



- Biomasse auf dem Planeten
- Entstehung der Biomasse
- Umwandlung in nutzbare Energieformen
- Thermochemie (Verbrennung, Vergasung, Pyrolyse)
- Biochemie (Verdauung, Gärung – Destillation, Extraktion)
- Potential in der Schweiz

Energiewende in der Schweiz

Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer, In diesem Kurs nehmen wir die energetische Nutzung von Biomasse unter die Lupe. Nach einer Übersicht zur Biomasse auf unserem Planeten, erinnern wir uns kurz an die Photosynthese, welche die Grundlage jeglicher Biomasse ist. Danach werden wir sehen, dass man Biomasse sowohl über den thermochemischen Weg, also über Verbrennung als auch über Gärung, also über den biochemischen Weg als Energieträger nutzen kann. Zum Schluss kommen wir kurz auf das Potenzial von Biomasse im Rahmen der Energiewende in der Schweiz zu sprechen.

Notes

Summary



0m 04s

Eine Welt aus Biomasse

- Aus dem Weltall erscheint unser „blaue Planet“

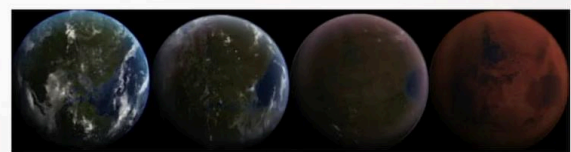


wie ein grüner Planet

- Im Vergleich der „rote Planet“ Mars



Oberflächenwasser und Biomasse (?) sind schon seit Jahrmilliarden verschwunden



<http://files.destination-mars.webnode.fr/200000008-bb7abbc74e/MarsTransitionV.jpg>

Energiewende in der Schweiz

Vom All gesehen ist unser blauer Planet eben auch ein grüner Planet, da über die Wälder, Ozeane und Seen circa 1.000 Milliarden Tonnen Biomasse verteilt sind. Man geht davon aus, dass von jährlich neu gewachsenen 160 Milliarden Tonnen trockener Biomasse, 50 % aus den Wäldern und 60 % aus den Ozeanen in Form von Algen entstehen. Im Gegensatz dazu steht Mars, der rote Planet, bei dem vielleicht früher vorhandenes Wasser und vorhandene Biomasse durch Wüstenbildung nach und nach verdrängt wurden. Ein großer Teil der Atmosphäre von Mars wurde zudem durch Solarwinde ins All verweht. Heute ist sie mit nur einem Prozent des atmosphärischen Druckes der Erde sehr dünn und besteht vorwiegend aus CO₂. Die Präsenz von Biomasse auf der Erde und deren Mechanismus der Photosynthese erlaubt es, CO₂ in der Atmosphäre zu absorbieren und mit Sauerstoff anzureichern.

Notes

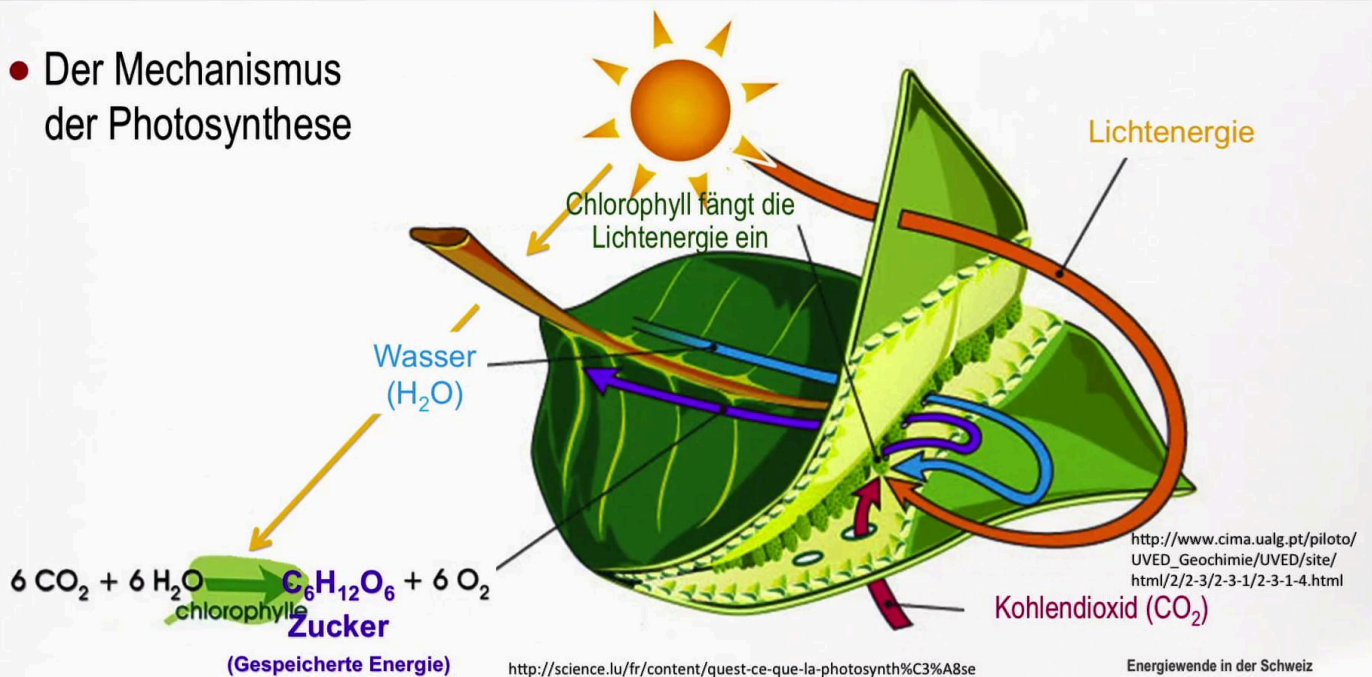
Summary



0m 38s

Biomasse: gespeicherte Solarenergie

• Der Mechanismus der Photosynthese



Der Schlüsselmechanismus bei der Generation von Biomasse ist die Photosynthese. Dabei wird durch Sonnenstrahlung CO₂ aus der Atmosphäre und Wasser aus dem Boden gebunden und dabei in organische Moleküle aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, also Zucker, umgewandelt. Zudem wird Sauerstoff gasförmig in die Atmosphäre abgegeben. Es ist die Photosynthese der Pflanzen, die es erlaubt, die Erdatmosphäre mit 21 % Sauerstoff anzureichern und das ganze organische Material des Planeten zum Wachsen und Gedeihen zu bringen. Auch wenn der Wirkungsgrad der Photosynthese lediglich 1 bis 3 % beträgt, so ist die weltweit umgesetzte mittlere Leistung durch Biomasse mit 100 Terawatt immens. Auf ein Jahr hochgerechnet entspricht dies acht Mal den weltweiten jährlichen Gesamtenergieverbrauch.

