

Ökologische Optimierungspotenziale der energetischen Nutzung von Palmöl

Guido A. Reinhardt · Nils Rettenmaier · Julia Münch

Erhalten: 18. Oktober 2007 / Akzeptiert: 7. April 2008 / Online veröffentlicht: 16. Mai 2008
© Springer-Verlag 2008

Zusammenfassung *Hintergrund und Ziel* In den letzten Jahren hat Palmöl als Bioenergieträger immer mehr an Bedeutung gewonnen, da es aufgrund seines hohen Flächenertrags äußerst kostengünstig produziert werden kann. Gleichzeitig gerät Palmöl vermehrt in die Kritik, weil neue Studien die ökologisch nachteiligen Folgen des Anbaus höher einschätzen als ursprünglich vermutet. Aufgrund der großen Nachfrage nach Palmöl werden die ökologisch verträglichen Anbauflächen zunehmend knapp. Daher wird Naturwald gerodet, um neue Plantagen anzulegen, was zu einem Verlust an Biodiversität und zur Emission von Treibhausgasen führt. Mithilfe einer Ökobilanz können die gesamten Umweltauswirkungen, die sich bei der Produktion und Nutzung von Palmöl ergeben, erfasst werden. Ein Teilaspekt der Ökobilanz ist die Treibhausgasbilanz, die aufgrund des Klimawandels zurzeit besonders gründlich betrachtet wird. Bei Palmöl ließe sich diese Treibhausgasbilanz entscheidend verbessern, wenn die Palmölgewinnung optimiert würde. Das Ziel des Artikels ist es daher, die Optimierungspotenziale für Palmöl hinsichtlich Ressourcenschonung und Klimaschutz im Einzelnen darzustellen.

Ergebnisse und Diskussion Sowohl bei bestehenden Plantagen als auch bei Neuanlagen können enorme Mengen an Treibhausgasen gegenüber heute eingespart werden, indem zum einen die Plantagen effektiver betrieben und die anfallenden Reststoffe vollständig genutzt werden, und zum anderen eine Neuanlage von Plantagen auf Brachflächen erfolgt, anstatt Regenwald zu roden oder andere Plantagen umzuwidmen. Die Ergebnisse zeigen, dass das Gesamtpotenzial zur Optimierung hoch ist. Zum einen erhält man

eine bessere Treibhausgasbilanz, wenn das Plantagenmanagement effizienter gestaltet wird. Zum anderen können große Mengen an Reststoffen, die bei der Palmölherstellung anfallen, genutzt werden. Vor allem die Fasern und Schalen der Ölpalmenfrüchte sowie die Nutzung des bei der Aufbereitung der Ölmühlenabwässer entstehenden Biogases können zur Stromerzeugung verwendet werden und so die Ökobilanz entscheidend verbessern. Bei optimierter Bewirtschaftung lassen sich auf bestehenden Plantagen jährlich etwa 4,8 t an Treibhausgasen pro Hektar und Jahr auf der Basis von CO₂-Äquivalenten einsparen, was sich vor allem auf die Reduktion von Methan aus den Ölmühlenabwässern zurückführen lässt. Emissionen werden ebenfalls entscheidend gesenkt, wenn neue Plantagen auf vorhandenen Brachflächen anstelle von Naturwaldflächen angelegt werden. Damit ist eine weitere Einsparung von 4,8 t CO₂-Äquivalenten pro Hektar und Jahr möglich. Die Errichtung einer Plantage auf Brachflächen ist zwar kostenintensiver als die Errichtung auf Naturwaldflächen, trägt aber nicht nur zu einer positiveren Treibhausgasbilanz von Palmöl, sondern auch zum Schutz der Biodiversität bei. Nutzt man also das gesamte Potenzial vollständig aus, so lassen sich jährlich 10,2 t mehr an CO₂-Äquivalenten pro Hektar einsparen als bei der heute üblichen Produktion und Nutzung von Palmöl.

Schlussfolgerungen und Ausblick Da die ökologisch verträglichen Anbauflächen aufgrund der großen Nachfrage nach Palmöl auf dem Weltmarkt zunehmend knapp werden, ist eine Optimierung der bislang ungenutzten Potenziale aus ökologischer, aber auch aus ökonomischer Sicht unbedingt erstrebenswert. So sollte auf das Errichten von Neuplantagen auf Naturwaldflächen zugunsten einer Anlage auf Brachflächen verzichtet werden. Zudem sollte das Plantagenmanagement optimiert und ein effizientes Konzept zur Reststoffverwertung und Abwasserbehandlung erstellt werden. Eine wichtige Voraussetzung für eine nachhaltige

G. A. Reinhardt · N. Rettenmaier · J. Münch (✉)
Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
Wilckensstr. 3, 69120 Heidelberg, Deutschland
E-Mail: julia.muench@ifeu.de

Palmölproduktion ist, die vorhandenen Optimierungspotenziale auch auszuschöpfen. Da dies aufgrund hoher Anfangsinvestitionskosten zur Zeit nicht geschieht, ist es ratsam, entsprechende Maßnahmen zur Realisierung der genannten Optimierungspotenziale zu ergreifen, so z. B. möglichst rasch ein international gültiges Zertifizierungssystem zu verabschieden und damit Anreize zu bieten, ökologisch verbessert zu produzieren.

