

# **ENERGIE AUS BIOMASSE**

**WEIL IN ORGANISCHEN  
ABFÄLLEN UND HOLZ  
VIEL DRIN STECKT**



**energie schweiz**

Unser Engagement: unsere Zukunft.

# INHALT

---

MULTITALENT BIOMASSE .....	4
GESCHICHTEN DRUMHERUM	
• Zu Besuch bei Meiers, den Biomüllsammlern .....	8
• Warum zwei Romands Hofdünger in Energie umwandeln .....	12
• Wie aus Kuhfladen und Holz eine unabhängige Energieregion entsteht.....	16
UND WAS BRINGT DAS? .....	10
WO STEHT BIOMASSE IN DER SCHWEIZER ENERGIEVERSORGUNG? .....	14
SETZEN SIE SICH EIN FÜR MEHR ENERGIE AUS BIOMASSE .....	19

# NACHHALTIGER ALLESKÖNNER

---

Liebe Leserin, lieber Leser

Weggeworfene Orangenschalen, Kuhmist oder Holz – in zahlreichen organischen Abfällen und in Wald- und Restholz steckt wertvolle Energie. Energie aus Biomasse ist erneuerbar und gilt als CO<sub>2</sub>-neutral. Und in der Schweiz als rundum nachhaltig. Denn Biomasse kommt zuerst als Nahrungs- oder Futtermittel bzw. als Baustoff zum Einsatz; erst danach wird Energie aus ihr gewonnen. Hier führt deshalb die Energieproduktion aus Biomasse dazu, dass organische Abfälle und lokale Rohstoffe wie Holz sinnvoll weitergenutzt werden; gleichzeitig entstehen Arbeitsplätze vor Ort und die regionale Wertschöpfung erhöht sich.

Unter erneuerbarer Energie gilt Biomasse als der Alleskönner: Mit ihr ist die Produktion von Strom, Wärme und Treibstoff möglich. Die Wärme, die bei der Stromproduktion aus Biogas anfällt, lässt sich für die Beheizung von Prozessen oder ganzen Gebäuden nutzen. Biogas kann aber auch zu Biomethan aufbereitet und ins Erdgasnetz eingespeist werden; ortsunabhängig steht es dann als Stromlieferant, Heizenergie oder Treibstoff für Erdgasautos zur Verfügung. Weil Energie aus Biomasse so flexibel ist, kann sie dort eingesetzt werden, wo der Gesamtwirkungsgrad am höchsten ist.

Trotz dieser vielen Mehrwerte wird immer noch zu wenig aus Biomasse gemacht. Tragen auch Sie dazu bei, dass mehr Energie aus Biomasse gewonnen wird! In dieser Broschüre zeigen wir Ihnen auf, weshalb sich Ihr Einsatz lohnt und wo er besonders gefragt ist. Treten Sie ein in die gute Stube von Familie Meier. Dort landen organische Haushaltsabfälle nicht nur im grünen «Kübeli», sondern auch in der Heizung. Besuchen Sie Monsieur Millo und Monsieur Zeller, die mit ihrer Biogasanlage das Klima schützen, Stoffkreisläufe schliessen und zusätzliche Erträge erwirtschaften. Und machen Sie sich ein Bild über die unabhängige Energieregion im Schwyzer Talkessel, welche die Agro Energie Schwyz AG ins Leben gerufen hat.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre.



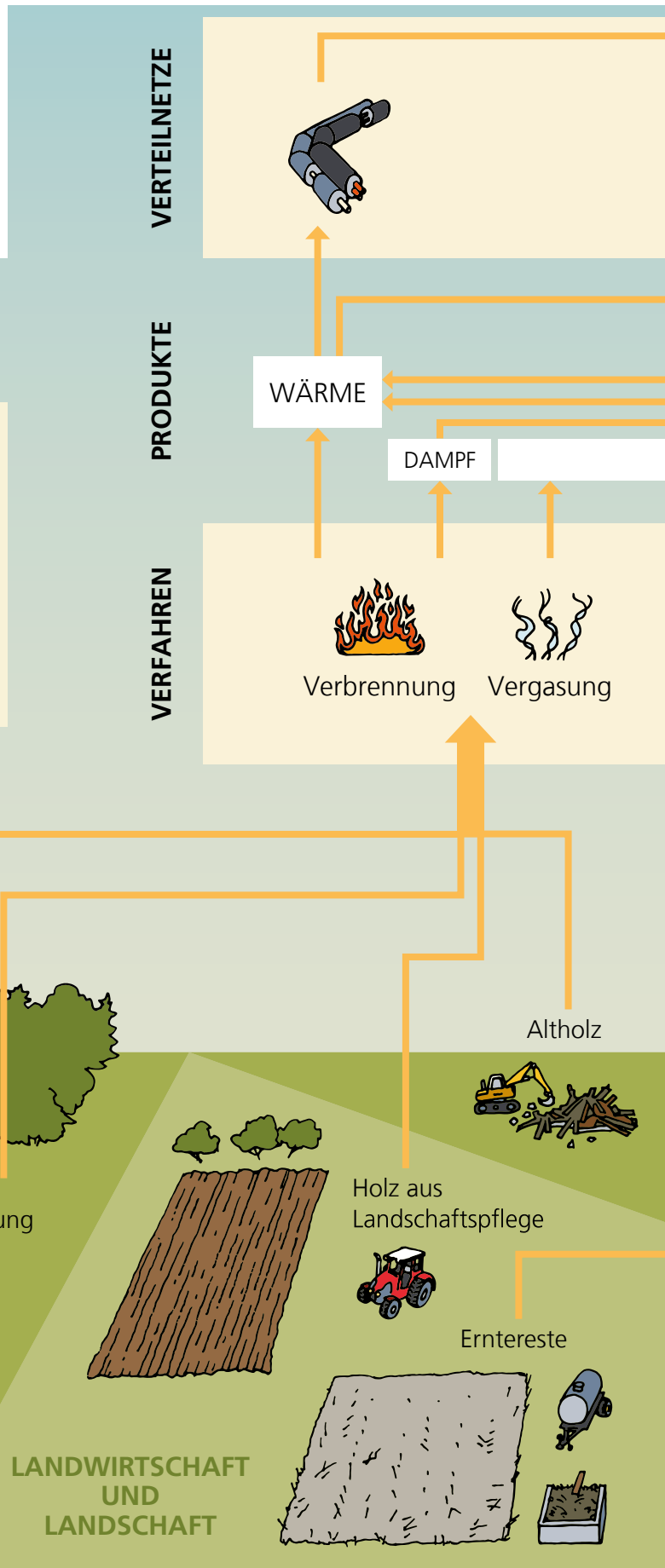
Daniel Büchel, Vizedirektor des Bundesamtes für Energie (BFE) und Leiter des Programms EnergieSchweiz