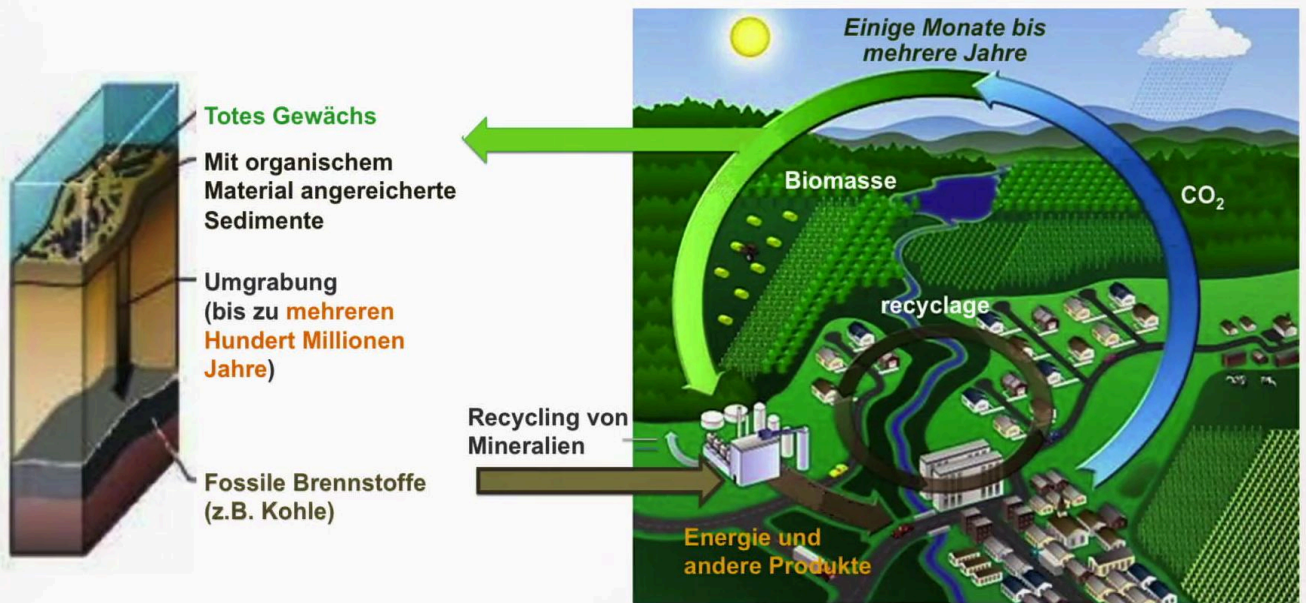
Notes

Summary



1m 41s

Kurzgeschlossener Kreislauf fossiler Brennstoffe



Energiewende in der Schweiz

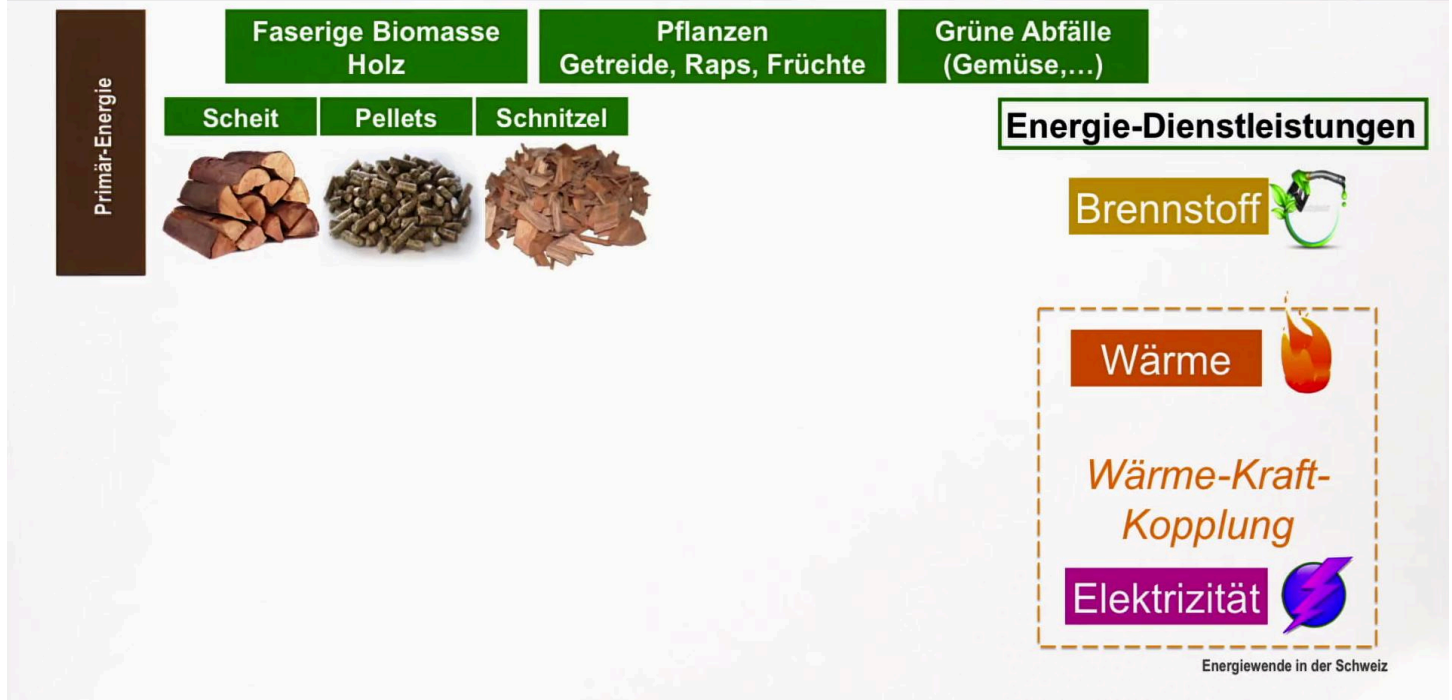
Die direkte Nutzung von Biomasse, wie hier rechts dargestellt, erlaubt es, das bei der Nutzung ausgestoßene CO₂ in wenigen Monaten durch die Photosynthese wieder in Biomasse zu binden. Die Forschung zielt darauf ab, diesen Kreislauf wesentlich effizienter als heute zu gestalten. Heute wird Biomasse primär durch Verbrennung genutzt.