Schlüsselwörter Bioenergie · CO₂-Äquivalente · Energiequellen · Energie und Umwelt · Nachhaltige Palmölproduktion · Ölmühlenabwässer · Optimierungspotenziale · Palmöl · Palmölmühlen · Palm Oil Mill Effluent (POME) · Treibhausgase

Economic optimisation potentials of the energetic utilisation of palm oil

Abstract *Aim and Background* The use of palm oil for bioenergy has become increasingly important for Europe in the last years because of its favourable proportion of yield to area under cultivation. Thus, palm oil presents a low-priced alternative to other energy sources, e. g. rapeseed oil. Currently, however, palm oil gets a bad press due to new studies about the negative environmental consequences of cultivation practices. Due to the high demand for palm oil, land is becoming scarce. This results in the clearing of primary forests and consequently in the loss of biodiversity and in an increase of greenhouse gas emissions. To reduce the latter, not only the process of oil palm cultivation has to be optimised but also the practice of establishing new plantations by clearing natural forests has to be questioned. The aim of this article is to disclose potentials for greenhouse gas reductions in existing as well as in newly-planned oil palm plantations.

Results and Discussion For existing oil palm plantations, two main fields for possible optimisation can be identified: one is improving the plantation management, the other is increasing the efficiency of the utilisation of waste products such as fibres and husks or oil mill effluents. For newly-planned oil palm plantations alternative land use scenarios have to be considered. The results show a big potential for optimisation. Thus, the greenhouse gas balance improves slightly if plantations are run more efficiently. If the waste products are used to generate energy, there are significantly positive effects on the greenhouse gas balance, especially through the reduction of methane emissions. By running a plantation in a professional best-practice way, 4.8 t of greenhouse gases can be saved annually per hectare cultivation area, expressed as CO₂ equivalents. If newly-planned oil palm plantations are established on fallow land, greenhouse gas emissions can be further reduced by an additional 4.8 t

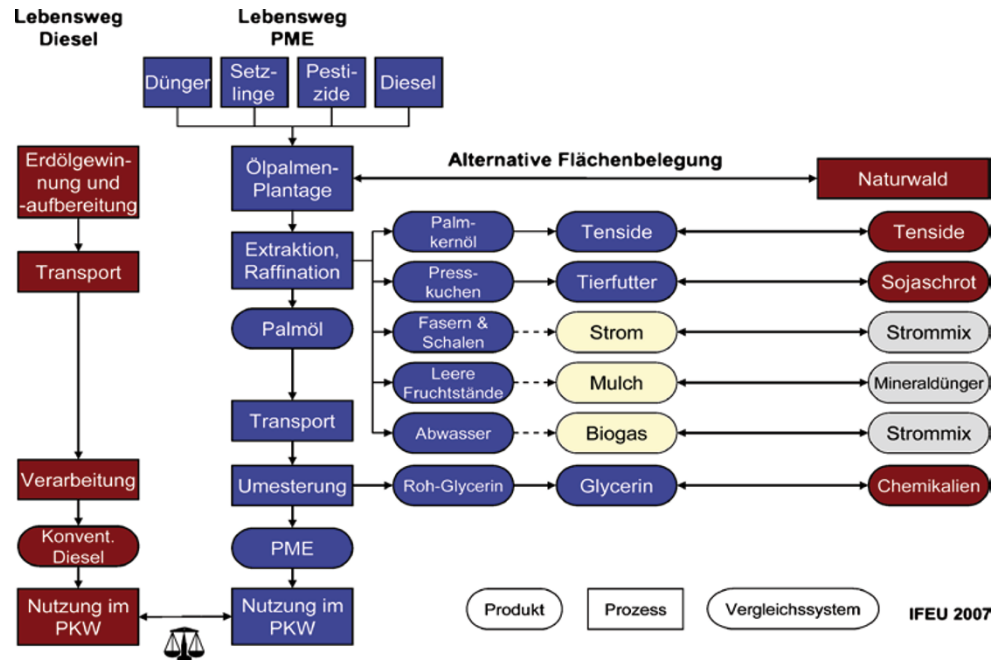
of CO₂ equivalents per hectare and year. From an economic perspective, this may be more costly than clearing primary forest but it is advantageous for both the greenhouse gas balance and the biodiversity of the concerned areas. All in all, exploiting the whole potential for optimisation could result in the saving of 10.2 t CO₂ equivalents per hectare and year more than it is the case in the existing mode of cultivation. *Conclusions and Perspectives* Due to the high demand of palm oil by the world market, cultivation areas for oil palms are becoming increasingly scarce. Thus, it is vital to exploit the full potential of oil palm cultivation in an environmentally and economically sustainable way. The management of plantations has to be optimised and a generally valid waste management system must be implemented in existing and future plantations. New plantations should preferably be established on fallow land, not by the clearing of primary forests. It is essential for a sustainable palm oil production to tap the full potential for optimisation. This, however, is currently not happening due to the high start-up investments. It is thus recommended to introduce an internationally valid certification system which may provide an incentive for more sustainable and effective production methods.

Keywords Bioenergie · CO₂-equivalents · Energy and environment · Energy sources · Greenhouse gases · Oil mill effluents · Oil palms · Optimisation potential · Palm oil · Palm oil mills · Palm oil mill effluent (POME) · Sustainable palm oil production

1 Hintergrund und Ziel

Begünstigt durch ökonomische und politische Rahmenbedingungen haben Biobrennstoffe und Biokraftstoffe aus Pflanzenölen in der jüngsten Vergangenheit stark an Bedeutung gewonnen. In Deutschland wurde die Nachfrage nach Biobrennstoffen für die stationäre Nutzung dabei wesentlich durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2006) und die Nachfrage nach Biokraftstoffen durch das Ziel der EU gestärkt, im Jahr 2010 mindestens einen Anteil von 5,75% an Biokraftstoffen zu erreichen (EU 2003). Deutschland hat sich darüber hinaus sogar zu auf einen Anteil von 6,75% bis 2010 verpflichtet (BioKraftQuG 2006). Insbesondere Palmöl hat sich in letzter Zeit vor allem im stationären Bereich immer mehr als eine Alternative zu anderen Pflanzenölen wie Soja- oder Rapsöl etabliert, da es aufgrund seines hohen Flächenertrags wesentlich preiswerter herzustellen ist und damit ein enormes Kosteneinsparungspotenzial für Unternehmen bietet. Das Palmöl wird aus den Früchten der Ölpalme gewonnen, deren Anbaugebiet in den immergrünen Tropen beiderseits des Äquators liegt. Die Palmölproduktion hat sich in den letzten zehn Jahren verdoppelt, sodass Palmöl inzwischen mit über 33 Mio. t pro Jahr das meistproduzierte

