

Le bois – un agent énergétique multiforme

On pourrait produire au moins 2 millions de m³ supplémentaires de bois-énergie par an, tout en respectant la croissance des forêts suisses. Le bois est un agent énergétique neutre en CO₂ et constitue la plus importante ressource suisse de biomasse. Comme la quantité de bois-énergie est malgré tout limitée, on veut en tirer le plus grand bénéfice énergétique, sans pour autant peser plus fortement sur l'environnement. Ceci peut se faire avec élégance, par la transformation de bois en gaz naturel de synthèse. Le PSI a développé un tel procédé, en première mondiale.

Le bois-énergie de nos forêts peut par exemple remplacer le fioul de chauffage et contribuer ainsi à la protection du climat. Sa combustion dans des installations de chauffage ordinaires – sans filtres coûteux – produit cependant des polluants atmosphériques locaux additionnels, surtout de la poussière fine et des oxydes d'azote.

La transformation en biogaz des déchets verts des ménages et de l'agriculture, ainsi que des boues d'épuration, est déjà très répandue en Suisse. Il en va autrement avec le bois, qui sort d'une installation de fermentation pratiquement «non-digéré». C'est pourquoi le PSI a développé un nouveau procédé à deux étages qui gazéifie le bois et le transforme ensuite par catalyse en gaz naturel de synthèse (GNS). A l'échelle industrielle, ce procédé serait une alternative écologiquement et économiquement raisonnable à la combustion décentralisée du bois. Le GNS pourrait être distribué par le réseau de gaz naturel et être ainsi utilisé dans une vaste gamme d'applications à haut rendement, p. ex. pour le chauffage au gaz, comme carburant pour véhicules à gaz ou comme source d'électricité et de chaleur dans des centrales à gaz. La compétitivité économique des diverses voies dépend aussi des conditions politiques.

La technologie de la méthanisation du bois développée au PSI est actuellement testée à l'échelle industrielle dans une installation de gazéification de bois située en Autriche. Les fondements pour une première grande installation en Suisse sont donc en place.

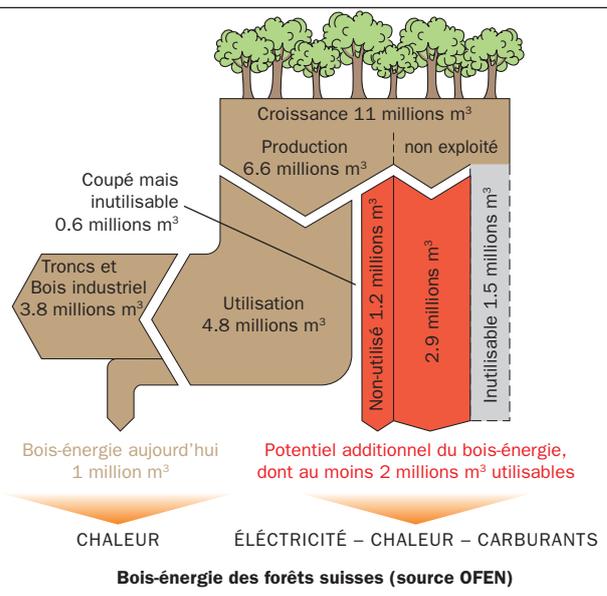
Contenu

- 2 Les objectifs et les voies:
Utiliser l'énergie du bois de façon innovante
- 3 Technologie: **Du bois dans le réservoir et au bec de gaz**
- 4 Entretien avec St. Ramesohl:
Découpler les lieux de production et d'utilisation

Utiliser l'énergie du bois de façon innovante

Le bois contribue aujourd'hui pour quelque 2% à l'énergie primaire de la Suisse. Des évaluations de potentiel effectuées par l'Office Fédéral de l'Énergie montrent que l'on pourrait en utiliser deux à trois fois plus pour nos besoins énergétiques, avant tout du bois forestier. Pour qu'une telle augmentation soit sensée et durable, on doit traiter ce bois-énergie pour qu'on puisse l'utiliser de façon pratique, propre, flexible et à des coûts acceptables. Ceci implique que dans l'avenir on produise aussi de l'électricité et des carburants à partir du bois et qu'on exploite en même temps – lorsque c'est possible – la chaleur produite.