Notes

Summary



Umwandlung von Biomasse in Elektrizität



Wie hier oben in diesen grünen Rechtecken dargestellt, kann Biomasse auf unterschiedliche Arten gewonnen und verteilt werden: als faserige Biomasse, zum Beispiel Holz, als Pflanzen oder kultivierten Früchten oder Getreide oder als grüne Abfälle, also zum Beispiel Kompost. Holz wird sehr häufig in Form von Scheiten genutzt, aber auch Pellets oder in Form von gehäckselten Schnitzel. Egal in welcher Form Biomasse verwendet wird, es geht immer darum, die in ihr enthaltenen chemischen Energie entweder durch Verbrennung in Form von Wärme zu nutzen oder in Elektrizität umzuwandeln. Heute ist die einfache Verbrennung die am weitesten verbreitete Art, Biomasse als Energieträger zu nutzen. Eine dritte Form der Nutzung von Biomasse ist deren Umwandlung in Brenn- oder Treibstoffe. Dabei geht es darum, Biomasse in einen Energieträger zu transformieren, der die Speicherung der Energie durch ein kleineres spezifisches Volumen wesentlich erleichtert und deren Nutzung wesentlich flexibler gestaltet. Eine sinnvollere Nutzung der Biomasse verbindet zwei dieser Energiedienstleistungen, zum Beispiel Elektrizität und Wärme in Form eines Wärme-Kraft-Kopplungssystems.

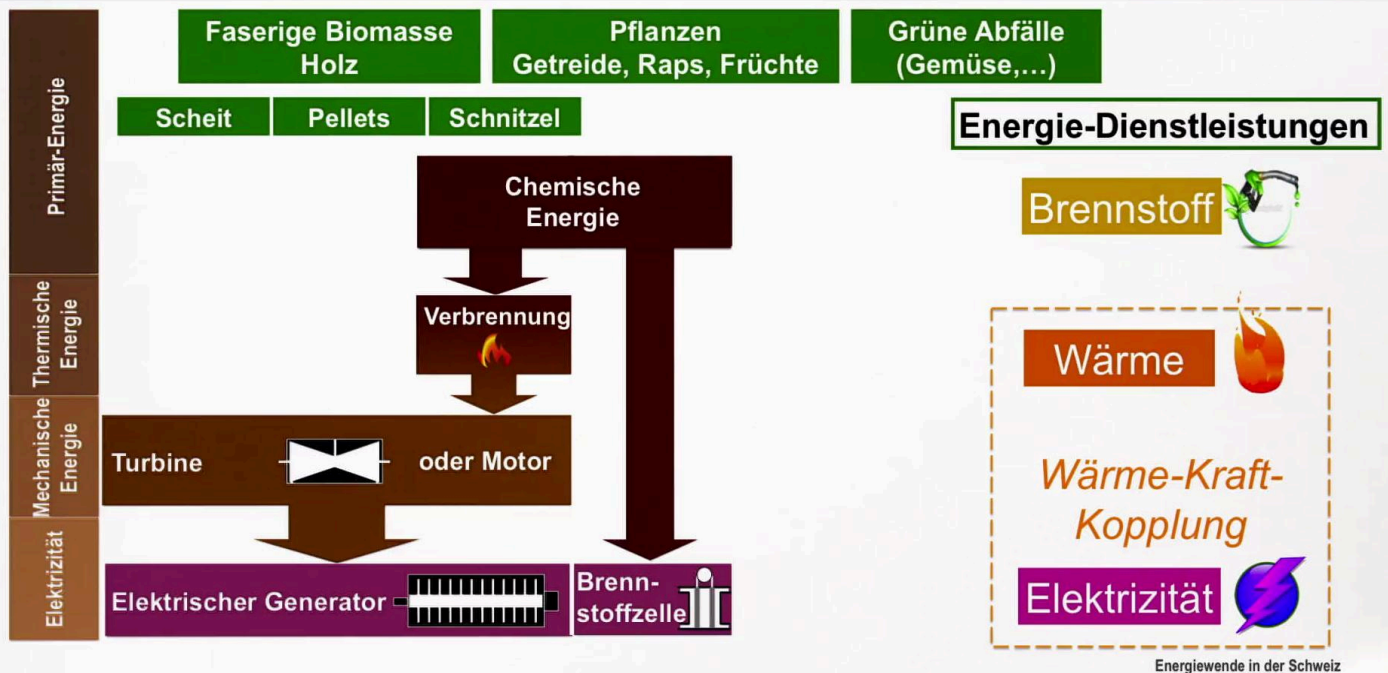
Notes

Summary



3m 06s

Umwandlung von Biomasse in Elektrizität



Wir haben in der vorgehenden Lektion gesehen, dass man die chemische Energie von Brennstoffen über unterschiedliche Technologien in Elektrizität umwandeln kann. Der eine Weg, der thermochemische Weg führt über die Verbrennung zu Wärme. Diese Wärme kann zum Teil in Wärmekraftmaschinen, in Arbeit, also mechanische Energie umgewandelt werden. Wir erinnern uns hier an den Carnot-Wirkungsgrad. Diese mechanische Energie wird schließlich genutzt, um über eine elektrische Maschine Elektrizität zu generieren. Biomasse kann aber auch in einen gasförmigen Energieträger umgewandelt werden, so dass er zum Beispiel direkt in einen Verbrennungsmotor eingespritzt oder direkt über Brennstoffzellen verwertet werden kann.