Abb. 1 Lebenswegvergleich von konventionellem Dieseldieselkraftstoff und Palmöl-Biodiesel (Palmölmethylester, PME), die beide in einem Diesel-Fahrzeug eingesetzt werden. POME (palm oil mill effluent) ist das Ölmühlenabwasser. Die hellen Felder zeigen das bislang nur teilweise oder nicht genutzte Optimierungspotenzial. © IFEU



Pflanzenöl weltweit ist (MPOB 2005). In der energetischen Verwendung von Palmöl sieht man in erster Linie eine weitere CO₂-neutrale Energiequelle, die mit zur Verringerung des Treibhauseffektes beitragen soll. Mithilfe einer Ökobilanz können die gesamten Umweltauswirkungen, die sich bei der Produktion und Nutzung von Palmöl ergeben, erfasst werden. Ein Teilaspekt der Ökobilanz ist die Treibhausgasbilanz, die aufgrund des Klimawandels momentan besonders gründlich betrachtet wird. In letzter Zeit erschienen eine Reihe von Publikationen zu Ökobilanzen von Palmöl, die sehr deutlich machen, dass die Treibhausgasbilanz unter bestimmten Umständen negativ ausfallen kann, beispielsweise, wenn Primärwälder gerodet oder wenn Plantagen auf Torfgebieten angelegt werden, in denen viel Kohlenstoff gespeichert ist (Reijnders und Huijbregts 2008; Hooijer et al. 2006; Germer und Sauerborn 2007). Unabhängig von den Folgen, die durch die Einberechnung dieser neuen Erkenntnisse in die Ökobilanz von Palmöl entstehen, gibt es jedoch Möglichkeiten, den Ölpalmenanbau zu optimieren, vor allem hinsichtlich der Treibhausgasbilanzen, die in diesem Artikel im Vordergrund stehen werden. Es ist dringend geboten, alle Bereiche, in denen solche Optimierungspotenziale existieren, auszudeuten und zu beziffern, besonders aufgrund der zunehmenden Verknappung von ökologisch verträglichen Anbauflächen. In einer Vielzahl von Publikationen wurde bereits auf Möglichkeiten zur Optimierung hingewiesen, die im Folgenden aufgeführt werden. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Optimierung der Palmölgewinnung bereits bestehender Plantagen. Hier kann der Ertrag der Ölpalmen durch fachgerechte Bewirtschaftung deutlich gesteigert werden (Helms et al. 2006; Yusoff und Hansen 2007). Zudem kann

durch eine Verwertung der Reststoffe, z. B. durch die Nutzung des Methans, das bei der Behandlung der Ölmühlenabwässer in Form von Biogas anfällt, die Treibhausgasbilanz von energetisch genutztem Palmöl enorm verbessert werden (Schuchardt et al. 2005; Yacob et al. 2006). Darüber hinaus kann die Neuanlage von Palmölplantagen optimiert werden, indem diese Plantagen auf ehemaligen Brachflächen anstatt in Naturwaldgebieten angelegt werden (Helms et al. 2006). Im Folgenden wird auf diese beiden Bereiche und ihr Optimierungspotenzial näher eingegangen.

