amortisation	Fr. 0.78 pro Betriebsstunde
Kapitalverzinsung (Laufzeit 5 Std./Tag) a)	Fr. 0.37 pro Betriebsstunde
Service-Abonnement	Fr. 0.70 pro Betriebsstunde
Total Kosten	Fr. 1.85 pro Betriebsstunde
Stromkosten a) (ohne Berücksichtigung der Wärme)	Fr. 15.3 pro kWh

a) berechnet gemäss Angaben der Umfrage

den können. Die tatsächlichen Umwandlungskosten reduzieren sich damit auf Fr. 1.53 pro Betriebsstunde oder auf 12.6 Rp/kWh.

Dies ist also der heutige Preis, den es für die Rückspeisung ins Netz anzustreben gilt. Diese Forderung scheint vernünftig, wenn

man bedenkt, dass jede kWh, die neu erschlossen werden muss, bereits heute ab Werk rund 20 Rappen kostet. Dass dieser Preis auch praktisch erreicht werden kann, zeigen die drei der 14 ausgewerteten Anlagen, bei denen dieser Ansatz übertroffen bzw. nur knapp nicht erreicht wird.

## **Vorführung von Zuckerrüben-Erntemaschinen in Witzwil**

Am 21. September 1982 organisierte der VLG Bern in Witzwil eine grosse Vorführung von Zuckerrüben-Erntemaschinen, der einige hundert Rübenpflanzer aus der ganzen Schweiz beiwohnten. Die Veranstaltung fiel mit dem Beginn der diesjährigen Zuckerrübenkampagne zusammen.

### **Wirtschaftlich von grossem Interesse**

Für zahlreiche kleinere und mittlere Bauernbetriebe, wie sie bei uns vorherrschen, haben die Zuckerrüben eine grosse wirtschaftliche Bedeutung, liegt doch der durchschnittliche Hektarenertrag mit 7791 Franken über jenem von Raps, Getreide, Kartoffeln und Futterbau. Bis vor zwanzig Jahren hatten die Zuckerrüben nur einen kleinen Anteil an der Produktion. 1960 wurden in der Schweiz erst 5300 Hektaren Zuckerrüben gepflanzt. Für 1982 beträgt diese Fläche 15'000 Hektaren. Ein weiteres Kontingent von 2000 Hektaren ist vom Bundesrat für 1983 freigegeben worden. Diese zusätzlichen 2000 Hektaren sind aber bereits verteilt, viele Bauern warten noch auf eine Zuteilung eines zusätzlichen Kontingentes. Bevorzugt wurden diesmal jene Bauern, die auf die Milchproduktion verzichten wollen. Für die Ernte 1981 haben die beiden Zuckerfabriken Aarberg und Frauenfeld den Zuckerrübenpflanzern den Betrag von 134,7 Millionen Franken ausbezahlt (1980: 106,8 Millionen). Angestrebt wird eine Zuckerrübenfläche von 20'000 Hektaren. Da der Versorgungsgrad mit Zucker in unserem Land erst bei 50% liegt, bestehen

bei den Zuckerrüben noch einige Ausdehnungsmöglichkeiten.

### **Der technische Fortschritt im Zuckerrübenbau**

Die Technik hat im Zuckerrübenbau in den letzten zwanzig Jahren enorme Fortschritte erzielt. Fortschritte, die es heute auch ermöglichen, dass grosse Flächen Zuckerrüben gepflanzt werden können. 1960 wurden für eine Hektare Zuckerrüben noch 850 Stunden Handarbeit benötigt. Gegenwärtig rechnet man für die gleiche Fläche nur noch mit 200 Stunden. Der Mensch kann hier durch die Technik noch auf keinen Fall ganz ersetzt werden, obwohl die Zuckerrübenernte sozusagen überall vollmechanisiert durchgeführt wird. Dafür steht den Pflanzern ein grosses und vielseitiges Angebot an Maschinen zur Verfügung, Maschinen, die alle gut arbeiten, denn bei der grossen Konkurrenz sind die Fabrikanten gezwungen, Maschinen zu liefern, die den hohen Anforderungen gerecht werden. Dabei muss in Kauf genommen werden, dass die Boden- und Wetterverhältnisse bei der Ernte auch einen Einfluss auf die Arbeit der Maschinen ausüben. Beim derzeitigen Einsatz von immer grösseren und leistungsfähigeren Maschinen muss auch der Bodenverdichtung grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden.

### **Das Problem der Rübenerde**

Nach wie vor stellt sich bei der Zuckerrübenrente das Problem des Erdbesatzes.