Quand la biomasse se désintègre, elle ne produit pas plus de CO₂ que celui que les plantes ont prélevé dans l'atmosphère lors de leur croissance. L'uti-



lisation de la biomasse a donc un bilan nul en CO₂, pour autant qu'on n'utilise pas plus de biomasse qu'il en croît. La protection du climat devrait donc pousser à son utilisation, p. ex. la substituer au pétrole et au gaz. Ceci est techniquement et économiquement faisable à court et moyen terme. Ce que l'on économise en émissions de CO₂ ne doit pour autant pas être perdu par une augmentation des émissions de polluants atmosphériques locaux.

Polluants additionnels indésirables

À ce jour le bois-énergie ainsi que les résidus de l'industrie du bois sont presque exclusivement brûlés pour la production de chaleur. Le programme forestier lancé par l'Office de l'Environnement (OFEV) en 2005 définit une série d'objectifs et de mesures pour une exploitation forestière durable et une réduction nette des émissions de CO₂. On veut entre autres exploiter d'ici 2015 deux fois plus de bois-énergie forestier qu'aujourd'hui. Pour que ceci ne résulte pas en un doublement des émissions de poussières fines et d'autres polluants atmosphériques, il faut recourir à des technologies évoluées, qui opèrent avec des filtres de première qualité. Ceci rend les chaudières à bois plus chères et favorise des grandes installations, comme p. ex. des centrales thermiques qui cogèrent de l'électricité et de la chaleur, distribuée par des réseaux de chaleur. Une centrale thermique de ce genre est actuellement en construction à Bâle.

Elle consommera 65000 m³ de bois par an et produira 20 GWh d'électricité (6700 ménages) et 100 GWh de chaleur à distance (5500 ménages) pour le réseau bâlois. Elle sera ainsi la plus grande installation de bois-énergie en Suisse – de quoi se réjouir. Le nombre d'installations comparables constructibles en Suisse dépendra essentiellement de la disponibilité de réseaux de chaleur à même de distribuer régulièrement – si possible pendant toute l'année – l'énergie produite.

On peut utiliser l'énergie du bois beaucoup plus proprement dans de grandes centrales que dans de petites chaudières

Gazéifions le bois!

Afin de réduire encore plus les polluants atmosphériques, le bois peut être aussi transformé en gaz, de façon semblable à celle des installations de biogaz. Le gaz naturel de synthèse (GNS) produit par le procédé développé au PSI peut être brûlé proprement, p. ex. dans une centrale thermique à gaz, un moteur à gaz ou des piles à combustible à haute température. Des centrales de gazéification de bois comme celles conçues pour la Suisse auraient une puissance de l'ordre de la centrale thermique à bois de Bâle.

Tableau: Le bois-énergie peut être exploité au moyen de différentes technologies avec divers rendements et divers niveaux d'émission de poussière fine.

Le potentiel maximum de chaleur utile montre combien de chaleur peut être produite au total quand toute l'électricité produite par GNS est utilisée par des pompes à chaleur. Elles libèrent sous forme de chaleur le quadruple de l'énergie investie en courant électrique (coefficient de performance annuel 4).

Exemple: 122 = 13 x 4 + 70

	Rendement % Électricité / Chaleur	Potentiel maximum de chaleur utile %	Poussière fine (PM10) mg/MJ _{in} ^g
Petites chaudières à bûches	75	75	50
Petites chaudières à copeaux de bois	80	80	90
Petites chaudières à pastilles	85	85	30
Chaudière automatique avec filtre	80	80	5 ^f
Centrale thermique à bois (vapeur) avec filtre	13 / 70	122	5 ^f
(gazéification) avec filtre	25 / 55	155	0.7
Centrale électrique à bois sans utilisation de la chaleur, avec filtre ^a	30 jusqu'à 45	120 jusqu'à 180	5 ^f
Combustible GNS dans une centrale combinée à gaz	36 ^b / 10 ^c	154	0.7
Carburant GNS (de la forêt au réservoir)	60 ^d / 10 ^c	–	0.7

a Grande centrale optimisée pour un haut rendement

b Production d'électricité dans une centrale combinée avec un rendement de 60%

c Utilisation locale de la chaleur résiduelle de 10% lors de la production de GNS

d Rendement de la production GNS

e Représentatif de toutes les émissions de polluants atmosphériques

f Correspond à env. 50% de la valeur limite de l'ordonnance sur la protection de l'air 2007

g MJ_{in} = Énergie du bois en MegaJoules

Du bois dans le réservoir et au bec de gaz

La production de méthane à partir du bois est une alternative écologique et économique à la combustion de bois décentralisée. Le bois-énergie est transformé en un agent énergétique conventionnel et ouvre ainsi un vaste éventail d'applications confortables – même sans réseaux de chaleur. Le développement du gaz naturel de synthèse comme carburant de substitution ou comme source d'électricité et de chaleur dépend de conditions politico-financières.