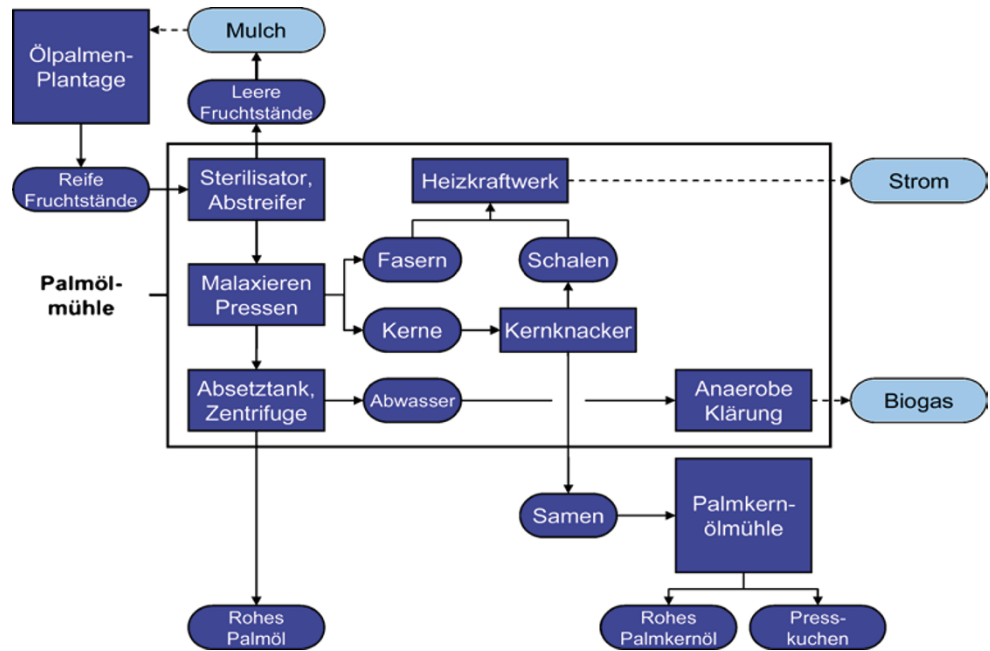
2 Schwerpunkte

Wie bei den meisten Ökobilanzen können die ökologischen Vor- oder Nachteile auch bei der energetischen Nutzung von Palmöl nicht auf Anhieb aufgelistet und bewertet werden, denn sie müssen sehr sorgfältig und unter Einbeziehung des gesamten Systems und nicht nur bestimmter Ausschnitte ermittelt werden. Eine vollständige Bewertung der Energie- und Treibhausgasbilanz muss daher über den gesamten Lebensweg des Palmöls erfolgen. Sie umfasst damit alle Vorgänge von der Bereitstellung des Palmöls, der Weiterverarbeitung bis hin zur Nutzung als Bioenergieträger, unter Berücksichtigung aller Zusatzstoffe und Nebenprodukte.

Abb. 1 zeigt beispielhaft den Lebenswegvergleich zwischen konventionellem Dieseldieselkraftstoff und Palmöl-Biodiesel (Palmölmethylester, PME).

Die Nebenprodukte werden dem Palmöl über sogenannte Äquivalenzprozessbilanzierungen in Form von Gutschriften für die vermiedenen Umweltwirkungen der substituierten

Abb. 2 Schematische Darstellung der Palmöl-Gewinnung. Die hell eingefärbten Produkte entstehen nur bei sehr fortschrittlichen Anlagenkonzepten. Die gestrichelten Pfeile deuten das Nutzungspotenzial an. © IFEU



Äquivalenzprodukte angerechnet. Insgesamt fallen folgende Reststoffe an: Das aus den Samen der Ölpalme gewonnene Nebenprodukt Palmkernöl wird zu Tensiden weiterverarbeitet, welche erdölbasierte Tenside ersetzen. Der nach dem Abpressen der Samen verbleibende, eiweißreiche Presskuchen wird als Tierfutter verwendet und substituiert Sojaschrot. Darüber hinaus fallen bei der Umesterung des Palmöls zu PME große Mengen an Glycerin an, welches (nach entsprechender Aufarbeitung) Chemikalien mit äquivalentem Nutzen z. B. in der Pharma- und Kosmetikindustrie ersetzt. Weiterhin ergeben sich bei der Verarbeitung große Mengen an leeren Fruchtbündeln, Fasern und Schalen sowie Ölmühlenabwässer, die nicht oder nur teilweise genutzt werden.

2.1 Optimierungspotenziale bei bestehenden Plantagen/Anlagen

Nicht alle weltweiten Palmölplantagen werden derzeit professionell und nachhaltig bewirtschaftet. Dort, wo das nicht der Fall ist, kann der Betrieb einer Ölpalmenplantage allein durch eine gute landwirtschaftliche Praxis verbessert werden. Der Ertrag ist unter anderem abhängig von einer rechtzeitigen und richtig dosierten Düngung, einem ausbalancierten Mischungsverhältnis der Nährstoffe (Mohd et al. 2004) und einem guten Management. Ist dies vorhanden, ist eine Ertragssteigerung und dadurch Optimierung der Treibhausgasbilanz möglich. Noch ergiebigeren Optimierungspotenziale bietet allerdings die Palmölgewinnung. Bei der Verarbeitung der Ölpalmfrüchte entstehen in den Palmölmühlen nennenswerte Mengen an Reststoffen und Abwasser, wie in Abb. 2 deutlich wird.

2.2 Reststoffe

Leere Fruchtbündel, Fasern und Kernschalen fallen in sehr großen Mengen an, werden bisher aber nur zum Teil genutzt. Die leeren Fruchtbündel, die nach dem Ausdampfen übrig bleiben, werden als Mulchmaterial verwendet (Schuchardt et al. 2005). Fasern und Schalen stellen zwar die Energie zur Verfügung, die zum Betrieb der Anlage nötig ist – dafür wird allerdings nur etwa die Hälfte genutzt. Die andere Hälfte wird nicht gebraucht; meist wird der Rest zur Befestigung der Fahrwege verwendet. Optimalerweise könnte daraus Strom gewonnen und verkauft werden. Ein Hindernis für eine solche Nutzung ist die derzeit fehlende Infrastruktur für einen Export überschüssiger Energie (in der Regel kein Anschluss an das öffentliche Stromnetz) sowie die anfangs anfallenden hohen Investitionskosten (Schuchardt et al. 2005).

2.3 Ölmühlenabwässer

Das Abwasser der Palmölmühlen (POME) fällt ebenfalls in großen Mengen an und wird zur Aufarbeitung überwiegend in anaeroben Teichen behandelt. Dabei entweichen derzeit pro Tonne Palmöl etwa 60–70 m³ Biogas meist ungenutzt in die Atmosphäre, mit einem Gehalt von 65% klimarelevantem Methan (Schuchardt et al. 2005) das etwa 23-mal so wirksam ist wie CO₂. Das Biogas sollte idealerweise aufgefangen und das im Biogas enthaltene Methan zur Energiegewinnung genutzt werden. Den Nutzungspotenzialen entsprechend werden hier zwei Bewirtschaftungsweisen bestehender Plantagen unterschieden:

- „Typische Bewirtschaftung“ (heute weltweit üblich): Palmölertrag 3,5 t pro Hektar und Jahr. Von den in der Palmölmühle anfallenden Reststoffen (Fasern und Kernschalen) wird im mühleninternen Heizkraftwerk nur die Menge zur Strom- und Dampferzeugung genutzt, die zur Bereitstellung der gesamten Prozessenergie benötigt wird. Der Rest wird nicht genutzt und auf die Plantagen zurückgebracht (Schuchardt et al. 2005). Das bei der Abwasserbehandlung entstehende Biogas entweicht ungenutzt in die Atmosphäre.
- „Gute Bewirtschaftung“: In diesem Fall erhöht sich der Palmölertrag aufgrund des besseren Managements auf 4,0 t pro Hektar und Jahr. Der Überschuss an Reststoffen wird entweder direkt vor Ort oder in einem zentralen Biomassekraftwerk zur Stromerzeugung genutzt, wofür eine Stromgutschrift erteilt wird. Darüber hinaus wird das Biogas aus der anaeroben Abwasserbehandlung aufgefangen und zur Energiegewinnung genutzt. Diese Energie wird in Form von Erdgas gutgeschrieben.