Notes

Summary



4m 34s

Verbrennung von Holz, Einfluss von Feuchtigkeit

- Schadstoffe: Partikel, CO, NOx



Energiewende in der Schweiz

Es soll hier nochmals darauf hingewiesen werden, dass durch die Verbrennung Schadstoffe entstehen, so etwa Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide und verbrannte Brennstoffe und Rußpartikel unterschiedlicher Größe. Vor allem im Winter bleiben viele dieser Schadstoffe unter der tiefen Nebeldecke gefangen. Ein wichtiger Punkt von Biomasse ist, dass deren Heizwert sehr stark vom Feuchtigkeitsgehalt abhängig ist. Das zeigen wir auf diesem Bild hier, wo Sie den Verlauf des Heizwertes in Kilowattstunde pro Tonne Holz als Funktion des Feuchtigkeitsgehaltes sehen können. Sicher haben Sie auch schon bemerkt, dass noch grünes Pflanzenmaterial verglichen mit einem gut getrockneten Holzscheit nur sehr schlecht brennt. Je trockener also die Biomasse, desto mehr thermische Energie kann man über die Verbrennung pro Gewichtseinheit gewinnen. Das führt natürlich einerseits zum reduzierten Verbrauch von Biomasse, andererseits zu einer Verringerung der Emissionen. Wir haben also eine echte Win-win-Situation.

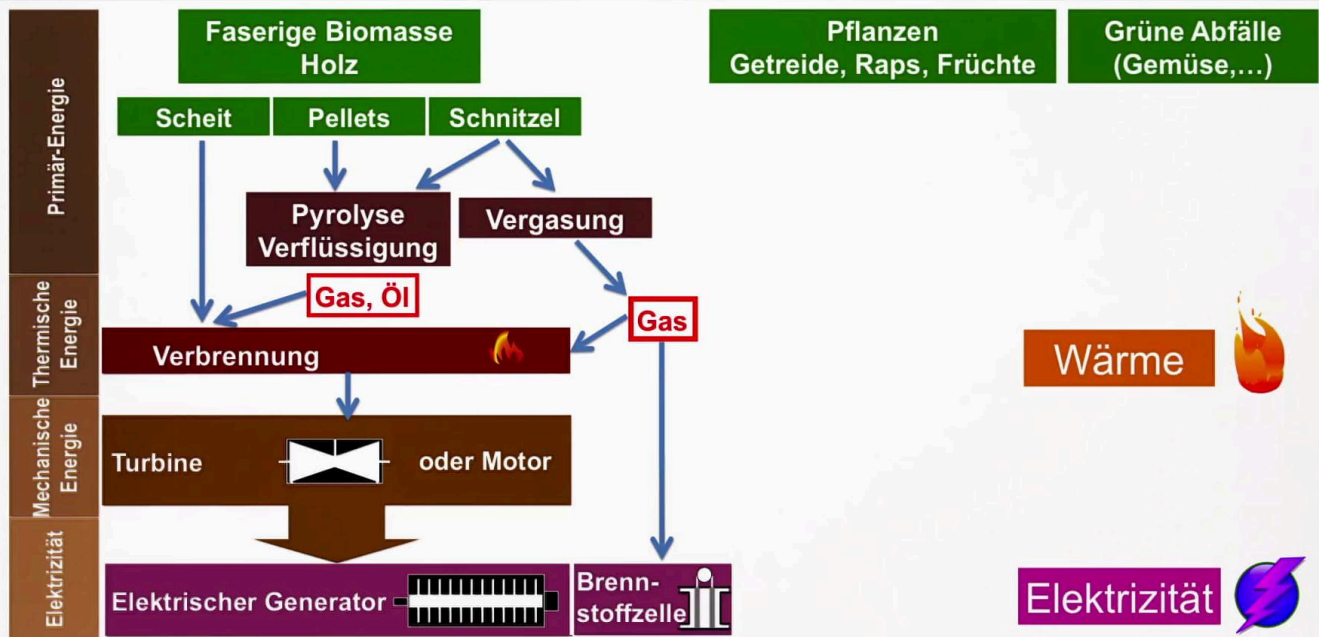
Notes

Summary



5m 22s

Umwandlung von Biomasse in Elektrizität



Energiewende in der Schweiz

Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen benötigen den Energieträger, den Brennstoff in flüssiger oder gasförmiger Form. Bei Biomasse kann dies über Pyrolyse mit anschließender Verflüssigung oder über die Vergasung von Biomasse erreicht werden.

Notes

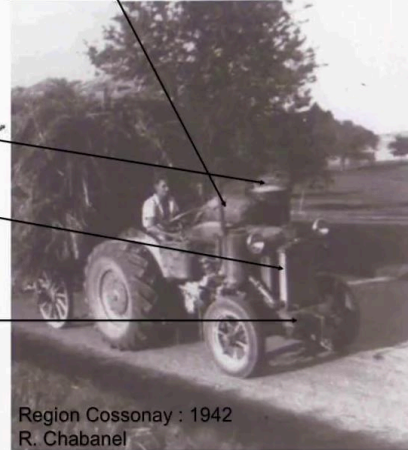
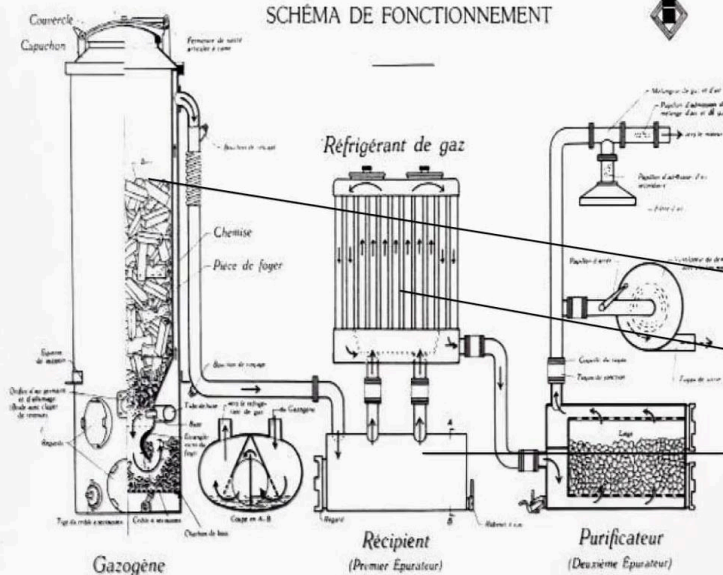
Summary



Holzvergaser

GÉNÉRATEUR IMBERT A GAZ DE BOIS

SCHEMA DE FONCTIONNEMENT



Region Cossonay : 1942
R. Chabanel

Energiewende in der Schweiz

Wie wir auf dem Bild von 1942 sehen, ist die Vergasung von Biomasse, hier Holz, nicht neu. Im Zweiten Weltkrieg, als Treibstoff Mangelware war, wurden sogenannte Holzvergaser eingesetzt, um die Traktoren für die Weltbestellung betreiben zu können. Dabei wurde ein zylindrischer Ofen mit Holz gefüllt und ein kleines Feuer entfacht. Durch eine sehr geringe und kontrollierte Luftzufuhr erreichte man eine partielle Verbrennung der Biomasse, welche gasförmige Brennstoffe wie Wasserstoff und Kohlenmonoxid produzierte, die man nach einer gründlichen Säuberung im Verbrennungsmotor benutzen konnte.