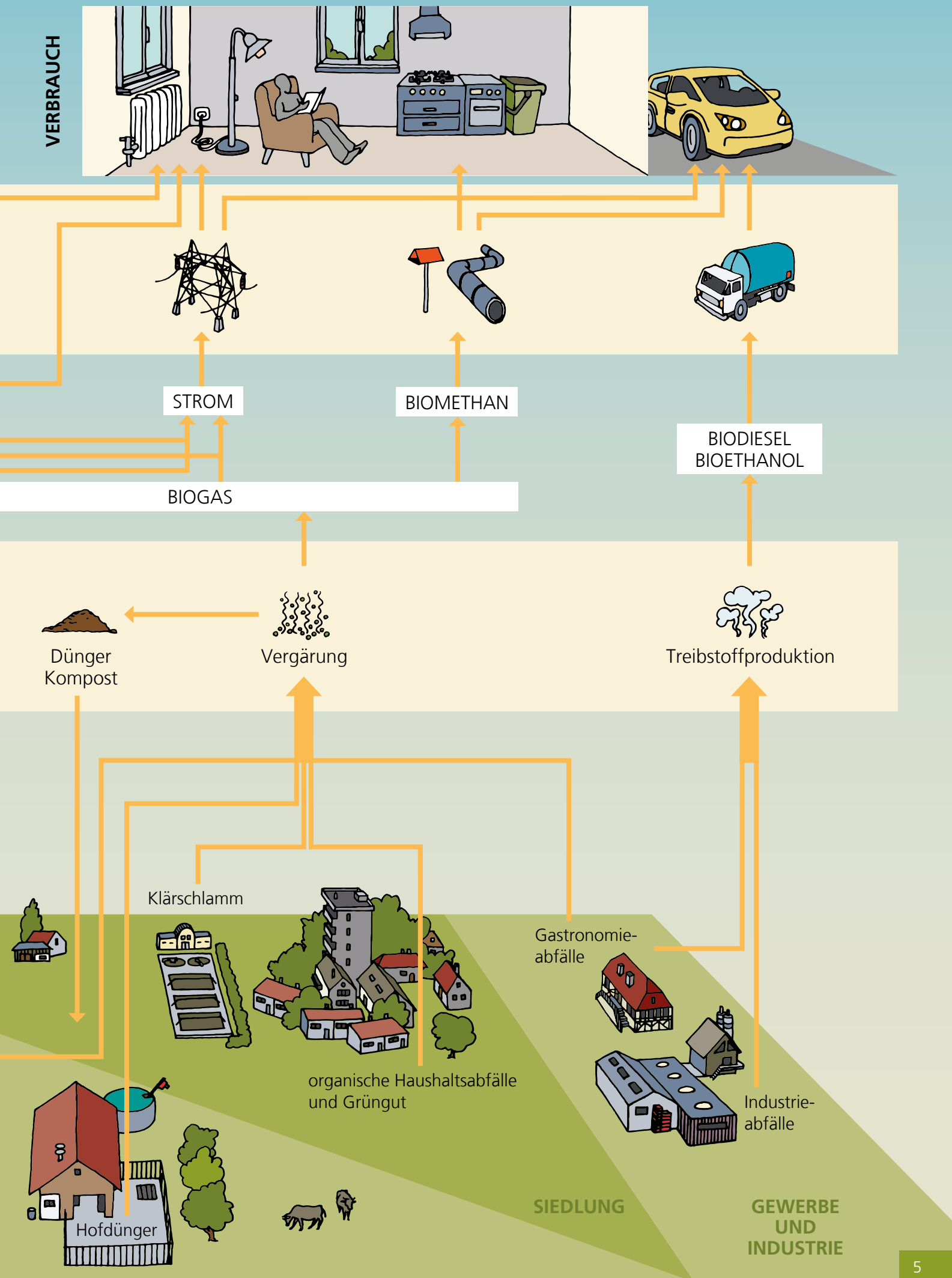


# MULTITALENT BIOMASSE

Biomasse ist ein wahres Multitalent. Ob im Rüstabfall von Haushalten, im Hofdünger von Landwirten oder in nicht genutztem Holz: In all dieser Biomasse steckt wertvolle Energie, mit der sich Strom, Wärme und Treibstoff gewinnen lassen. Und das erst noch erneuerbar und CO<sub>2</sub>-neutral.

**Anmerkung zur Grafik:** Um das Thema Energie aus Biomasse auf eine verständliche Weise zu vermitteln, vereinfacht die Grafik die komplexen Sachverhalte stark. Die energetische Nutzung von Biomasse in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) in der Schweiz wurde in dieser Grafik und in der gesamten Broschüre bewusst ausgeklammert, um den Komplexitätsgrad nicht zusätzlich zu erhöhen.





---

## **STROM, WÄRME UND TREIBSTOFF: AUS EINER QUELLE, ERNEUERBAR UND CO<sub>2</sub>-NEUTRAL**

Mit Rüstabfällen bügeln, mit Waldholz die Wohnung heizen und mit altem Frittieröl Auto fahren: Energie aus Biomasse macht all dies möglich. Doch was ist eigentlich Biomasse? Wo fällt sie an? Wie entstehen daraus Strom, Wärme und Treibstoff? Und weshalb sind sie erneuerbar und CO<sub>2</sub>-neutral?

Als Biomasse wird alles nachwachsende, organische Material bezeichnet. Dazu gehören alle Stoffe pflanzlicher und tierischer Herkunft. Energie aus Biomasse ist erneuerbar, weil sie aus nachwachsendem, organischem Material von Pflanzen oder Tieren stammt. Als CO<sub>2</sub>-neutral gilt sie, da bei der Energieerzeugung maximal so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, wie die Pflanzen davor mit der Fotosynthese bereits gebunden haben.

Biomasse, die sich zu Energie weiterverarbeiten lässt, kommt in diversen Bereichen vor: in der Forstwirtschaft, in der Landwirtschaft, in Siedlungen sowie im Gewerbe und in der Industrie. Je nach Art der Biomasse – ob holzartig und trocken oder wenig verholzt und nass – und dem Umwandlungsverfahren resultieren Strom, Wärme oder Treibstoff.

## **VIELE ORGANISCHE ABFÄLLE EIGNEN SICH FÜR ENERGIE AUS BIOMASSE**

Biogas entsteht durch die Vergärung nichtholzhaltiger Biomasse. Dazu zählen organische Abfälle wie zum Beispiel Grüngut und Rüstabfälle aus Siedlungen, Erntereste und Hofdünger (Gülle, Mist) aus der Landwirtschaft oder Speisereste aus der Gastronomie. Im Gewerbe und in der Industrie bleiben oft Rückstände aus der Lebensmittelverarbeitung zurück. In Abwasserreinigungsanlagen entsteht Klärschlamm. All diese Stoffe lassen sich zu Energie umwandeln. Auch Energiepflanzen wie Raps oder Mais eignen sich theoretisch für die Vergärung. In der Schweiz passiert dies jedoch aus Gründen der Nachhaltigkeit nicht. Auf Agrarflächen ist keine Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion gewünscht.

Durch die Vergärung in einer Biogasanlage wird aus den organischen Abfällen Biogas gewonnen. Damit kann entweder in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) Strom und Wärme erzeugt werden. Oder das Biogas kann zu Biomethan aufbereitet und anschliessend ins Erdgasnetz eingespeist werden. Es steht dann wiederum für die Strom- und Wärmeproduktion oder als Treibstoff zur Verfügung.

Bei der Vergärung bleiben immer Reste zurück. In diesem so genannten Gärgut sind die Nährstoffe aus den organischen Abfällen noch enthalten. Das Gärgut kann als Dünger oder Kompost in der Landwirtschaft und im Gartenbau eingesetzt werden. Wird aus vergärbaren, organischen Abfällen Energie gewonnen, schliessen sich also auch Stoffkreisläufe.

## **HOLZ, DAS SONST LIEGEN BLEIBT**

Aus Holz wird Energie hauptsächlich durch Verbrennung gewonnen. Das Energieholzsortiment umfasst naturbelassenes Waldholz, Restholz aus der Holzverarbeitung oder Altholz, das beispielsweise auf einer Baustelle bei einem Gebäudeabbruch anfällt. Auch Holz aus der Landschaftspflege, wie Baum- und Strauchschnitt oder Reste aus der Pflege von Hecken an Strassenrändern und Parkanlagen, kann zum Energieholz gezählt werden.

Das wichtigste Energieholzsortiment in der Schweiz ist das Waldholz. Dieses stammt von qualitativ minderwertigen Bäumen, die sich nicht für Bau- oder Möbelholz nutzen lassen. Der Verbrauch von Waldholz könnte problemlos verdoppelt werden, ohne die Wälder zu übernutzen.

