



**TA-SWISS 55/2010**

*Rainer Zab, Claudia Binder, Stefan Bringezu,  
Jürgen Reinhard, Alfons Schmid, Helmut Schütz*

# **Future Perspectives of 2<sup>nd</sup> Generation Biofuels**

**Bibliographic Information published by  
Die Deutsche Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Internet  
at <http://dnb.d-nb.de>.

All rights reserved. Nothing from this publication may be reproduced, stored in computerised systems or published in any form or in any manner, including electronic, mechanical, reprographic or photographic, without prior written permission from the publisher.

The Study was supported by the Swiss Federal Office for the Environment FOEN, the Swiss Federal Office of Energy SFOE, the Swiss Academy of Engineering Sciences SATW, and the Swiss Academy of Sciences SCNAT.

© 2010 vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

ISBN 978-3-7281-3334-2

[www.vdf.ethz.ch](http://www.vdf.ethz.ch)  
[verlag@vdf.ethz.ch](mailto:verlag@vdf.ethz.ch)

Presseberichte: Bitte Sperrfrist bis 29.06.10, 11 Uhr einhalten!

© vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

## SUMMARY

Biofuels made from renewable resources have come under heavy criticism. Energy crops stand in direct competition with food production or biodiversity conservation, and the environmental impacts of biofuels production are often greater than those of fossil fuels. New hope is being placed on the 2<sup>nd</sup> generation of biofuel technology, where not only oils, sugar and starch but also ligno-cellulosic compounds are transformed into fuels. This leads to a higher conversion efficiency and facilitates the use of alternative feedstocks like wood, grass or biowaste, which serve as more sustainable feedstocks.

Currently, 2<sup>nd</sup> generation biofuels are on the edge of penetrating the commodity market and it is an open question as to whether they will be able to compete with established 1<sup>st</sup> generation biofuels or whether they will be overtaken in the mid-term by electric mobility. In the case of a successful market entry for them, however, the effects on global land use, the environment, and the economy are still unclear. The main goal of this study therefore was to discuss the future potential of 2<sup>nd</sup> generation biofuels for Switzerland.

The discussion is based on different perspectives pertaining to the sustainability of 2<sup>nd</sup> generation biofuels. First, the different feedstocks, conversion technologies and use forms of bioenergy are compared based on a sustainability performance analysis. Second, full biofuels' value chains are assessed using methods including an actor analysis. Finally, three widely differing biofuel scenarios for Switzerland in the years 2015 and 2030 have been developed and analysed.

The study shows on the value chain level that the sustainability of 2<sup>nd</sup> generation biofuels depends mainly on the choice of feedstock. The use of waste feedstocks like manure, biowaste or residual wood usually results in a high sustainability potential and large GHG savings. However, if a 2<sup>nd</sup> generation feedstock has to be cultivated by agriculture or forestry, as it is the case for grassland or short-rotation wood, land consumption will be substantial for relevant volumes of fuel. This increases land use pressure on natural areas, while biodiversity is generally threatened.

Although sustainable production of biofuels is generally possible, the large-scale production of 2<sup>nd</sup> generation biofuels is restricted either by limited land availability, limited waste feedstocks or – in the case of fuels from algae – high costs and energy consumption. In the scenario with the highest green house gas savings (“Challenges”) these constraints are reflected in a biofuel use of 10 PJ in 2030, with 52% first and 48% second generation biofuels. Based on current fuel consumption, the maximum substitution potential of rather sustainable biofuels for fossil mobility would be 7.3%, from which 4.8% would be produced domestically, while 2.5% would be imported. This 7.3% of biomass-fuelled mobility would bring greenhouse gas savings of 5%, but only 1% more overall sustainability. The scenario with higher shares of biofuels (“Unlimited Growth”) resulted in less GHG savings. On the other hand, electric mobility might substitute roughly 26% of fossil fuels in 2030. Electric mobility has a higher potential than 2<sup>nd</sup> generation biofuels because renewable electricity from wind or solar power appears to be limited mainly by financial constraints or a scarcity

of the rare metals needed for photovoltaics. Nevertheless, if the electric car fleet were fuelled by imported electricity, such as the European mix or even coal power, greenhouse gas savings and sustainability benefits would be widely eliminated or even over-compensated.