2.4 Optimierungspotenziale bei der Neuanlage von Plantagen

Für das Anlegen von Ölpalmenplantagen wurde die bisher übliche Rodung von Naturwald zugrunde gelegt. Die Nutzung von einem solchen Palmöl-Biodiesel (PME) ist damit auch mit einem erheblichen Verlust an Biodiversität verbunden, da die Tropenwälder als artenreichstes Ökosystem der Erde reich an Lebewesen der Tier- und Pflanzenwelt sind. Aufgrund dieser negativen Einflüsse auf die Biodiversität ist daher bei dem Anbau von Bioenergieträgern eine entscheidende Frage: „Wofür würde das Land genutzt, wenn keine Energiepflanze angebaut würde?“ Diese alternativen Flächenbelegungen müssen in der Energie- und Treibhausgasbilanz berücksichtigt werden, da die Funktion der ehemaligen Flächen (z. B. Kohlenstoffspeicherfunktion des Naturwaldes) ersetzt werden muss. Dies führt in der Regel zu zusätzlichen Aufwendungen in Abhängigkeit von der alternativen Flächenbelegung und kann sich damit auf die Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanzen auswirken. Die folgenden alternativen Flächenbelegungen werden daher der Ölpalmpflanzung gegenübergestellt:

- Naturwald: Für den Anbau von Ölpalmen werden tropische Naturwälder gerodet.
- Tropische Brache: In vielen tropischen Ländern sind devastierte Brachflächen vorhanden, die aus Rodung und kurzfristiger Ackernutzung auf ehemaligen Naturwaldstandorten resultieren. Mit entsprechend (hohem) Aufwand könnten auf einigen dieser Flächen zukünftig Ölpalmpflanzungen etabliert werden.
- Plantagen: Im vergangenen Jahrzehnt wurden zahlreiche Plantagen anderer Nutzpflanzen (Kokosnuss, Kautschuk und Kakao) in Ölpalmenplantagen umgewidmet. Bei-

spielsweise gingen in Malaysia zwei Drittel der Zunahme der Ölpalmenanbaufläche der letzten Jahre zu Lasten anderer Plantagen (Yusof und Chan 2002). Zudem besteht noch die Möglichkeit einer alternativen Verwendung des produzierten Palmöls. In diesem Fall wird Palmöl anstatt als Speiseöl energetisch genutzt, sodass das Speiseöl durch andere Öle, z. B. Rapsöl, substituiert werden muss. Das Optimierungspotenzial dieser verschiedenen Flächenbelegungen hinsichtlich möglicher Treibhausgaseinsparungen wird ermittelt.

3 Ergebnisse und Diskussion

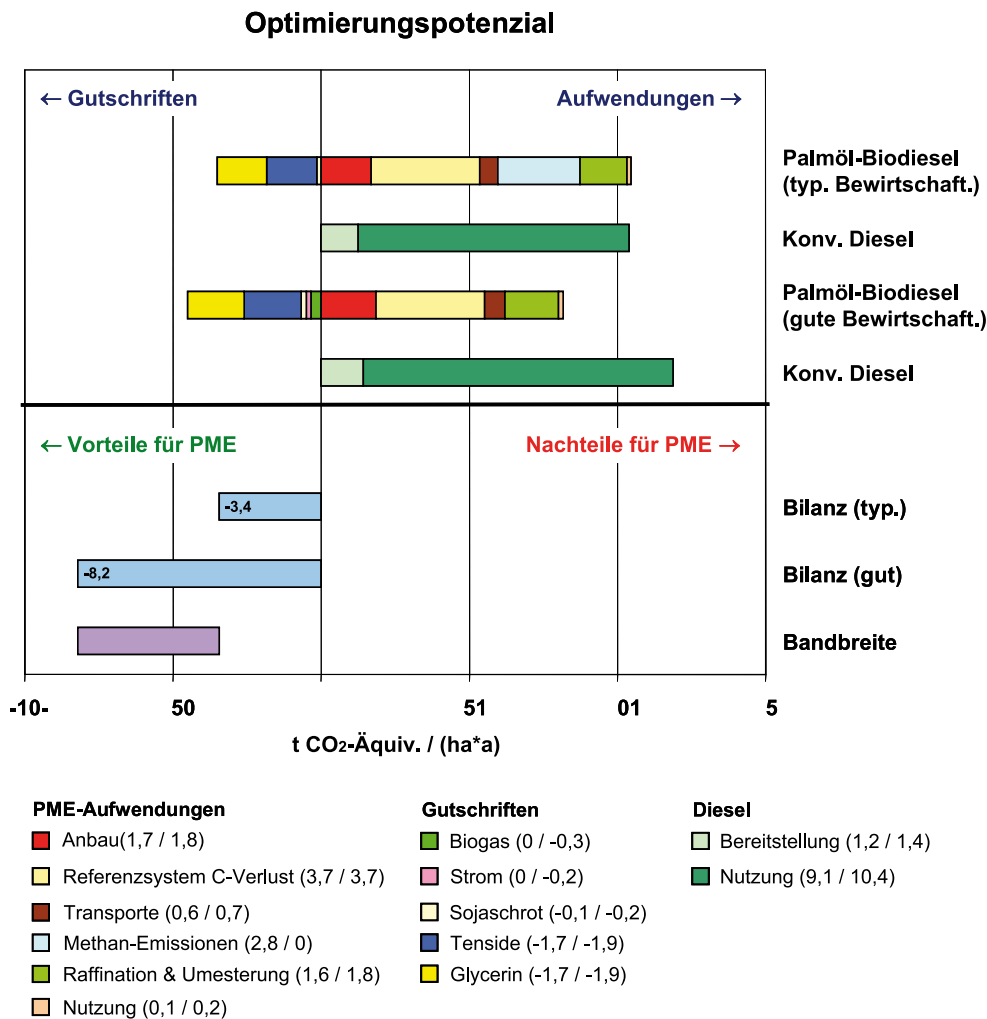
3.1 Optimierungspotenziale bei bestehenden Plantagen und Anlagen