Energieholz wird in Form von Schnitzeln, Stückholz oder Pellets meistens zu Wärme umgewandelt. In vielen Fällen passiert dies direkt im Gebäude des Endverbrauchers in Zimmeröfen, Pelletöfen, Holzkochherden, Kachelöfen oder Zentralheizungen. Daneben gibt es einige Anlagen, die mithilfe von Dampf neben Wärme auch Strom erzeugen. Dazu wird bei der Verbrennung von Holz Wasser oder Thermoöl erhitzt. Der Dampf, der dabei entsteht, wird in einer Turbine zu Strom umgewandelt; die Restwärme lässt sich z.B. durch ein Fernwärmenetz nutzen.

Energie aus Holz kann nicht nur mittels Verbrennung, sondern auch durch Vergasung erzeugt werden. Dabei entsteht ein erneuerbares Gas, das dem Biogas sehr ähnlich ist. Genau wie bei der Vergärung lässt sich dieses dann zur Produktion von Strom und Wärme nutzen.

### **BIOTREIBSTOFFE: SCHWEIZ VERWENDET NUR ABFALLPRODUKTE**

Zu Biotreibstoffen gehören Biodiesel und Bioethanol. Biodiesel wird aus ölhaltiger Biomasse hergestellt. In Frage kommen beispielsweise altes Frittieröl aus der Gastronomie oder tierische Fette aus der Industrie.

Bioethanol wird aus zucker- und stärkehaltiger Biomasse wie zum Beispiel Zuckerrüben, Zuckerrohr, Kartoffeln, Weizen oder Mais hergestellt. Es entsteht auch als Nebenprodukt in der Holzraffinerie.

Biotreibstoffe werden über Tanklastwagen an verschiedene Tankstellen verteilt. Auch sie können aus eigens für Energiezwecke produzierten Pflanzen gewonnen werden. In der Schweiz ist dies jedoch nicht der Fall. Denn hier gilt das «Teller-Trog-Tank»-Prinzip: Pflanzen werden zuerst als Nahrungs- oder Futtermittel genutzt und nur was übrig bleibt, also die Pflanzenreste bzw. organischen Abfälle, dürfen für die Produktion von Energie verwendet werden. Diese Regelung gilt auch für den Import. Aus dem Ausland gelangen deshalb ausschliesslich Treibstoffe aus organischen Abfälle in die Schweiz.

### **DORT, WO ES AM MEISTEN SINN MACHT**

Wer Energie aus Biomasse einsetzt, sollte darauf achten, dass ein möglichst hoher Gesamtnutzungsgrad erzielt wird. Ein BHKW wandelt zum Beispiel 40 Prozent der Energie des Biogases in Strom um; 60 Prozent der Energie fällt als Wärme an. Diese kann für die Beheizung von Prozessen oder ganzen Gebäuden genutzt werden. Der Gesamtwirkungsgrad erhöht sich damit deutlich. Wer die Wärme nicht weiterverwendet, kann einen höheren Wirkungsgrad erzielen, indem er das Biogas zu Biomethan aufbereitet und anschliessend ins Erdgasnetz einspeist.

## **BIOGAS**

### **Das eignet sich:**

- Aus Siedlungen: Rüstabfälle und Grüngut
- Aus der Landwirtschaft: Hofdünger und Ernterückstände
- Aus Gewerbe und Industrie: Speisereste, Rückstände aus der Lebensmittelverarbeitung oder Fleischverarbeitungsabfälle
- Aus Abwasserreinigungsanlagen: Klärschlamm

**Produkte:** Strom, Wärme, Treibstoff

## **BIOTREIBSTOFFE**

### **Das eignet sich:**

Für Bioethanol:

- Aus Gewerbe und Industrie: zuckerhaltige Abfälle

Für Biodiesel:

- Aus dem Gewerbe: altes Frittieröl
- Aus der Industrie: tierische Fette

**Produkt:** Treibstoff

## **ENERGIEHOLZ**

### **Das eignet sich:**

- Aus der Forstwirtschaft: naturbelassenes Waldholz und Restholz aus der Holzverarbeitung
- Aus Siedlungen: Altholz
- Aus der Landwirtschaft: Holz aus der Landschaftspflege

**Produkte:** Strom, Wärme, Treibstoff

# ZU BESUCH BEI MEIERS, DEN BIOMÜLLSAMMLERN

---

ORGANISCHE HAUSHALTSABFÄLLE LANDEN BEI FAMILIE MEIER AUS NÄNIKON NICHT NUR IM GRÜNEN «KÜBELI», SONDERN AUCH ALS AUFBEREITETES BIOGAS IN DER HEIZUNG. WIE DAS GEHT UND WARUM SIE DAS TUN, ERZÄHLEN MARTIN, REGULA, LUCA, SILVAN UND NINO IN IHRER GEMÜTLICHEN STUBE.

## **ABFALL TRENNEN, WEIL ES SELBSTVERSTÄNDLICH IST**

Bananenschalen, «Öpfelbitzki» oder Kaffeesatz – bei Familie Meier aus Nänikon bei Uster landen ausnahmslos alle organischen Haushaltsabfälle im grünen «Kübeli». Lässig finden sie, dass sie dort auch Speisereste wie Käserinde, altes Brot oder Fettabschnitte vom Kotelett entsorgen dürfen. Ihr Kehrichtsack enthält dadurch rund einen Drittel weniger Abfall, wodurch weniger Kehrichtgebühren anfallen. Der Spareffekt steht jedoch für Martin und Regula und ihre Kinder Luca, Silvan und Nino absolut nicht im Vordergrund. «Für uns ist das einfach selbstverständlich und gehört zum Alltag dazu», erzählt Regula. «Toll finden wir, dass die Stadt Uster aus unserem Biomüll erneuerbare Energie in Form von Biogas gewinnt.» So gut, dass Meiers 20 Prozent Biogas von Energie Uster beziehen. «Damit landet der Biomüll, den wir sammeln, indirekt wieder in unserer Heizung», lacht Martin.

## **WIE DAS «ÖPFELBITZKI» ZU BIOGAS WIRD**

Doch wie entsteht aus den organischen Haushaltsabfällen von Meiers eigentlich Biogas? Luca, Silvan und Nino reden alle zuerst einmal durcheinander, weil sie das so faszinierend finden: «Einmal pro Woche fährt ein Lastwagen vorbei, der alle Haushalts- und Gartenabfälle rund um Uster einsammelt und in der Biogasanlage in Volketswil ablädt», berichtet Silvan. «Ein elektronisch gesteuerter Kran befördert sie in den Shredder, wo sie zerkleinert werden», erzählt Nino weiter. «Dann kommen die Abfälle in den Fermenter, wo sie zu Biogas vergärt werden», ergänzt Luca. Dieses wird zu Biometan aufbereitet und in das öffentliche Gasnetz eingespeist. Es kann dann zum Beispiel für die Beheizung von Gebäuden oder als Treibstoff für Fahrzeuge genutzt werden. Darüber hinaus werden die organischen Abfälle nicht nur energetisch, sondern auch stofflich weitergenutzt: Nach der Vergärung bleibt das Gärgut zurück; als nährstoffreicher Naturdünger kommt es in der Landwirtschaft und im Gartenbau zum Einsatz.