As all biofuel and electric mobility pathways considered are not yet economically competitive, policy regulations will have a major influence on the success of 2<sup>nd</sup> generation biofuels. Of primary importance is the increase of the tank-to-wheel efficiency of internal-combustion engines. A reduction in average fleet consumption from currently 7.9 l/100km to 4l/100km in the year 2030 would double the potential of sustainable bio-based mobility in Switzerland to 15%, while sustainability would also be increased.

In summary, 2<sup>nd</sup> generation biofuels allow a more sustainable mobility than both fossil and 1<sup>st</sup> generation biofuels based on agriculture. Due to the limited availability of both waste feedstocks and cultivation area, however, sustainable bioenergy-based mobility is restricted to clearly less than 8% of individual mobility in Switzerland, if constant mobility and fleet efficiency is assumed. Nevertheless, 2<sup>nd</sup> generation biofuels may play a relevant complementary part in supplying our future mobility, in particular for long distance transport and aviation where electric mobility is less suitable.

## ZUSAMMENFASSUNG

Biotreibstoffe stehen in der Kritik. Energiepflanzenanbau konkurrenziert Nahrungsmittelproduktion, gefährdet Biodiversität und die Umweltauswirkungen von Biotreibstoffen sind oftmals grösser als bei Erdöl. Gegenwärtig ruht deshalb die Hoffnung auf den sogenannten Biotreibstoffen der 2. Generation, bei deren Produktion nicht nur Öl, Zucker und Stärke sondern auch Ligno-Zellulose umgewandelt wird. Dies bewirkt einen höheren Wirkungsgrad und ermöglicht die Nutzung neuer Biomasse-Quellen wie Holz, Grassland oder Bioabfall, welche umweltschonender bereitgestellt werden können.

Biotreibstoffe der 2. Generationen stehen gegenwärtig an der Schwelle zur breiten Markteinführung. Es stellt sich die Frage, ob sie sich gegen konventionelle Biotreibstoffe durchsetzen, oder ob sie mittelfristig von der Elektromobilität verdrängt werden. Falls sie sich erfolgreich auf dem Markt behaupten, gilt es die Auswirkungen auf die globale Landnutzung, auf Umwelt und Wirtschaft zu verstehen. Ziel dieser Studie ist deshalb die Analyse des zukünftigen Potentials von Biotreibstoffen der 2. Generation in der Schweiz.

Die Studie betrachtet die Nachhaltigkeit von Biotreibstoffen der 2. Generation aus drei verschiedenen Perspektiven. Zunächst wird die Bereitstellung, Umwandlung und Nutzung der Biotreibstoffe mittels "Sustainability Performance Analysis" analysiert und mit fossilen Referenzprozess verglichen. Der zweite Schritt untersucht die Nachhaltigkeit ganzer Wertschöpfungsketten und überprüft deren Durchführbarkeit mittels Akteursanalyse. Schlussendlich werden drei Bioenergie-Szenarien für die Schweiz in den Jahren 2015 und 2030 entwickelt und analysiert.

Die Studie zeigt, dass die Nachhaltigkeit der Biotreibstoff-Wertschöpfungsketten hauptsächlich von der Wahl der Biomasse abhängt. Die Verwendung von Abfallmaterialien wie Gülle, Bioabfall oder Restholz wirkt sich günstig auf die Nachhaltigkeit und Treibhausgasbilanz der ganzen Kette aus. Grosse Landflächen werden dagegen beim landwirtschaftlichen Anbau von Energiepflanzen benötigt, beispielsweise bei schnellwachsenden Holzplantagen oder bei Chinaschilf. Dadurch können sowohl die Funktionen der Ökosysteme als auch die Biodiversität gefährdet werden.