Notes

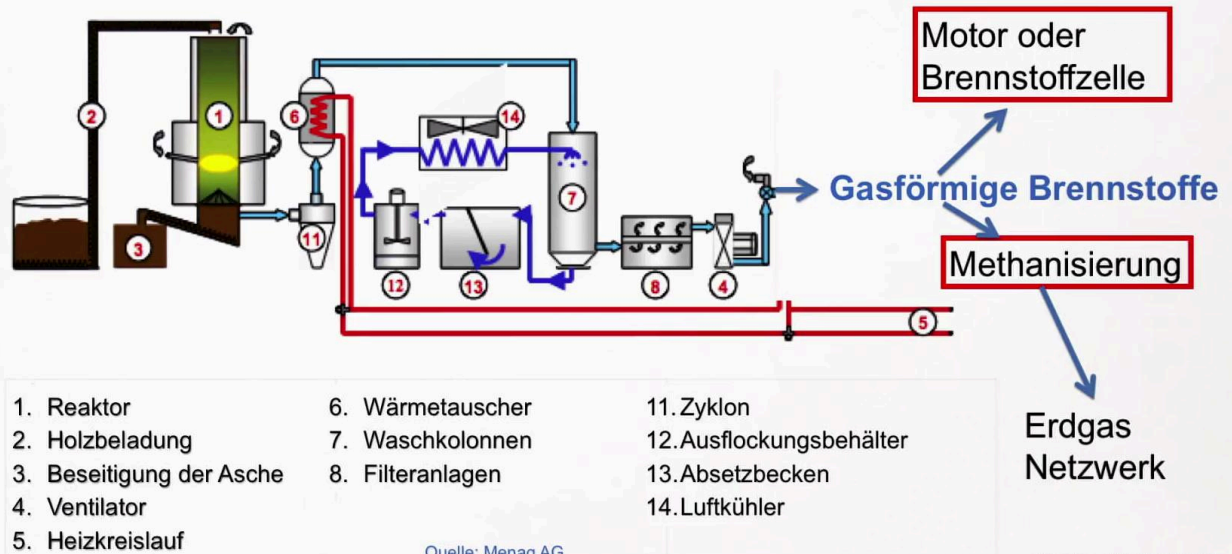
Summary



6m 42s

Moderne Biomassevergaser

• Typische Komponenten



Energiewende in der Schweiz

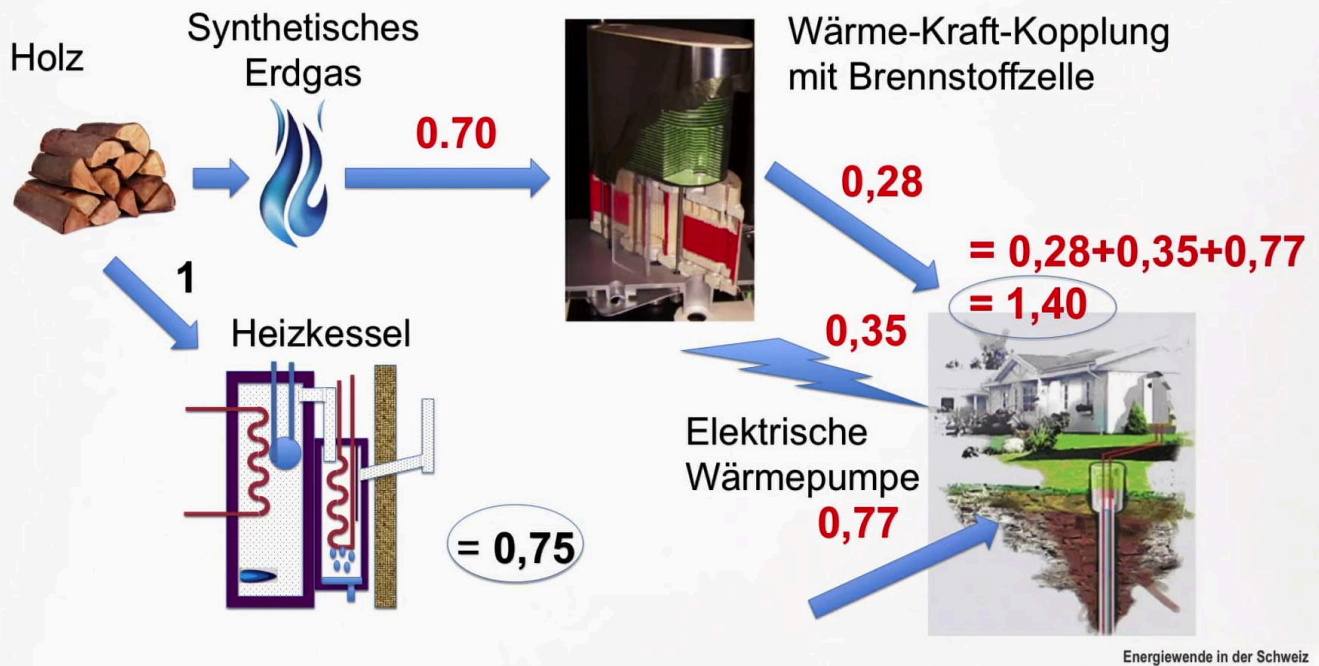
Moderne Biomassevergaser sind wesentlich komplexer. Nach dem Reaktor gehen die entstandenen Gase durch einen Zyklonabscheider, der die Asche ausfiltert. In einem zweiten Schritt werden die Gase gekühlt und mit Wasser geduscht, um die teerförmigen Substanzen abzuscheiden. Natürlich muss das Reinigungswasser ebenfalls dekontaminiert werden. Die so erhaltenen Brenngase können entweder direkt vor Ort, in einem Motor oder in einer Brennstoffzelle genutzt werden. Oder sie können in einem weiteren Schritt methanisiert werden, um sie in synthetisches Erdgas zu transformieren und in ein vorhandenes Erdgas Netzwerk einzuspeisen.