### UMWELT UND BUDGET UNTER EINEN HUT GEBRACHT

Eine gute Sache, findet Familie Meier. Deshalb hat sie im Oktober 2012 beschlossen, ihre bestehende Gasheizung mit 20 Prozent Biogas zu betreiben. «Als wir vor etwa einem Jahr die Heizung erneuerten, haben wir uns vorher gut überlegt, ob wir vollständig auf erneuerbare Energien umstellen», berichtet Martin. Für das alte Riegelhaus im Dorfkern kam jedoch nur eine beschränkte Anzahl an Möglichkeiten in Frage. «Wir prüften zum Beispiel, mit Pellets zu heizen. Doch hätte dies in unserem Fall massive bauliche Anpassungen für ein Holzlager erfordert und damit sehr hohe Mehrkosten verursacht.» Schliesslich hat sich die Familie dazu entschieden, eine kleinere Gasheizung einzubauen. Vorher hat sie alle alten Fenster ersetzt und das Dach besser gedämmt, damit weniger Wärme verpufft. Sonnenkollektoren liefern neu einen Teil des Warmwassers. «Ganz glücklich sind wir nicht damit, dass wir immer noch zu 80 Prozent mit fossiler Energie heizen», erläutert Regula. Denn Meiers legen Wert auf einen nachhaltigen Lebensstil: Sie besitzen kein Auto, kaufen Biogemüse und -fleisch beim Bauernhof um die Ecke und fliegen bewusst höchstens alle fünf Jahre nach Übersee. Durch die besser gedämmte Gebäudehülle und die effizientere Heizung benötigt die Familie heute insgesamt viel weniger Gas. «Unter dem Strich haben wir es gut hingekriegt, bei

Silvan, Luca, Regula, Nino und Martin (von links nach rechts) begeistert es, wie man aus Abfall wertvolles Biogas gewinnen kann. Ihren Biomüll verwerten sie deshalb bis zum letzten Rest. Am Ende des Tages landet er natürlich nicht auf der Spielfläche, sondern in der Heizung der Familie. Denn Meiers beziehen 20 Prozent Biogas vom Energieversorger vor Ort.

der Beheizung ökologische Anliegen und ein beschränktes Budget unter einen Hut zu bringen», blickt Martin zurück. Die 20 Prozent Biogas von Energie Uster bezieht die Familie weiterhin – auch wenn es etwas teurer ist als herkömmliches Gas. Und bereits hecken Meiers den nächsten Plan aus: Eine Fotovoltaikanlage auf dem Dach des alten Bauernhauses soll künftig den Grossteil des Stroms liefern.

# UND WAS BRINGT DAS?

---

ENERGIE AUS BIOMASSE HAT VIEL ZU BIETEN: SIE IST CO<sub>2</sub>-NEUTRAL, SCHLIESST STOFFKREISLÄUFE UND ERHÖHT DIE LOKALE WERTSCHÖPFUNG. ALS EINZIGE ERNEUERBARE ENERGIE KANN MIT IHR STROM, WÄRME UND TREIBSTOFF PRODUZIERT WERDEN. BIOGAS IST SOGAR SPEICHERBAR UND DIE NUTZUNG VON ENERGIEHOLZ HILFT DEM WALD. TROTZDEM KURSIEREN VORURTEILE, DENEN HIER WIDERSPROCHEN WERDEN SOLL.

## KLIMAFREUNDLICHER ALLESKÖNNER

Biomasse ist die einzige erneuerbare Energie, mit der sich gleichzeitig Strom, Wärme und Treibstoff herstellen lassen. Erneuerbar ist sie, weil die Rohstoffe dafür ausschliesslich aus Pflanzen oder organischen Abfällen stammen. Weil bei der energetischen Nutzung gleich viel CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, wie die Pflanzen während des Wachstums gebunden haben, gilt sie als CO<sub>2</sub>-neutral.

Nicht nur deshalb ist sie wirklich klimafreundlich – auch der Anteil an grauer Energie ist minim: Waldholz sowie organische Abfälle müssen kaum verarbeitet werden, um daraus Energie zu gewinnen. Zudem gibt es sie überall in der Schweiz. Die Transportwege sind deshalb kurz.

Wer anstatt fossiler Energien CO<sub>2</sub>-neutrale Biomasse nutzt, leistet einen wichtigen Beitrag an die Schweizer Klimaziele. Energie aus Biomasse reduziert nämlich nicht nur CO<sub>2</sub>-, sondern auch Methanemissionen: Wird aus Hofdünger Energie gewonnen, werden Gülle und Mist nicht mehr in Güllegruben oder auf Mistplätzen offen gelagert, sondern in der Biogasanlage in einem geschlossenen System verarbeitet.



## GESCHLOSSENE STOFFKREISLÄUFE

Wer Energie aus Biomasse nutzt, schliesst auch Stoffkreisläufe: Werden organische Abfälle zu Biogas vergärt, bleiben immer organisches Material und wichtige Nährstoffe zurück. Dieses sogenannte Gärgut kann in der Landwirtschaft und im Gartenbau als nährstoffreicher Naturdünger oder als Kompost eingesetzt werden. Aufwändig produzierten Kunstdünger braucht es dann nicht mehr.

Auch wenn Holz zur Energiegewinnung verbrannt wird, entstehen positive Nebeneffekte: Der Wald filtert das Wasser und die Luft von Schwermetallen und Schadstoffen. Nach

der Verbrennung fallen diese Stoffe konzentriert in der Holzasche an. Dadurch können sie dem Kreislauf entnommen und einer Deponie zugeführt werden.



## MEHR LOKALE WERTSCHÖPFUNG

In der Schweiz kommen Energieholz und organische Abfälle zum Einsatz, um Energie aus Biomasse zu produzieren. Damit werden lokale Rohstoffe genutzt und Reststoffe sinnvoll weiterverwertet. Dies schafft und erhält Arbeitsplätze in der Region und stärkt die lokale Wertschöpfung. Finanzielle Mittel, die in Energie aus Biomasse investiert werden, bleiben in der Schweiz und fließen nicht ins Ausland ab.



## WETTERUNABHÄNGIG UND SPEICHERBAR

Unabhängig davon, ob die Sonne scheint oder ob es regnet – die Produktion von Energie aus Biomasse ist wetterunabhängig.

Und Biogas ist sogar speicherbar: für kurze Zeit auf einer Anlage selbst, für lange Zeit als aufbereitetes Biomethan im Erdgasnetz. Ob als Strom, Wärme oder Treibstoff – das Gas kann dann überall dort in der Schweiz zum Einsatz kommen, wo gerade Bedarf besteht.

Der grösste Energiespeicher aber ist unser Wald. Mit der Energie, die dort drinsteckt, könnten über 110 Milliarden Liter Heizöl ersetzt werden.



## KONFLIKTE MIT NAHRUNGSMITTELN

Führt die Produktion von Energie aus Biomasse zur Konkurrenz mit Nahrungsmitteln? Nein, in der Schweiz sicher nicht. Konflikte mit Nahrungsmitteln können dann auftreten, wenn Energiepflanzen auf Flächen angebaut werden, die für die



Nahrungsmittelproduktion geeignet sind. Hierzulande ist dies nicht der Fall; denn für die Energieproduktion kommen primär organische Abfälle oder Waldholz zum Einsatz. Im Sinne des «Teller-Trog-Tank-Prinzips» legt die Schweiz hohen Wert darauf, dass Biomasse zuerst Nahrungsmittel und Baustoff ist, dann als Futtermittel und erst in einem dritten Schritt energetisch eingesetzt wird. Dieses Prinzip hat der Bund in seiner Biomassestrategie festgeschrieben.

### **ABHOLZUNG DER WÄLDER**

Führt die Nutzung von Energieholz zur Abholzung unserer Wälder? Nein, das Schweizer Waldgesetz schreibt vor, dass nie mehr Holz aus dem Wald genutzt werden darf, als gleichzeitig nachwächst. Zudem darf die Waldfläche nicht verkleinert werden. Der Verbrauch von Waldholz könnte problemlos verdoppelt werden, ohne die Wälder zu übernutzen.