Die nachhaltige Produktion von Biotreibstoffen der 2. Generation ist grundsätzlich möglich. Im grossen Masstab ist die Produktionsmenge aber begrenzt durch die Verfügbarkeit von Anbauflächen, die Verfügbarkeit von Abfällen oder – im Fall von Treibstoffen aus Algen – durch hohe Kosten und geringe energetische Effizienz der Wertschöpfungskette. Im Szenario "Herausforderungen", welches die grössten Treibhausgaseinsparungen ermöglicht, werden im Jahr 2030 jeweils 5 PJ Biotreibstoff der ersten und zweiten Generation genutzt. Verglichen mit dem heutigen Treibstoffverbrauch liesse sich damit 7.3% der heutigen Schweizer Individualmobilität betreiben – 4.8% mit Schweizer Biotreibstoffen und 2.5% mit importierten Biotreibstoffen. Diese 7.3% biomasse-basierte Mobilität führt zu 5% Treibhausgaseinsparungen, aber nur zu 1% mehr Nachhaltigkeit. Das Szenario mit einem höheren Biotreibstoff-Anteil ("unbegrenzt Wachstum") bewirkt dagegen noch niedrigere Treibhausgaseinsparungen. Demgegenüber liesse sich mit Elektromobilität im Jahr 2030 circa 26% der Individualmobilität ersetzen. Das Potential von Elektromobilität liegt im Vergleich zu Biotreibstoffen so hoch, weil erneuerbare Elektrizität aus Wind oder Photovoltaik

Presseberichte: Bitte Sperrfrist bis 29.06.10, 11 Uhr einhalten!

© vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

einzig durch ökonomische Randbedingungen und die Knappheit seltener Metalle limitiert ist. Wenn die Elektromobil-Flotte mit dem Europäischen Strom-Mix oder gar mit Kohle-Strom betrieben würde, wäre der Umweltnutzen aber weitestgehend eliminiert oder sogar überkompensiert.

Da alle untersuchten Biotreibstoff- und Elektromobilitäts-Optionen wirtschaftlich noch nicht konkurrenzfähig sind, sind Fördermassnahmen ein wichtiger Faktor für den Erfolg der 2. Generation von Biotreibstoffen. Die wichtigste Zielgrösse ist dabei die Energieeffizienz der Fahrzeuge. Die technisch mögliche Reduktion des Schweizerischen Flotten-Verbrauchs von gegenwärtig 7.9l/100km auf 4l/100km im Jahr 2030 würde das Potential der Biotreibstoffe auf 15% verdoppeln, was auch auf die Nachhaltigkeit einen sehr positiven Einfluss hätte.

Zusammengefasst erlauben Biotreibstoffe der 2. Generation eine nachhaltigere Mobilität als Biotreibstoffe der ersten Generation und als fossile Treibstoffe. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit sowohl von Anbaufläche als auch von Abfallmaterialien ist das Potential aber auf weniger als 8% der Schweizer Individualmobilität beschränkt, wenn wir von konstanter Gesamtmobilität und Flotteneffizienz ausgehen. Trotzdem werden Biotreibstoffe der 2. Generation in Zukunft eine wichtige Rolle für unsere Mobilität spielen indem sie urbane elektrische Mobilität im Langstreckentransport oder auch im Luftverkehr ergänzen.

## RESUME

Les biocarburants font l'objet de critiques. Les cultures énergétiques concurrencent les cultures alimentaires, mettent en danger la biodiversité et les effets sur l'environnement des biocarburants sont supérieurs à ceux du pétrole. Actuellement l'espoir repose sur ce que l'on appelle les biocarburants de 2<sup>e</sup> génération dont la production ne repose pas seulement sur la transformation d'huiles, de sucres ou d'amidon mais aussi de ligno-cellulose. Ce qui s'accompagne d'un meilleur rendement et permet l'utilisation de sources de biomasse telles que le bois, l'herbe ou les déchets biologiques.

Les biocarburants de 2<sup>e</sup> génération se trouvent aujourd'hui à la veille de leur commercialisation. On peut se demander s'ils pourront s'imposer face aux biocarburants traditionnels ou encore si, à moyen terme, ils ne vont pas être évincés par l'électromobilité. Leur succès éventuel sur le marché implique de connaître aussi leurs effets sur l'utilisation globale des terres ainsi que sur l'environnement et l'économie. Cette étude a ainsi pour but d'analyser le potentiel des biocarburants de 2<sup>e</sup> génération en Suisse

Cette étude considère la durabilité des biocarburants sous trois aspects. Dans un premier temps, elle analyse leurs performances de durabilité pour ce qui est de la disponibilité des matières premières, de la transformation de celles-ci enfin de l'utilisation du biocarburant pour les comparer avec celles d'un processus de référence d'un carburant fossile. Dans une deuxième étape, elle étudie la durabilité de l'ensemble des chaînes de valorisation et vérifie leur faisabilité à l'aide d'une analyse des acteurs. Finalement elle développe et analyse trois scénarios de l'exploitation des bioénergies en Suisse pour les années 2015 et 2030.