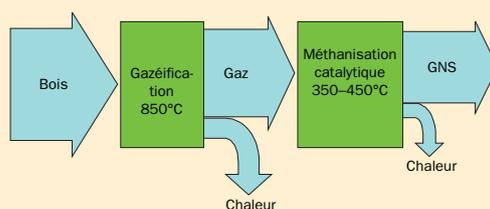
On a déjà employé des gazogènes – pendant la deuxième guerre mondiale – et utilisé le bois comme carburant. Toutefois, à cause de sa composition, on ne peut pas alimenter directement les réseaux de gaz avec ce gaz de bois. On doit d'abord le transformer chimiquement jusqu'à ce qu'il ne soit pratiquement plus composé que de méthane, le constituant principal du gaz naturel. Le PSI a développé la technologie de base nécessaire, la méthanisation catalytique. Ce nouveau procédé a été adapté à un procédé de gazéification du bois développé en Autriche. La coopération avec l'Université Technique de Vienne, la centrale de biomasse de Güssing ainsi que deux constructeurs d'installations, l'un suisse et l'autre autrichien, a abouti à une technologie complète pour la production de GNS. Dans le cadre d'un projet de l'UE et avec le soutien de swisselectric research elle est maintenant testée à l'échelle industrielle, ce qui prépare le chemin à une première installation commerciale en Suisse.

Ce GNS de haute qualité peut être mélangé sans problème avec le gaz naturel et être distribué par les réseaux

Écologiquement souhaitable: remplacer au maximum l'essence et le diesel par du gaz de bois

de gaz existants. De même que le biogaz produit par décomposition des déchets verts et des résidus de l'agriculture, le GNS peut remplacer le gaz fossile partout où le gaz est utilisé aujourd'hui et dans l'avenir, de préférence dans les transports, comme carburant pauvre en émissions pour des véhicules à gaz. C'est aussi plus judicieux d'un point de vue écologique que de l'utiliser pour le chauffage, où il existe déjà des alternatives plus favorables au climat que le fioul de chauffage. À plus long terme le GNS pourra aussi produire de l'électricité dans des centrales à gaz et des installations de cogénération. Une installation de GNS, comme elle pourrait exister en

Les étapes importantes de la transformation du bois en GNS



On retrouve dans le gaz naturel de synthèse 60% du pouvoir calorifique du bois, le reste est dégagé sous forme de chaleur qui peut, au moins partiellement, être utilisée comme chaleur industrielle interne ou pour produire de l'électricité.



Centrale de biomasse de Güssing (Burgenland, Autriche).

Suisse d'ici cinq ans, produirait annuellement à partir de 50 000 tonnes de bois (avec 10 % d'humidité) 18 millions de m³ de GNS – assez pour approvisionner en carburant une flotte de 13 000 voitures à gaz parcourant chacune 15 000 km. On pourrait en principe réaliser 20 installations de ce genre.

Coûts

Avec du bois coûtant 70 Fr./m³, des installations d'une puissance d'environ 20 MW peuvent produire du GNS au coût de 8–10 c/kWh, soit trois à quatre fois le prix d'importation du gaz naturel sibérien. Le prix du bois est un facteur critique à deux points de vue. S'il est trop bas, le bois n'est même pas coupé dans les forêts. S'il monte à 140 Fr./m³, les coûts de production du gaz monteront à 12–14 c/kWh. Dans ces conditions, pour introduire avec succès un tel biocarburant sur le marché, il est impératif qu'il soit exempté de l'impôt sur les huiles minérales, ce qui est déjà envisagé par les milieux politiques. Si l'on utilise le GNS dans des centrales à gaz ou des installations de cogénération, on obtient grâce aux hauts rendements de 60 % et aux coûts d'investissement modérés des prix de production de courant intéressants. À 15–20 c/kWh ils sont comparables à ceux des centrales à bois d'une puissance similaire.