### **KEIN HOLZ MEHR FÜR MÖBEL**

Gibt es bald kein Holz mehr für Möbel, weil der ganze Wald zur Energieproduktion umfunktioniert wird? Nein, in den Schweizer Wäldern wird viel qualitativ hochwertiges Nutzholz produziert. Dabei fallen immer auch minderwertige Holzsortimente an. Nur dieser Teil des Waldholzes wird für die Energieproduktion eingesetzt. Das ist sogar gut für die Waldpflege und schafft attraktive Absatzmöglichkeiten für die qualitativ minderwertigen Holzsortimente.

### **MEHR FEINSTAUB**

Werden Feinstaubemissionen erhöht, wenn mit Holz Energie erzeugt wird? Nein, nur alte oder schlecht betriebene Holzfeuerungen haben hohe Feinstaubemissionen. Deshalb verlangt die Luftreinhalte-Verordnung die Einhaltung tiefer Grenzwerte und für grössere Anlagen den Einbau von Feinstaubfiltern. Die Sanierung betroffener Anlagen ist heute weitgehend abgeschlossen. Bei kleinen Anlagen und Wohnraumfeuerungen sind das richtige Anfeuern und der richtige Betrieb entscheidend für eine schadstoffarme Verbrennung.

### **SCHLECHTE GERÜCHE VON BIOGASANLAGEN**

Ist die Produktion von Biogas mit schlechten Gerüchen verbunden? Nein, viele Biogasanlagen befinden sich aber auf Bauernhöfen und verarbeiten Gülle und Mist. Diese tierischen Exkrememente können Geruchsemissionen bewirken. Das hat aber nichts mit der Biogasanlage zu tun. Im Gegenteil: Vergorene Hofdünger riechen wesentlich weniger. Werden organische Abfälle zu lange und unsachgemäss gelagert, können unerwünschte Gerüche entstehen. Diese können aber durch bauliche, technische und betriebliche Massnahmen einfach reduziert werden.

# WARUM ZWEI ROMANDS HOFDÜNGER IN ENERGIE UMWANDELN

---

CHARLES MILLO UND MARC ZELLER HOLEN AUS GÜLLE UND MIST RUND UM SATIGNY (GE) VIEL HERAUS. MIT IHRER BIOGASANLAGE SCHÜTZEN SIE DAS KLIMA, SCHLIESSEN STOFFKREISLÄUFE UND ERWIRTSCHAFTEN ZUSÄTZLICHE ERTRÄGE.

## WIE AUS EINER IDEE EINE BIOGASANLAGE ENTSTAND

«Welche Energie macht mich unabhängig von ausländischen Importen, ist klimafreundlich und zahlt sich längerfristig aus?», fragte sich Charles Millo aus Vernier bei Genf bereits um die Jahrtausendwende. Sein Gewächshaus beheizte er damals ausschliesslich mit Erdgas. Millo wollte jedoch eine erneuerbare Energie verwenden, die in der Schweiz reichlich zur Verfügung steht. Sorgfältig nahm er verschiedene Möglichkeiten unter die Lupe. Sein Interesse weckte das Biogas, welches durch die Vergärung von organischen, nichtholzhaltigen Abfallstoffen hergestellt wird. Gülle und Mist, sogenannter Hofdünger, kommen als Hauptrohstoff für die Biogasproduktion in Frage. Diesen Hofdünger produzierte der Gewächshausbesitzer zwar nicht selbst, doch in der ländlich geprägten Gegend rund um Vernier fällt Hofdünger haufenweise an. Millos Idee war, zusammen mit einem Landwirt eine Biogasanlage zu betreiben, die Strom produziert und gleichzeitig Wärme für sein Gewächshaus liefert. Marc Zeller, einem Milchbauern aus dem Nachbardorf Satigny, erzählte er begeistert von seiner Idee. Energie aus Hofdünger zu gewinnen, erschien ihm eine gute Sache zu sein. «Aber inwiefern zahlen sich meine Investitionen in die Biogasanlage auch aus?», war die zentrale Frage, die Zeller beschäftigte. Millo skizzierte sein gut durchdachtes Konzept. Die vielfältigen Mehrwerte einer Biogasanlage und das zusätzliche Einkommen waren die Argumente, die den Landwirt schliesslich überzeugten. Ein Handschlag und im Jahr 2008 war der Zwei-Mann-Betrieb «biogaz mandement» geboren. Vier Jahre später floss das erste Biogas.

## MEHR ENERGIE, GESCHLOSSENE STOFFKREISLÄUFE

Der Hofdünger der 120 Milchkühe von Zeller hätte zu wenig hergegeben, um Millos Gewächshaus mit Biogas zu beheizen. Heute liefern deshalb acht weitere Landwirte Mist von Schweinen, Rindern und Pferden, aber auch Mühlestaub sowie pflanzliche Reste aus der Weinernte in die Biogasanlage in Satigny. Daneben bringen Restaurants Küchenabfälle, Essensreste und altes Speiseöl. Diese sogenannten Co-Substrate werden zusammen mit dem Hofdünger in der Biogas-

anlage vergärt. Das produzierte Biogas wird anschliessend in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) vor Ort verbrannt. Daraus gewinnen Millo und Zeller rund 3,5 Gigawattstunden Strom pro Jahr. Den Grossteil davon speisen sie in das lokale Netz ein. Das BHKW kann das Biogas nur zu etwa 40 Prozent in Strom und zu etwa 50 Prozent in Wärme umwandeln. Mit der Wärme beheizen Millo und Zeller das Gewächshaus und die Fermenter der Biogasanlage, wo Gülle, Mist und Co-Substrate in Biogas umgewandelt werden. Bewusst vergären sie den Hofdünger zusammen mit den Co-Substraten: In ihnen steckt mehr Energie.

«Biogaz mandement» nutzt nicht nur die Energie, sondern schliesst auch Stoffkreisläufe: Das Gärgut, der stoffliche Rest, der nach der Vergärung übrigbleibt, stellen Millo und Zeller Landwirtschaftsbetrieben als wertvollen Dünger und Bodenverbesserer zur Verfügung. Im Gegensatz zu herkömmlicher Gülle verursacht Gärgülle geringere Geruchsemissionen.

## EHRGEIZIG KLIMAFREUNDLICH

Millo konnte den Gasverbrauch für die Beheizung des Gewächshauses bereits um 70 Prozent verringern, womit sich auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich reduziert haben. Sein Ziel ist, das Gebäude bald nur noch mit der aus dem Biogas gewonnenen Wärme zu beheizen. Dank «Biogaz mandement» konnte Millo nicht nur die CO<sub>2</sub>- sondern auch die Methanemissionen senken. Denn Gülle und Mist werden nicht mehr offen in Güllegruben oder auf Mistplätzen gelagert, sondern in der Biogasanlage in einem geschlossenen System verarbeitet. Dies führt zusammen mit der Beheizung des Gewächshauses dazu, dass der Treibhausgasausstoss des Projekts um rund 1000 Tonnen pro Jahr reduziert werden kann. Auch der Einsatz von Gärgut wirkt sich positiv auf das Klima aus: Es ersetzt Kunstdünger, der ansonsten mit hohem Energie- und Transportaufwand hergestellt werden müsste.