Notes

Summary



Wärme aus Holz



Durch einen industriellen Biomassenvergassungsprozess mit darauffolgender Methanisierung gehen etwa 30 % des Energieinhaltes der Biomasse verloren. Aus einer Kilowattstunde Holz bleiben also danach nur noch 0,7 Kilowattstunden synthetisches Erdgas übrig. Über eine Brennstoffzelle, die Elektrizität generiert, und über eine elektrisch betriebene Wärmepumpe, kann mit 0,77 Kilowattstunden Umgebungswärme 1,4 Kilowattstunde Wärme zum Heizen erhalten werden. Verglichen mit den 0,75 Kilowattstunden aus der direkten Verwertung von Biomasse über einen Heizkessel sind dies sehr hohe Werte, die es erlauben, den Energieverbrauch für die gleiche Dienstleistung praktisch zu halbieren. Das allerdings zu einem höheren Preis, da mehr und komplexere Technologien als ein einfacher Heizkessel eingesetzt werden müssen.

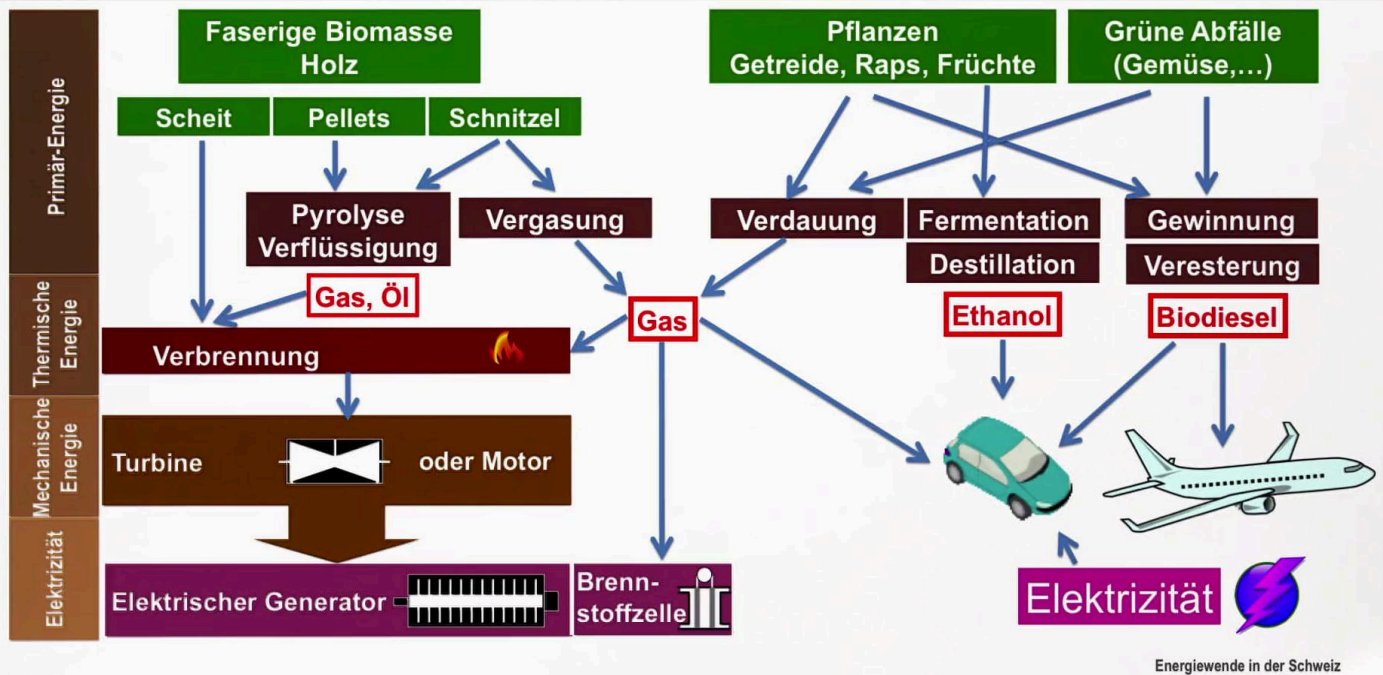
Notes

Summary



8m 07s

Umwandlung von Biomasse in Elektrizität



Energiewende in der Schweiz

Es gibt unterschiedliche Varianten, um aus den langen Molekülen von Biomasse kürzere gas- oder flüssigförmige Moleküle zu gewinnen. Einer dieser Prozesse ist die Pyrolyse. Dabei wird ein luftdicht abgeschlossener Kessel von außen erwärmt. Je nach eingesetzter Technologie kann man dadurch entweder flüssigen oder gasförmigen Brennstoff gewinnen. Der flüssige Brennstoff kann dann weiter raffiniert werden, um als Biotreibstoff für Fahrzeuge oder sogar Flugzeuge eingesetzt zu werden. Gewisse Pflanzen und grüne Abfälle können durch biochemische Prozesse bei relativ tiefen Temperaturen verwandelt werden, zum Beispiel durch anaerobe Verdauung oder durch Gärung von Früchten, wo durch eine anschließende Destillation Alkohol, also Ethanol, gewonnen werden kann, der zum Beispiel als Treibstoffzusatz in Fahrzeugen zum Einsatz kommt. Ethanol kann auch aus faserhaltiger Biomasse gewonnen werden. Allerdings ist der Prozess um einiges komplizierter. Ölhaltige Pflanzen, wie zum Beispiel Raps oder Disteln können ausgepresst werden, um das Öl zu gewinnen, das in einem Verästerungsprozess in Biodiesel umgewandelt werden kann.