Il ressort de cette étude que la durabilité des chaînes de valorisation des biocarburants dépend essentiellement du choix de la biomasse. L'utilisation de déchets, tels que le lisier, les biodéchets ou les déchets de bois exerce un effet favorable sur la durabilité et le bilan des gaz à effets de serre de toute la chaîne de valorisation. La culture des plantes énergétiques, telles que les plantations d'essences de bois à croissance rapide ou de roseau de Chine, nécessite des surfaces de terres importantes et peut ainsi nuire au fonctionnement des écosystèmes et mettre en danger la biodiversité.

Une production durable des biocarburants de 2<sup>e</sup> génération est en principe possible. A grande échelle, cette production se heurte toutefois à la disponibilité limitée des surfaces cultivables ou – dans le cas des carburants tirés des algues – aux coûts élevés et à la faible efficacité énergétique de la chaîne de valorisation. Dans le scénario "Herausforderungen" (défi), qui permet la plus grande économie d'émissions de gaz à effet de serre, en 2030 l'utilisation de biocarburant de première et de deuxième génération atteint 5PJ pour chacun d'eux. Avec la consommation de carburants actuelle, ceci permettrait de couvrir 7.3% des besoins de la mobilité suisse – soit 4.8% avec des biocarburant suisses et 2.5% avec des biocarburants importés. Cette mobilité basée sur la biomasse conduit à une économie des émissions de gaz à effet de serre de 5%, mais seulement à 1% d'amélioration de la durabilité. Le scénario comportant une proportion plus élevée de biocarburants ("unbegrenztes Wachstum", croissance illimitée) s'accompagne d'une économie de gaz à effet de serre moindre. Par contre en 2030 l'électromobilité permettrait de couvrir environ 26%

des besoins de mobilité individuelle. Le potentiel à ce point élevé de l'électromobilité par rapport aux biocarburants provient de ce que la production d'électricité renouvelable, éolienne ou photovoltaïque, n'est limitée que par les conditions économiques marginales et une éventuelle pénurie des métaux rares. Si le parc des véhicules électriques était exploité avec de l'électricité du mix européen ou même avec de l'électricité produite à partir de charbon, le bénéfice écologique s'en trouverait annulé, voire même surcompensé.

Comme tous les biocarburants et les options de mobilité étudiés ne sont pas encore économiquement concurrentiels, les mesures de promotion sont un facteur important pour le succès des biocarburants de 2<sup>e</sup> génération. L'objectif cible le plus important est ici l'accroissement de l'efficacité énergétique des véhicules. La réduction, techniquement possible, de la consommation du parc de véhicules suisse d'actuellement 7.9 l/100 km à 4.0 l/100 km en 2030 doublerait à 15% le potentiel des biocarburants, ce qui aurait aussi une influence positive sur la durabilité.

En résumé, les biocarburants de 2<sup>e</sup> génération permettent une mobilité plus durable que ceux de la 1<sup>ère</sup> génération et que les carburants fossiles. Du fait de la disponibilité limitée tant des surfaces cultivables que des déchets utilisables, leur potentiel, pour une mobilité globale et une efficacité du parc automobile demeurant constantes, est limité à moins de 8% de la mobilité individuelle suisse. Malgré cela, les biocarburants de 2<sup>e</sup> génération joueront dans l'avenir un rôle important pour notre mobilité en tant que complément de la mobilité électrique urbaine, dans les transports à longue distance ou encore aussi dans les transports aériens.