## STROM EINSPEISEN, WENN ER GEBRAUCHT WIRD

Zusammen mit rund 100 Biogas-, aber auch Kleinwasser-, und Fotovoltaikanlagen in der Schweiz ist «biogaz mandement» in ein virtuelles Kraftwerk eingebunden. Damit kön-



nen Millo und Zeller am Regelenergiemarkt teilnehmen und zusätzliche Erträge erwirtschaften. Solche Regelenergie benötigt die nationale Netzbetreiberin Swissgrid sehr kurzfristig, wenn es zu Unregelmässigkeiten im Netz kommt: zum Beispiel im Sommer, wenn das Netz durch Strom von Sonne und Wind stark ausgelastet ist, oder bei unvorhersehbaren Wetterereignissen. Bei Überkapazitäten im Netz drosselt das virtuelle Kraftwerk die Einspeisung. Das Biogas aus den verschiedenen Anlagen wird dann im Speicher zwischengelagert. Die Steuerungszentrale des virtuellen Kraftwerks teilt den einzelnen Anlagen laufend mit, wie viel sie produzieren sollen. Folge ist, dass der Strom nur dann ins Netz eingespeist wird, wenn Swissgrid diesen braucht.

### **GUT FÜRS PORTEMONNAIE**

Heute sind Zeller und Millo stolz darauf, was sie mit «biogaz mandement» alles erreicht haben. Und ihr ursprünglicher Plan hat funktioniert: Dank der Beiträge aus der KEV kann Herr Millo seinen Strom kostendeckend produzieren und spart Geld, weil er kein Gas mehr für die Beheizung des Gewächshauses kaufen muss. Zudem generieren Zeller und Millo mit der Biogasanlage zusätzliche Einnahmen durch die Lieferung von Regelenergie an Swissgrid und durch den Verkauf von Klimazertifikaten.

Charles Millo (links) und Marc Zeller (rechts) gewinnen in ihrer Biogasanlage in Satigny aus Hofdünger Biogas. Den Strom speisen sie ins Netz ein. Mit der Wärme beheizen sie Millos Gewächshaus und die Fermenter der Biogasanlage. Dort werden Gülle und Mist zusammen mit Mühlestaub, pflanzlichen Resten aus der Weinernte, Küchenabfällen, Essensresten und altem Speiseöl in Biogas umgewandelt.

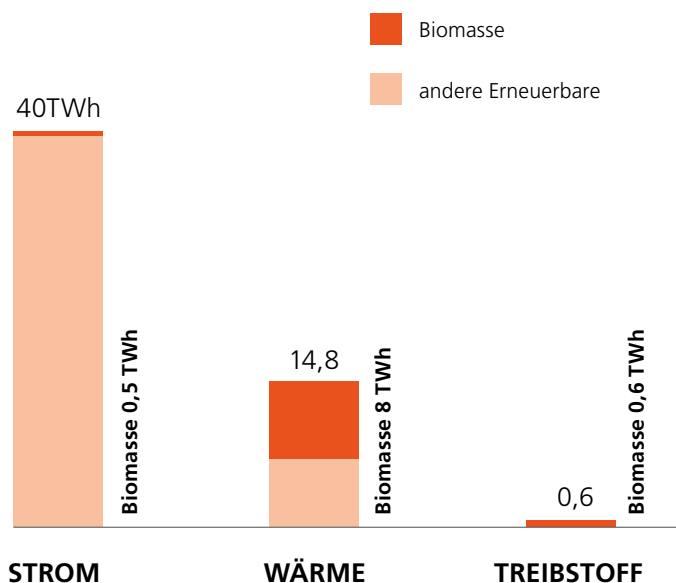
# WO STEHT BIOMASSE IN DER SCHWEIZER ENERGIEVERSORGUNG?

IN BIOMASSE STECKT GLEICHZEITIG WÄRME, STROM UND TREIBSTOFF. HEUTE WIRD SIE IN DER SCHWEIZ UNTER DEN ERNEUERBAREN ENERGIEN AM ZWEITHÄUFIGSTEN GENUTZT. DOCH ES KÖNNTE NOCH VIEL MEHR AUS IHR GEMACHT WERDEN.

## DER ALLESKÖNNER UNTER DEN ERNEUERBAREN

Erneuerbare Energien machten im Jahr 2015 23 Prozent des Endenergieverbrauchs der Schweiz aus. Der Anteil von Biomasse an diesen erneuerbaren Energien beträgt etwa einen Sechstel. Nach der Wasserkraft ist sie die am zweithäufigsten genutzte erneuerbare Energie. Zudem ist sie der Alleskönner unter den Erneuerbaren. Aus Biomasse lassen sich gleichzeitig Strom, Wärme und Treibstoff gewinnen. Gemäss der Schweizerischen Statistik der Erneuerbaren Energien waren es 2015 insgesamt über neun Terawattstunden (TWh): Damit könnten rund 94 000 Haushalte mit Strom und über 615 000 Haushalte mit Wärme versorgt werden. Und knapp 120 000 Personen könnten anstatt mit einem herkömmlichen Auto ein ganzes Jahr lang mit einem reinen Biogas- oder Biodieselfahrzeug unterwegs sein.

## PRODUKTION ERNEUERBARE ENERGIE IN DER SCHWEIZ PRO JAHR (Stand 2015)



## ENERGIEHOLZ SPIELT WICHTIGE ROLLE

Der Löwenanteil der Energie aus Biomasse, etwa 85 Prozent, wird aus Energieholz hergestellt: naturbelassenes Waldholz, Restholz aus der Holzverarbeitung, Altholz oder Holz aus Landschaftspflege. Aus den daraus angefertigten Schnitzeln, Pellets oder aus Stückholz gewinnen fast 600 000 kleine (Gebäude- und Wohnraumheizungen) und grosse Anlagen (Fernwärmeheizzentralen) in der Schweiz Wärme zum Heizen. Zudem gibt es rund 20 Holzheizkraftwerke, die neben Wärme auch Strom erzeugen.

Etwa 10 Prozent der produzierten Energie aus Biomasse stammt aus vergärbare Biomasse. 430 Biogasanlagen haben 2015 aus organischen Abfällen ungefähr zu gleichen Teilen Strom, Wärme und Treibstoff gewonnen. Immer häufiger wird Biogas nicht direkt zu Strom und Wärme weiterverarbeitet, sondern zu Biomethan aufbereitet. Da dieses dieselbe Qualität wie Erdgas aufweist, kann es ins Gasnetz eingespeist werden. Früher kam es fast nur als Treibstoff für Erdgasautos zum Einsatz – heute wird es immer häufiger auch zum Heizen verwendet.

Die inländische flüssige Biotreibstoffproduktion verzeichnete in den letzten Jahren einen Rückgang. 2015 waren noch sechs Biodieselanlagen aktiv. Sie gewinnen Energie aus ölhaltigen Biomasseabfällen aus Gewerbe und Industrie, wie zum Beispiel altem Frittieröl. Bioethanol wird seit 2009 hierzulande nicht mehr produziert. Die Biotreibstoffproduktion hat in der Schweiz nicht Fuss gefasst, weil die Ressourcen dafür – öl-, zucker- und stärkehaltige Abfälle – nur beschränkt verfügbar sind. Zudem sind nachwachsende Rohstoffe, welche die Lebensmittelproduktion konkurrieren, hierzulande nicht zugelassen.

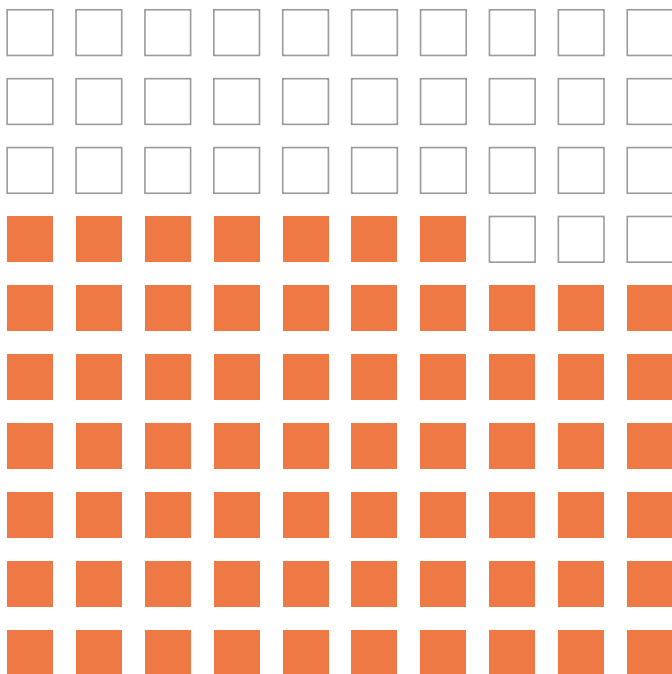
## GROSSES POTENZIAL IN HOFDÜNGER, SIEDLUNGSABFÄLLEN UND WALDHOLZ

Die inländische Energieproduktion aus Biomasse hat in den letzten Jahren zugelegt: Beispielsweise wurden 2015 rund eineinhalb Mal mehr Strom und etwa 20 Prozent mehr Wärme erzeugt als noch im Jahr 2008.