Notes

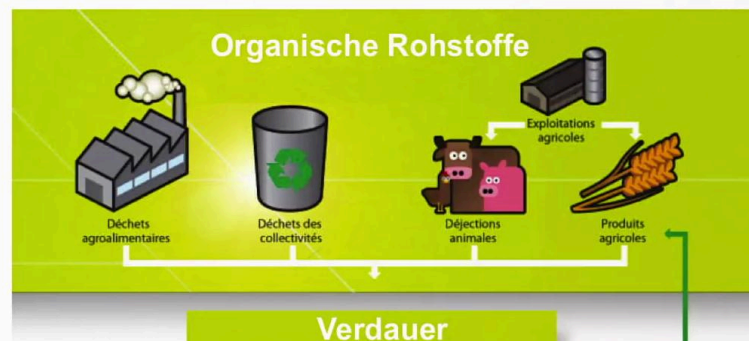
Summary



9m 08s

Biogas durch Verdauung

Rohstoffe

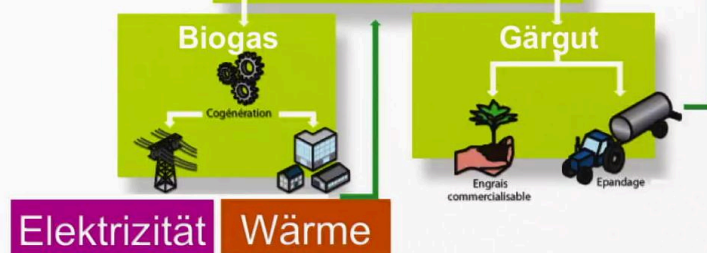


Transformation



Sammlung

Verwendung



www.methodecarre.com/biogaz.php

Energiewende in der Schweiz

Die Verdauung von Biomasse ist eine der wichtigsten Prozesse. Wie auf diesem Bild dargestellt, werden die unterschiedlichen organischen Rohstoffe, das können übrigens auch Schlachtabfälle sein, in einen großen Behälter, den Verdauer geführt. Durch Bakterien wird dieses Material sukzessive in Methangas transformiert. Das übrige Gärgut kann wiederum als Dünger eingesetzt werden. Durch Bakterien wird dieses Material sukzessive in Methangas transformiert. Das übrig bleibende Gärgut kann wiederum als Dünger eingesetzt werden. Das gewonnene Biogas kann entweder direkt in einem Verbrennungsmotor genutzt werden oder in ein Erdgas Netzwerk eingespiesen werden.