## TA-SWISS Centre for Technology Assessment

<http://www.ta-swiss.ch>

### **Main authors**

*Dr. Rainer Zah, Jürgen Reinhard*

Life Cycle Assessment & Modelling Group, Technology & Society Lab, Empa, Dübendorf,  
Switzerland

*Prof. Dr. Claudia R. Binder, Alfons Schmid*

Social and Industrial Ecology, Geographic Institute, University of Zürich, Switzerland

*Dr. Stefan Brinzeu, Dr. Helmut Schütz*

Material Flows & Resource Management, Wuppertal Institute, Germany

### **With further contributions of**

*Rimousky Menkveld* (Wageningen University, The Netherlands)

*Lukas Diethelm* (Geographic Institute, University of Zürich, Switzerland)

*Severin Hegelbach* (Geographic Institute, University of Zürich, Switzerland)

*Alexandre Fahrni* (ETH Zürich, Switzerland)

*Meghan O'Brien* (Material Flows & Resource Management, Wuppertal Institute, Germany)

*Brigitte Portner* (Centre for Development and Environment, University of Bern, Switzerland)

*Simon Gmünder* (LCAM, Technology & Society Lab, Empa, Dübendorf, Switzerland)

*Jennifer Baka* (Yale School of Forestry & Environmental Studies, New Haven – CT, USA)

*Prof. Dr. Robert Bailis* (Yale School of Forestry & Environmental Studies, New Haven –  
CT, USA)

### **Members of the Project Advisory Board**

*Dr. Ruedi Jörg-Fromm*, chairman of the project advisory board, member of the TA-SWISS  
steering committee

*Rosmarie Bär*, alliance sud – Swiss Alliance of Development Organisations, Bern

*Dr. Marco Berg*, Climate Cent Foundation, Zurich

*Prof. Dr. Richard Braun*, BioLink, Bern

*Dr. Reto Burkard*, Swiss Federal Office for Agriculture FOAG, Bern

*Heinz Hänni*, Swiss Farmers' Union SBV-USP, Brugg

*Prof. Dr. Christian Hardtke*, University of Lausanne

*Dr. Sandra Hermle*, Swiss Federal Office of Energy SFOE, Bern

*Roger Löhner*, Touring Club Switzerland TCS, Emmen

Presseberichte: Bitte Sperrfrist bis 29.06.10, 11 Uhr einhalten!

© vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

*René Longet*, equiterre, Geneva; member of the TA-SWISS steering committee  
*Prof. Dr. Wolfgang Nentwig*, University of Bern  
*Dr. Gerhard Stucki*, Balewa AG, Liestal  
*Dr. Samuel Stucki*, Paul Scherrer Institute PSI, Villigen  
*Dr. Roland von Arx*, Swiss Federal Office for the Environment FOEN; Bern

#### **TA-SWISS Project Management**

*Dr. Sergio Bellucci*, Managing Director of TA-SWISS  
*Susanne Brenner*, Public Relations TA-SWISS  
*Dr. Adrian Rügsegger*, Project Manager Biotechnology and Medicine TA-SWISS

#### **Acknowledgement**

This publication was carried out in close cooperation with Christoph Ritz and Urs Neu from ProClim – the Swiss Forum for Climate and Global Change, who supported us in organising the expert interviews. Furthermore we would like to thank Rimousky Menkveld, Lukas Diethelm, Severin Hegelbach and Alexandre Fahrni who carried out their Theses in the context of this project and delivered important contributions for the Sustainability Performance Analysis. Thanks also go to Brigitte Portner, Simon Gmünder, Jennifer Baka and Robert Bailis who contributed additional spotlights to this publication, to Marcel Gauch who contributed with his know-how on eMobility, to Thomas Ruddy who reviewed the English of substantial parts of this book and Alexandra Schutzbach who gave the polish.

Finally, we would like to thank the members of the project advisory panel Rosmarie Bär, Marco Berg, Richard Braun, Reto Burkard, Lukas Gutzwiller, Heinz Hänni, Christian Hardtke, Sandra Hermle, Ruedi Jörg-Fromm, Roger Löhner, René Longet, Wolfgang Nentwig, Gerhard Stucki, Samuel Stucki and Roland von Arx for their valuable feedback and last but not least Adrian Rügsegger, Sergio Bellucci and Susanne Brenner from TA-SWISS for their highly appreciated support in conducting this study.