Dimension internationale

L'Union Européenne s'est donné des objectifs ambitieux quant à l'utilisation

de la biomasse dans l'approvisionnement en énergie. On devrait ainsi couvrir jusqu'à 2010 5,75 % de la consommation de carburants par des biocarburants et monter même à 8 % jusqu'à 2020. A court terme cette demande ne peut être couverte que par l'éthanol ou par l'huile végétale provenant de cultures dédiées.

Les carburants synthétiques produits par gazéification exploitent toutefois mieux la biomasse et ont un meilleur rendement. Ils se trouvent pour cette raison aujourd'hui au centre de l'intérêt de l'industrie et la technologie. Dans l'Union Européenne, on se concentre sur des procédés produisant après la gazéification des carburants diesel liquides par synthèse Fischer-Tropsch (Biomass to Liquids ou BTL). Cette technologie est très exigeante et n'est compétitive que pour des grandes installations (500 à 1000 MW et plus). En Suisse les sites adéquats manquent. La production des GNS se base par contre sur des installations vingt fois plus petites, mieux adaptées à la structure géographique de la Suisse. Ceci dit, la production de GNS devient elle aussi plus économique et plus attrayante, lorsqu'on peut rationaliser les aspects logistiques – c.-à-d. lorsque le bois est abondant et les chemins de transports courts, comme c'est le cas dans les régions boisées de l'Europe du Nord. La Scandinavie montre par exemple déjà de l'intérêt pour des installations de l'ordre de 100 MW.

Découpler les lieux de production et d'utilisation

Pour quelles raisons doit-on élever le biogaz et le gaz de bois à la qualité du gaz naturel?

En principe on veut étendre l'utilisation énergétique de la biomasse, afin de réduire la dépendance envers les agents énergétiques fossiles importés et les émissions de gaz nocifs. Les potentiels de la biomasse sont néanmoins limités en quantité et en vitesse de réalisation. Il est donc nécessaire d'utiliser la biomasse de façon aussi effective et efficace que possible. La transformation de biomasse humide en biogaz et la gazéification du bois en GNS offrent la chance de découpler spatialement le lieu de production de celui d'utilisation, au prix d'un traitement et d'un réseau de distribution. On peut alors p. ex. mieux exploiter des installations de cogénération, en les installant là où il nous faut aussi de la chaleur. Mais on peut aussi créer de nouveaux domaines d'utilisation, comme le transport par véhicules alimentés au gaz.

C'est l'utilisation du gaz renouvelable et non pas sa production que l'on doit encourager de façon fiable

Dans l'UE, surtout en Allemagne, on mise sur le potentiel de production de diesel synthétique à partir du bois. Dans ces conditions, quelles sont les chances du GNS en Union Européenne?

Les activités en Allemagne sur les carburants liquides à partir de la biomasse (BTL) sont poussées en première ligne par l'industrie automobile, qui veut créer de nouvelles perspectives pour la technologie établie des moteurs diesel. Par ailleurs, il apparaît que le GNS est comparable aux BTL, si l'on tient compte de toute la chaîne de transformation. Le bois comme matière première peut donc être utilisé comme carburant avec le même rendement – et ceci avec moins d'émissions de polluants atmosphériques que le diesel synthétique. Mais il n'est pas encore sûr qu'il se trouve assez d'acteurs politiques et industriels pour soutenir avec la force nécessaire la technologie du GNS dans les années à venir. Il y a sur ce point un besoin d'agir.

Quelles conséquences aurait une expansion massive de l'alimentation en gaz renouvelable sur le fonctionnement des réseaux de gaz européens?

On doit considérer ces conséquences dans le contexte du développement à long terme. En Allemagne par exemple, l'expansion graduelle du potentiel d'alimentation en biogaz correspond à peu près à la réduction simultanée de l'extraction de gaz naturel domestique, on a quasiment un remplacement à l'identique. A long terme on peut de plus adapter les structures de livraison du gaz acheté à l'étranger. On peut ainsi en principe s'attendre à ce qu'il n'y ait pas de restrictions, surtout si l'on peut créer avec les transports un nouveau débouché avec une demande constamment élevée. Ceci n'empêche toutefois pas des restrictions à un niveau local, qui nécessiteront le cas échéant des mesures ciblées de renforcement des réseaux.