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsweisen auf die Ergebnisse darzulegen, werden die zwei bereits beschriebenen Bewirtschaftungsszenarien unterschieden, die „typische“ und die „gute“ Bewirtschaftung.

In Abb. 3 ist zu sehen, wie groß das Optimierungspotenzial der Treibhausgasbilanz bei bestehenden Plantagen ist.

Die gegliederten Balken zeigen, was dem jeweiligen Produkt in Form einer Gutschrift angerechnet werden kann (links vom Nullpunkt) und was als Aufwendung in die Bilanz eingeht (rechts vom Nullpunkt). Gutschriften für Palmöl entstehen, wenn z. B. Nebenprodukte des Palmöls so genutzt werden, dass sie Äquivalenzprodukte substituieren und damit negative Umweltwirkungen vermieden werden. In die Aufwendungen dagegen fließt alles ein, was zur Herstellung von Palmöl benötigt wird. Der oberste Balken zeigt also, dass bei der Herstellung von Palmöl jährlich 10,8 t an Treibhausgasen pro Hektar in Form von CO₂-Äquivalenten entstehen, allerdings dabei 3,6 t pro Hektar in Form von Gutschriften eingespart werden. Der Balken darunter zeigt die Treibhausgasemissionen der Herstellung von konventionellem Diesel in Höhe von 10,4 t CO₂-Äquivalenten pro Hektar und Jahr. Werden diese Aufwendungen und Gutschriften gegeneinander gerechnet, so ergibt sich für die Produktion von Palmöl jährlich eine positive Bilanz von 3,2 t CO₂-Äquivalenten pro Hektar, die durch die Verwendung von Palmöl anstelle von konventionellem Diesel bei „typischer“ Bewirtschaftung eingespart werden (Bilanz typ.). Analog dazu ergibt sich die Bilanz der „guten“ Bewirtschaftung, durch die jährlich etwa 8 t an CO₂-Äquivalenten pro Hektar vermieden werden könnten. Die zusätzliche Gutschrift entsteht vor allem durch die Nutzung des Biogases, das bei der Behandlung der Ölmühlenabwässer entsteht; allein durch diese Vermeidung an Methanemissionen aus den Abwässern werden über 2,8 t an Treibhausgasen pro Hektar und Jahr eingespart. Dadurch werden hohe Emissionen an klimarelevantem Methan verhindert. Aus der Gegenrechnung der

Abb. 3 Optimierungspotenzial der Treibhausgasemissionen für ‚gute‘ und ‚typische‘ Bewirtschaftung. Hinter den Legendenangaben in Klammern die Werte für die Aufwendungen und Gutschriften für (typische/ gute) Bewirtschaftung in t CO₂-Äquiv./ (ha*a). Die horizontale Anordnung der Lebenswegabschnitte der Balken (jeweils von innen nach außen, ausgehend vom Nullpunkt) entspricht der Reihenfolge der Lebenswegabschnitte in der Legende (vertikal, von oben nach unten). © IFEU



Bilanzen „typisch“ und „gut“ ergibt sich die Bandbreite, die anzeigt, was durch die energetische Verwendung von Palmöl minimal und – abhängig von dem Grad der Optimierung einer Plantage – maximal an Treibhausgasen eingespart werden kann, nämlich jährlich 3,2–8 t an CO₂-Äquivalenten pro Hektar. Damit ergibt sich insgesamt ein jährliches maximales Einspotenzial von 4,8 t CO₂-Äquivalenten pro Hektar, wenn bestehende Plantagen und Anlagen optimiert werden. Die Ergebnisse dieser beiden Szenarien zeigen demnach ein erhebliches Potenzial zur Verbesserung der Palmölproduktion.