Die Energie aus vergärbare Biomasse liesse sich im Vergleich zu heute etwa verfünffachen. Das grösste ökologische Potenzial liegt in der Nutzung des Hofdüngers. Handlungsbedarf besteht aber auch bei den organischen Abfällen aus Siedlungen sowie bei Gewerbe und Industrie. Heute wird zwar bereits eine beträchtliche Menge des Biomülls separat gesammelt, im durchschnittlichen Schweizer Kehrichtsack ist aber immer noch gut ein Drittel vergärbare Biomasse enthalten.

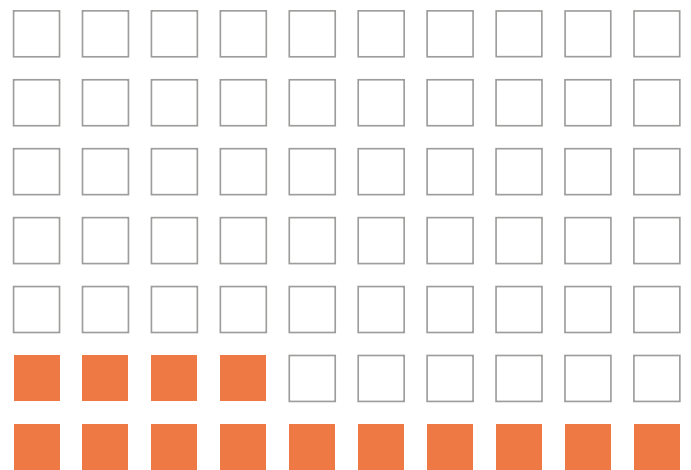
Auch Waldholz spielt eine wichtige Rolle, damit das Potenzial von Biomasse besser ausgeschöpft wird: Unser Wald produziert jährlich rund 10 Millionen Kubikmeter Holz. Das ökologisch sinnvolle Nutzungspotenzial liegt bei etwa 7,5 Millionen Kubikmetern. Heute nutzen wir über das ganze Sortiment hinweg (Waldholz, Restholz, Altholz) jährlich knapp 5 Millionen Kubikmeter Energieholz. Das Potenzial wird also erst zu zwei Dritteln ausgeschöpft.

## POTENZIALE FÜR DIE PRODUKTION VON BIOMASSEENERGIE



**HOLZ**

- bereits genutztes Potenzial
- zusätzliches, ungenutztes Potenzial



**ANDERE BIOMASSE**

(Organische Abfälle aus Landwirtschaft und Landschaft, Siedlung, Gewerbe und Industrie)

# WIE AUS KUHFLADEN UND HOLZ EINE UNABHÄNGIGE ENERGIEREGION ENTSTEHT

---

DIE AGRO ENERGIE SCHWYZ AG STELLT AUS ABFÄLLEN UND ENERGIEHOLZ NICHT NUR STROM FÜRS ÖFFENTLICHE NETZ HER – DIE WÄRME VERKAUFT SIE ÜBER DEN EIGENEN FERNWÄRMEVERBUND IM SCHWYZER TALKESSEL. GESCHÄFTSFÜHRER BAPTIST REICHMUTH ERZÄHLT, WIE ES DAZU KAM UND WAS DAS MIT EINER UNABHÄNGIGEN ENERGIEREGION UND REGIONALER WERTSCHÖPFUNG ZU TUN HAT.

## FEUER UND FLAMME FÜR BIOGAS

«Dass wir aus einheimischem Abfall Strom, Wärme und Treibstoff gewinnen und damit die lokale Wertschöpfung erhöhen können, hat mich schon immer fasziniert», schmunzelt Baptist Reichmuth, Landwirt und Geschäftsführer der Agro Energie Schwyz AG. Die ersten beiden Projekte scheiterten aus wirtschaftlichen und raumplanerischen Gründen – mit der Gründung der Agro Energie Schwyz klappte es 2006 schliesslich. Reichmuth besass einen grossen Landwirtschaftsbetrieb, wo entsprechend viel Hofdünger anfiel. «Meine Idee war, diesen Hofdünger so sinnvoll zu nutzen, dass damit eine ganze Region unabhängig von fossilen Energien werden könnte.»

## WENN STROM, DANN AUCH WÄRME

Zusammen mit weiteren regionalen Partnern gründete Reichmuth 2006 die Agro Energie Schwyz. Heute liefern rund 30 Landwirtschaftsbetriebe aus der Gegend dort Tag für Tag Gülle und Mist ab. Verarbeitende Betriebe bringen Mühlestaub und Getreideabfälle, Haushalte Grüngut und Speiseabfälle. Metzgereien schliesslich liefern hygienisierte Schlachtabfälle. In der Biogasanlage vergärt die Agro Energie Schwyz all diese Abfallstoffe zu Biogas. Das Gärgut, das dabei übrigbleibt, stellt sie Landwirtschaftsbetrieben als Dünger und Bodenverbesserer zur Verfügung. Damit schliesst sie Stoffkreisläufe.

Das Biogas verbrennt die Agro Energie Schwyz in einem Blockheizkraftwerk (BHKW). 40 Prozent der Energie im Biogas wird in Strom umgewandelt. Diesen speist die Firma in das lokale Netz ein. Bei der Stromproduktion im BHKW fällt jedoch auch 60 Prozent der Energie als Wärme an. «Um diese weiter zu nutzen, liessen wir in einer Machbarkeitsstudie prüfen, ob es möglich wäre, die rund 50 000 Einwohnerinnen und Einwohner des Schwyzer Talkessels mit erneuerbarer Wärme der Agro Energie Schwyz über ein Fernwärmenetz zu versorgen», erklärt Reichmuth. Die Antwort lautete: «Ja, aber.» Denn dies hiess erstens, potenzielle Käuferinnen und Käufer zum Mitmachen zu bewegen, zweitens das Angebot der Agro Energie Schwyz zu erweitern.





### **VOM KÜCHENTISCH ZUM HOLZHEIZKRAFTWERK**

Zahlreich waren die Abende, welche Reichmuth an den Küchentischen der Bewohnerinnen und Bewohner des Schwyzer Talkessels verbrachte. Nicht der leicht höhere Preis für die Wärme rief Skepsis hervor. Die Versorgungssicherheit hatte für die potenziellen Kundinnen und Kunden erste Priorität. «Werden meine Kinder dann frieren?», war die Frage, die er am meisten zu hören bekam. Die Agro Energie Schwyz musste sicherstellen, dass jederzeit genügend Wärme für den Fernwärmeverbund produziert wird. Heute sind darum drei grosse Holzsnitzelfeuerungen in Betrieb. Rund 20 000 Tonnen Schnitzel aus Sägereiestholz, Altholz und Waldholz werden pro Jahr verbrannt. «Weil das Holz aus der Gegend stammt, bleibt der CO<sub>2</sub>-Ausstoss auf den Transportwegen minimal», erläutert Reichmuth. «Und dass wir Waldholz nutzen, ist gut für die Waldpflege und generiert Absatzmöglichkeiten für qualitativ minderwertige Holzsortimente. Dies erhöht die regionale Wertschöpfung.»