Est-ce que le réseau peut jouer un rôle de réservoir pour le gaz renouvelable?

Pour de petites quantités en principe oui. La question sera cependant plutôt de savoir jusqu'à quel point la production de gaz renouvelable peut s'adapter aux fluctuations de la demande en gaz naturel (minimum estival, fluctuations journalières) au moyen d'une exploitation flexible des installations et de stockages intermédiaires pour quelques heures.

Dans quelles conditions peut se développer le marché du gaz renouvelable?

On ne doit pas encourager la production mais plutôt l'utilisation du gaz renouvelable pour des applications protégeant très efficacement le climat – et ceci de façon fiable et à long terme. En même temps une taxation des agents énergétiques fossiles proportionnelle à leurs coûts écologiques (p. ex. au moyen des certificats de CO₂) pourrait aider.



Dr. Ing. Stephan Ramesohl est l'auteur d'une étude détaillée sur l'alimentation du réseau de gaz naturel avec du biogaz*. Elle fut publiée en

2006 dans le cadre de ses activités à l'Institut pour le Climat, l'Environnement et l'Énergie de Wuppertal, où il dirige le projet «Nouveaux Agents Énergétiques et Carburants» au sein du groupe de recherche «Structures Futures d'Énergie et de Mobilité». Stephan Ramesohl est ingénieur économiste (Université (TH) Karlsruhe) et économiste (Université Aix-Marseille II). Il a obtenu son doctorat dans le domaine de l'Electrotechnique et des Systèmes d'Énergie Électriques, à l'Université Paderborn en Allemagne.

*www.dvgw.de/aktuelles/presse/pm03_06.html

Carburants ou électricité: qu'est qui a le plus de sens pour le bois comme matière première?

Ceci dépend du contexte de chaque système énergétique. Remplacer l'électricité produite dans les centrales à charbon allemandes économise plus de CO₂ que si l'on remplace l'essence ou le diesel pour les transports. Supplanter l'hydroélectricité propre n'a pas de sens. En tout cas on ne doit jamais juger les options de bioénergie de façon isolée ; au contraire, elles devraient toujours être part d'une stratégie globale au niveau supérieur pour un approvisionnement durable en énergie. Une telle stratégie fait malheureusement défaut dans la plupart des cas.

Impressum

Le point sur l'énergie est une publication du PSI sur l'évaluation globale des systèmes énergétiques (projet GaBE). Il paraît quatre fois par an. Ont contribué à cette édition: Dr. Samuel Stucki et Alfred Waser.

ISSN-Nr.: 1661-5131

Tirage: 15 000 ex. en allemand, 4000 ex. en français, 800 ex. en anglais. Anciens numéros disponibles en Pdf (D, F, E): <http://gabe.web.psi.ch/>

Responsable du contenu:

Paul Scherrer Institut
Dr. Stefan Hirschberg
5232 Villigen PSI, Suisse
Tel. 056 310 29 56, Fax 056 310 44 11
stefan.hirschberg@psi.ch
www.psi.ch/GaBE

Rédaction: Ruth Schmid

Distribution et souscriptions:
renate.zimmermann@psi.ch

Traduction française: Konstantin Foskolos

Layout: Irma Herzog

Analyses des systèmes énergétiques au PSI: L'objectif des analyses des systèmes énergétiques au Paul Scherrer Institut à Villigen est l'appréciation globale et détaillée des systèmes énergétiques d'aujourd'hui et de demain. On considère en particulier des critères de santé publique, d'écologie et d'économie. Sur la base des Analyses de Cycle de Vie (LCA), des modèles d'économie énergétique, des analyses des risques, des modèles de dispersion des substances nocives et, enfin, d'une analyse multi-critères il est possible de comparer différents scénarios énergétiques, afin d'offrir une base pour des décisions politiques.

Collaborations avec:

ETH Zürich; EPF Lausanne; EMPA; Massachusetts Institute of Technology, (MIT); University of Tokyo; Union Européenne, (EU); Agence Internationale pour l'Énergie, (IEA); Organisation pour la Coopération et le Développement Économique, (OCDE); Organisation des Nations-Unies, (ONU)