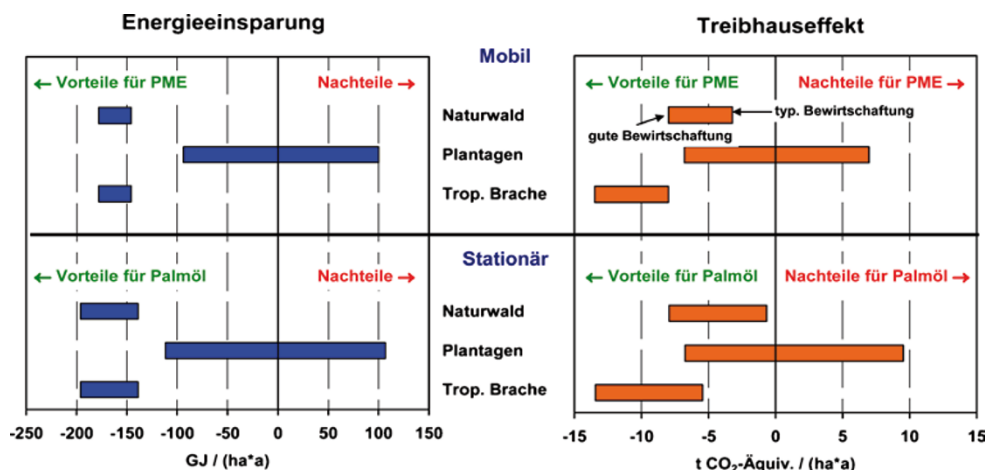
3.2 Optimierungspotenziale bei der Neuanlage von Plantagen

Abb. 4 zeigt, dass es energetisch günstiger ist, Palmöl stationär, d. h. als Brennstoff, anstatt mobil in Form von Biodiesel (PME) einzusetzen.

Hinsichtlich des Treibhauseffekts unterscheiden sich die Ergebnisse dagegen nicht. Im Folgenden werden die Ergebnisse am Beispiel von Palmöl-Biodiesel erläutert. Der linke

Teil der Abb. 4 zeigt, dass die Einsparung an fossiler Energie deutlich höher ist, wenn Naturwald gerodet wird, als bei einer Umwidmung anderer Plantagen. Der Vorteil von Palmöl-Biodiesel gegenüber dem Einsatz von konventionellem Diesel beträgt knapp 150 GJ pro Hektar und Jahr. Bei guter Bewirtschaftung erhöht sich die jährliche Einsparung sogar auf knapp 180 GJ pro Hektar. Eine gute Bewirtschaftung bestehender Plantagen wirkt sich demnach auf die Energiebilanz positiv aus, während es keine Rolle spielt, ob die Plantage auf Brache angelegt oder dafür Naturwald gerodet wurde. Ganz anders sieht es dagegen bei der Treibhausgasbilanz aus, wie der rechte Teil der Abb. 4 zeigt. Es wird deutlich, dass die Einsparung an Treibhausgasen meist höher ist, wenn die Ölpalmenplantage tropischen Naturwald verdrängt, als wenn Ölpalmen anstelle anderer Plantagenfrüchte angebaut werden. Eine positivere Bilanz ergibt sich nur dann, wenn Palmöl nicht als Speiseöl, sondern energetisch genutzt wird, und dafür das Speiseöl durch heimisch produziertes Rapsöl substituiert wird (Einsparung in Höhe von 6,7 t an CO₂-Äquivalenten pro Hektar und Jahr). Ansonsten führt energetisch genutztes Palmöl, das z. B. anstelle von Kaut-

Abb. 4 Energieeinsparung und Treibhauseffekt für die Nutzung von Bioenergiepalmöl für verschiedene alternative Flächenbelegungen und verschiedene Nutzungen (stationär oder als Biodiesel in Form von Palm-methylester (PME)). © IFEU



Quelle: IFEU 2007

schuk produziert wird, insgesamt zu einem Mehraufwand an fossiler Energie und Mehremissionen an Klimagasen. Das hängt u. a. damit zusammen, dass die Produktion von synthetischem Kautschuk wesentlich energieaufwändiger ist als die von Dieselkraftstoff. Die Optionen „Ölpalmenplantage statt tropischem Naturwald“ und „Ölpalmenplantage auf tropischen Brachflächen“ unterscheiden sich zwar kaum bei der Energieeinsparung, aber umso deutlicher hinsichtlich der Einsparung von Treibhausgasen. Während durch die Rodung von Naturwald Kohlenstoff freigesetzt wird, wird bei einer Bepflanzung der Brachfläche Kohlenstoff gebunden. Die Brache-Option weist eine um bis zu 60% bessere Treibhausgasbilanz auf, was bedeutet, dass zusätzlich jährlich 4,8 t an Treibhausgasen in Form von CO₂-Äquivalenten eingespart werden. Daher bietet sich die Kultivierung von Ölpalmen auf tropischen Brachflächen als eine Möglichkeit zur Verbesserung der Treibhausgasbilanz an.

3.3 Optimierungspotenziale gesamt

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass sich durch eine Optimierung bestehender Plantagen die Emissionen von Treibhausgasen senken lassen und sich darüber hinaus auch die Energiebilanz verbessert. Werden zusätzlich dazu neue Plantagen auf Brachflächen anstatt Naturwaldflächen angelegt, so ergibt sich insgesamt eine Einsparung an Treibhausgasen von 10,2 t CO₂-Äquivalenten pro Hektar und Jahr.

Die hier dargestellten Ergebnisse gelten unabhängig von weiteren Aspekten wie beispielsweise der Frage, ob durch den Palmölanbau (z. B. auf Torfböden) nicht wesentlich mehr CO₂ freigesetzt wird als bisher angenommen. Selbst wenn das der Fall sein sollte, so bleibt das Einsparpotenzial dennoch erhalten – lediglich die Zahlenwerte fallen anders aus. Somit behalten die vorliegenden Ergebnisse, unabhängig von künftigen Erkenntnissen über die CO₂-Emissionen aus dem Ölpalmenanbau, ihre Gültigkeit. Dies gilt auch,

wenn beispielsweise den Berechnungen andere Basisdaten wie Düngemiteleinsetz oder Kohlenstoffinventar-Veränderungen durch Flächennutzung zugrunde gelegt werden (wie z. B. in Schmidt 2007; Wicke et al. 2007; Germer und Sauerborn 2007; Reijnders und Huijbregts 2008). Dadurch ändern sich zwar die einzelnen Zahlenwerte, aber qualitativ bleiben die ökologischen Optimierungspotenziale bei der Produktion und Nutzung von Palmöl als Energieträger erhalten, sodass die hier getroffenen Aussagen und Schlussfolgerungen als äußerst robust bezeichnet werden können.