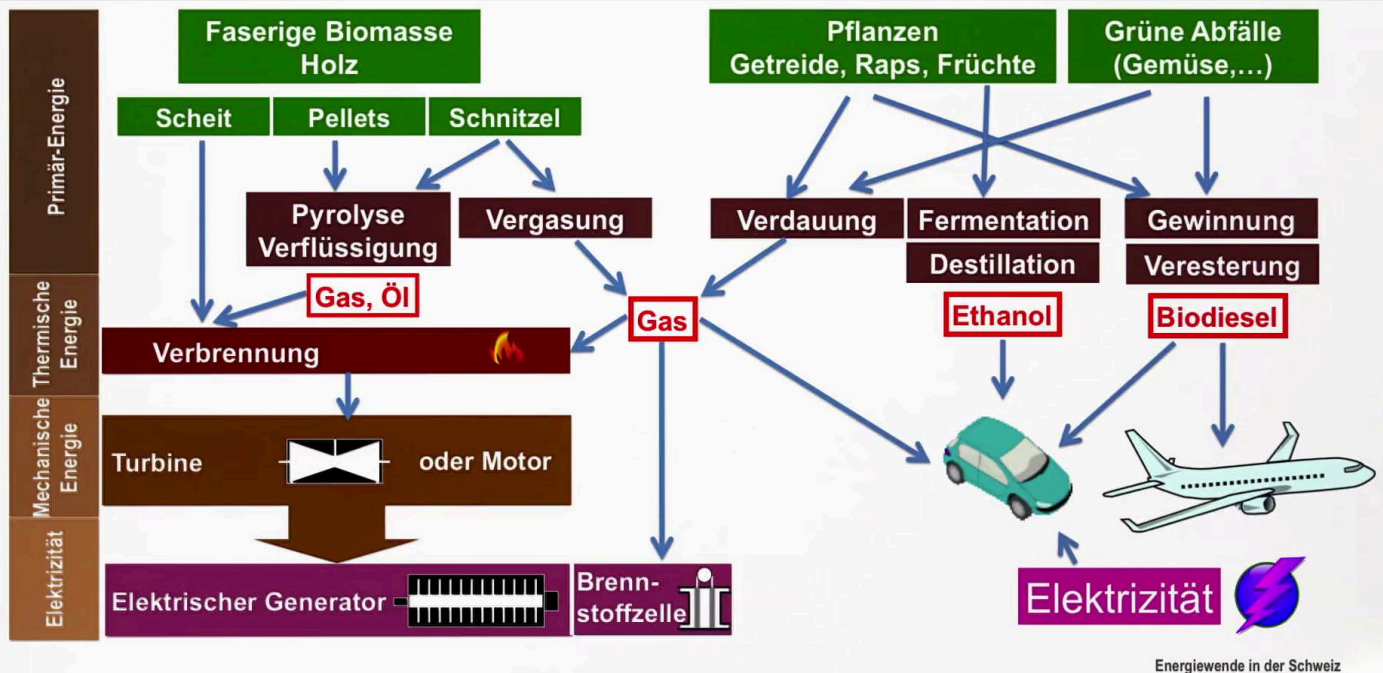
Notes

Summary



10m 29s

Umwandlung von Biomasse in Elektrizität



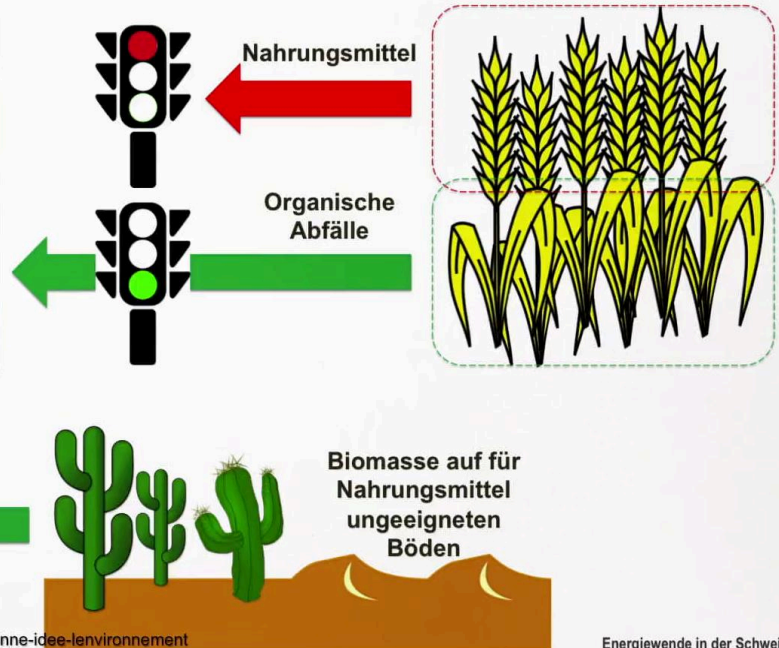
Zusammenfassend kann gesagt werden, dass jegliche Form von Biomasse über unterschiedliche Prozesse in einfach speicherbare flüssige oder gasförmige Energieträger, also Brennstoffe, umgewandelt werden kann. Auch wenn es etwas teuer kommt, erlauben diese Prozesse eine wesentlich sinnvollere, flexiblere und weitergefächerte Nutzung der Biomasse als sie einfach in einem Holzofen zu verbrennen, so wie es schon unsere Vorfahren, die Höhlenmenschen, gemacht haben. Ein großer Vorteil der Biomasse ist, dass man durch die Abscheidung von CO₂, das bei der Verwertung von Biomasse entsteht, die Atmosphäre sukzessive vom CO₂ reinigen könnte. Dazu müsste allerdings Biomasse in sehr großem Stil eingesetzt werden. Dies ist aber heute noch nicht der Fall.

Notes

Summary



Energie oder Nahrung?



<http://www.bioalaune.com/fr/actualite-bio/10248/biocarburants-fausse-bonne-idee-lenvironnement>

Energiewende in der Schweiz

Bei der Biomasse muss trotz all diesen positiven Eigenschaften auf ein grundsätzliches Dilemma hingewiesen werden. Biomasse als Energieträger steht potenziell in Konkurrenz mit Biomasse für die Ernährung. Wie auf diesem Bild dargestellt, dürfen sicher keine Nahrungsmittel und deren Kulturfläche geopfert werden, um eine Energieknappheit zu stillen. Dazu würden sich viel eher Pflanzenarten eignen, die auf Böden gedeihen, die sich nicht für den Nahrungsmittelanbau eignen.

Notes

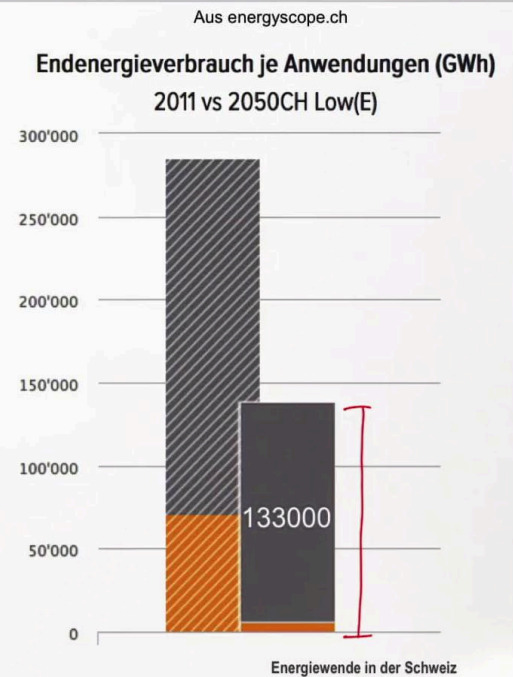
Summary



12m 08s

Potential von Biomasse in der Schweiz

- Auf 35'000 GWh/Jahr Primärenergie geschätzt
- Im Vergleich zu den 133'000 GWh/Jahr des optimistischen Szenario der NEP 2050 könnte Biomasse 25% des Bedarfs decken
- Mit einem Wirkungsgrad von 50% könnte die Schweizer Biomasse 12% des Verbrauchs decken (bei NEP 2050)
- Weitere optimistischere Szenarien sind auch möglich



Das Potenzial von Biomasse als erneuerbare Energieträger in der Schweiz beträgt 35.000 Gigawattstunden pro Jahr, was verglichen mit dem Endenergieverbrauch von 133.000 Gigawattstunden pro Jahr im optimistischen Szenario der neuen Energiepolitik für 2050 etwas mehr als 25 % ausmachen könnte. Wenn ein Wirkungsgrad von 50 % als Basis angenommen wird, könnte Biomasse etwa 12 % des Verbrauches in der Schweiz abdecken, was ein beträchtlicher Anteil ist.

Notes

Summary





- Sehr ineffiziente Nutzung der Biomasse in der Schweiz (einfache Verbrennung in Holzöfen)
- Es gibt verschiedene Wege, um die Biomasse besser nutzen zu können (WKK, Bio-Brennstoffe)
- Signifikantes Potential in der Schweiz (>10%) benötigt grosse F&E Aufwände um Biomassenutzung effizienter und kostengünstiger zu gestalten
- Biomasse kann einfach saisonal gespeichert werden
- Die CO₂-Abscheidung aus Biomasse würde es erlauben überschüssiges CO₂ aus der Atmosphäre zu entfernen

Energiewende in der Schweiz

Zusammenfassend haben wir gesehen, dass die Verwendung von Biomasse in der Schweiz noch in den Kinderschuhen steckt, da sie vor allem in klassischen Holzöfen verbrannt wird. Es gibt verschiedene Wege, um Biomasse effizienter und vielfältiger einsetzen zu können. Dies setzt etwas teurere Prozesse voraus, um organisches Material in sogenanntes Biogas oder Biotreibstoff umzuwandeln. Dieser komplett erneuerbare Biobrennstoff kann dann sehr flexibel mittels unterschiedlicher Technologien in Elektrizität und/oder Wärme transformiert werden. Biomasse stellt in der Schweiz als Energieträger ein signifikantes Potenzial dar. Der große Vorteil ist, dass Biomasse saisonal gespeichert werden kann und dass bei deren Nutzung das CO₂ abgeschieden werden kann und so die Atmosphäre sukzessive vom CO₂ gereinigt werden könnte.

Notes

Summary