### **50 PROZENT MACHEN BEREITS MIT**

Heute, sieben Jahren später, verteilt das Fernwärmenetz der Agro Energie Schwyz die erneuerbare Wärme nach Schwyz, Ibach, Rickenbach, Brunnen, Seewen und Morschach. 50 Prozent der Gebäude im Talkessel sind bereits an den Fernwärmeverbund angeschlossen. 2016 erzeugten die Holzsnitzelfeuerungen und die Biogasanlage Wärme für rund 8000 und Ökostrom für 3500 Haushalte. Seit 2015 ist zu-

Ob Sägereiestholz, Altholz oder Waldholz: Die Wärme, die darin steckt, verkauft Baptiste Reichmuth, Geschäftsführer der Agro Energie Schwyz, an den eigenen Fernwärmeverbund. Das ist nicht nur gut für die Umwelt, sondern auch für die lokale Wertschöpfung. Der Schwyzer Talkessel ist damit auf gutem Weg, CO<sub>2</sub>-neutral und unabhängig von fossilen Energieträgern zu werden.

dem eine Altholzfeuerung mit einem «Organic Rankine Cycle-System» (ORC) in Betrieb; damit konnte die Firma die Strom- und Wärmeproduktion noch weiter steigern. In einem nächsten Ausbauschritt ist ein grosser Wärmespeicher vorgesehen. Schritt für Schritt kommt der Geschäftsführer seinem Ziel näher, in den nächsten zehn Jahren den gesamten Schwyzer Talkessel CO<sub>2</sub>-neutral und unabhängig von fossilen Energieträgern zu machen.



# DER EINSATZ ALLER ZÄHLT, UM MEHR ENERGIE AUS BIOMASSE ZU GEWINNEN

---

SIE WOLLEN DAZU BEITRAGEN, DASS ENERGIE AUS BIOMASSE MEHR GENUTZT WIRD? ABER SIE WISSEN NICHT, WO SIE ANSETZEN SOLLEN? EIN PAAR TIPPS, WAS SIE TUN KÖNNEN.

## **VIEL POTENZIAL, ABER ZU WENIG ENERGETISCH GENUTZT**

Grünabfälle, Kuhmist, Energieholz oder Altöl: Vieles eignet sich, um daraus erneuerbare, CO<sub>2</sub>-neutrale Energie zu gewinnen. Und es fällt in diversen Bereichen an: in der Forstwirtschaft, in der Landwirtschaft, in Siedlungen oder im Gewerbe und in der Industrie. Trotzdem wird heutzutage nur ein Teil davon energetisch genutzt, obwohl sich mit Biomasse die Strom-, Wärme- und Treibstoffproduktion beachtlich erhöhen liesse.

## **TRENNEN SIE IHREN BIOABFALL**

Ein durchschnittlicher Schweizer Kehrichtsack enthält immer noch einen Drittel vergärbare Biomasse. Unter dem Strich sind das jährlich etwa 540 000 Tonnen organische Abfälle, die in der Kehrichtverbrennung landen. Verwertet Ihre Gemeinde den Bioabfall in einer Biogasanlage? Dann trennen Sie ihn vom herkömmlichen Müll und entsorgen Sie Ihre Speisereste separat. Sie leisten damit einen wertvollen Beitrag zu mehr Biogas und sparen Kehrichtgebühren. Leider gibt es noch nicht in allen Gemeinden die Möglichkeit, Speisereste separat zu entsorgen.

## **HEIZEN SIE EIN MIT BIOGAS**

Beheizen Sie Ihre Wohnung mit Erdgas? Dann stellen Sie um auf Biogas. Melden Sie sich dazu bei Ihrem Energieversorger vor Ort. Meistens bietet dieser die Möglichkeit, Ihren Wärmebedarf zu einem Teil oder sogar vollständig mit Biogas zu decken.

## **SETZEN SIE AUF HOLZ**

Sanieren Sie demnächst Ihre bestehende Öl- oder Gasheizung? Prüfen Sie die Möglichkeit, auf Holz umzustellen oder Ihre Liegenschaft an einen bestehenden Holzwärmeverbund anzuschliessen.

## **BEZIEHEN SIE ÖKOSTROM**

Viele Elektrizitätswerke bieten attraktive Ökostromangebote an, die auch Strom aus Biomasse enthalten. Beziehen Sie solch grünen Strom und treiben Sie so den Bau neuer Biogasanlagen voran.

## **FAHREN SIE MIT BIOGAS**

Besitzen Sie ein Gasauto? Dann nutzen Sie dafür Biogas. In der Schweiz nimmt die Zahl der Gastankstellen laufend zu – aktuell sind es mehr als 140. Beim Tanken können Sie selber den Anteil Biogas im Tankgemisch bestimmen und so Ihre CO<sub>2</sub>-Bilanz beeinflussen.

## **MOBILISIEREN SIE IHR UMFELD**

Das Restaurant um die Ecke entsorgt Küchenabfälle und Speisereste im herkömmlichen Müll? Der Landwirt in Ihrer Nachbarschaft nutzt Hofdünger oder Ernterückstände nicht energetisch? Machen Sie beide darauf aufmerksam. Oft können Restaurants ihre organischen Abfälle in landwirtschaftlichen Biogasanlagen abliefern. Werden solche Co-Substrate zusammen mit Hofdünger vergärt, kann eine grössere Menge an Biogas erzeugt werden.

# ICH WILL MEHR WISSEN

---

## HIER FINDEN SIE MEHR INFORMATIONEN ZU ENERGIE AUS BIOMASSE

<a href="http://www.energieschweiz.ch/biomasse">www.energieschweiz.ch/biomasse</a>	Programm EnergieSchweiz, Bereich Biomasse
<a href="http://www.biomassesuisse.ch">www.biomassesuisse.ch</a>	Verein Biomasse Suisse
<a href="http://www.oekostromschweiz.ch">www.oekostromschweiz.ch</a>	Branchenverband der landwirtschaftlichen Biogasanlagenbetreiber
<a href="http://www.agrocleantech.ch">www.agrocleantech.ch</a>	Energie- und Klimaagentur der Landwirtschaft
<a href="http://www.energie-klimacheck.ch">www.energie-klimacheck.ch</a>	Energie- und Klimacheck für Landwirte
<a href="http://www.holzenergie.ch">www.holzenergie.ch</a>	Verein Holzenergie Schweiz
<a href="http://www.qmholzheizwerke.ch">www.qmholzheizwerke.ch</a>	Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke
<a href="http://www.propellets.ch">www.propellets.ch</a>	Verein der Schweizer Holzpelletsbranche
<a href="http://www.feusuisse.ch">www.feusuisse.ch</a>	Branchenverband für Wohnraumfeuerungen, Plattenbeläge und Abgassysteme
<a href="http://www.biosprit.org">www.biosprit.org</a>	Plattform für biogene Treibstoffe

Bildquellen: EBP Schweiz (Seite 4–5) BFE (Seite 3)  
Christian Senti (Seite 9, 13, 17) pixabay (Titelbild, Seite 11, 18)

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE  
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: CH-3003 Bern  
Infoline 0848 444 444, [www.energieschweiz.ch/beratung](http://www.energieschweiz.ch/beratung)  
[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch)

Vertrieb: [www.bundespublikationen.admin.ch](http://www.bundespublikationen.admin.ch)  
Artikelnummer 805.183.D



ClimatePartner<sup>o</sup>  
klimaneutral

Druck | ID 53458-1705-1018