4 Schlussfolgerungen

Bioenergie aus herkömmlichem Palmöl spart fossile Energie und Klimagase ein, allerdings wird die ungeheure Artenvielfalt tropischer Naturwälder irreversibel vernichtet. Wenn Palmöl auf umgewidmeten Plantagen produziert wird, können die Bilanzen sogar negativ ausfallen. Große ökologische Potenziale bestehen dagegen bei:

- optimierter Plantagenbewirtschaftung,
- energetischer Nutzung aller anfallender Reststoffe,
- Biogasrückhaltung und -nutzung und
- Neuanlage von Plantagen auf degradierten Böden.

Somit besteht also ein erhebliches ökologisches Optimierungspotenzial für die Produktion und Nutzung von Palmöl. Durch optimierte Bewirtschaftung und Reststoffnutzung und durch Anbau auf Brache lassen sich gegenüber konventioneller Bewirtschaftung auf Naturwald jährlich etwa 10,2 t an Treibhausgasen pro Hektar in Form von CO₂-Äquivalenten einsparen. Sinnvoll wäre daher, ein umfassendes Konzept zur vollständigen und ökologisch effizienten Reststoffverwertung wie auch Abwasserbehandlung vorzulegen, das generell, also neben der Palmölproduktion für energetische Zwecke, natürlich auch für die Nahrungsmittel-Palmölproduktion, gelten sollte. Die derzeit existierende

Praxis hat eine hohe Umweltbelastung u. a. aufgrund der Methanemissionen durch die anaerobe Behandlung der Ölmühlenabwässer zur Folge und ist unter gewissen Aspekten auch ökonomisch ineffizient (Schuchardt et al. 2005). Ein Nutzungsplan würde also sowohl ökologische Entlastungen bringen als auch die Wirtschaftlichkeit von Plantagen steigern. Allerdings ist ein solches Management kostenintensiv in der Einführung und es ist im Moment nicht absehbar, dass dieses Potenzial in großem Umfang genutzt werden wird. Brachflächen für einen Anbau von Palmöl sind ebenfalls genug vorhanden. Es liegen aber wenige Untersuchungen vor, in welchem Umfang und inwieweit die aufgeführten Flächen für den Ölpalmenanbau urbar gemacht werden können. Hinzu kommt, dass mit der Neuanlage von Plantagen auf Brachflächen ebenfalls hohe Anfangskosten und ein höherer Aufwand verbunden sind. Zudem kann kein Gewinn aus dem Verkauf und der Nutzung von Bäumen gezogen werden, wie bei Naturwaldrodung oft üblich, um damit die Investitionskosten für eine neue Plantage zu decken. Daher ist zwar die Neuanlage von Plantagen auf degradierten Böden ökologisch äußerst sinnvoll, aber es wird als unwahrscheinlich eingeschätzt, dass dieses Potenzial ohne grundlegende Änderungen der Rahmenbedingungen demnächst ausgeschöpft wird. Wenn man allerdings künftig Palmöl vermehrt energetisch nutzen will, muss man sich darüber im Klaren sein, dass man – ausgehend von den heute üblichen Produktionsbedingungen – einen ungeheuren Flächenbedarf hat, dessen Befriedigung mit großen ökologischen Folgen verbunden sein wird. Will man diese vermeiden, ist es dringend geboten, die hier vorgestellten Optimierungspotenziale vollständig auszuschöpfen.

Um die Neuanlage von Plantagen auf Naturwaldgebieten zu erschweren und der Optimierung bestehender Plantagen mehr Dringlichkeit zu verleihen, könnte beispielsweise ein Zertifizierungssystem für Palmöl eingeführt werden, das Kriterien für eine nachhaltige Produktion von Palmöl festlegt. Solch ein Zertifizierungssystem sollte all die bislang vernachlässigten ökologischen Auswirkungen mit einbeziehen und am besten international unter Einbindung der exportierenden und importierenden Staaten verabschiedet werden. Es gibt allerdings derzeit keine Anzeichen, dass dies global in naher Zukunft realisiert werden wird. Die laufenden Diskussionen um die Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung in Deutschland (BioNachV-Entwurf 2007) und die Zertifizierungsbemühungen im europäischen Raum zeigen, wie schwierig es ist, Bedingungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung festzulegen und Kriterien für deren Einhaltung sowie effektive Kontrollmechanismen zu entwickeln. Es ist zwar davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren eine Einigung auch auf ein europäisches Zertifizierungssystem erfolgt, dabei bleibt aber abzuwarten, ob dies mehr ist, als eine bloße politische Willenserklärung. Wie sich an dem Entwurf zur Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung in

Deutschland zeigt (BioNachV-Entwurf 2007), ist eine Verordnung wenig sinnvoll, wenn noch keine klaren Kriterien und Systemgrenzen zur Berechnung des Treibhausgaseinsparpotenzials vorliegen. So zeigt der bisherige Entwurf noch Mängel: Zum einen führen beispielsweise Divergenzen in der Bewertung von Systemgrenzen und Produkten zu unterschiedlichen Berechnungsmöglichkeiten, woraus uneinheitliche Ergebnisse bei gleichem Produkt resultieren können. Um Anlagenbetreibern Planungs- und Rechtssicherheit für Zukunftsinvestitionen zu geben, müssen allerdings klare Berechnungsgrundlagen geschaffen werden. Zum anderen werden wichtige Aspekte wie z. B. Verlagerungseffekte durch indirekte Landnutzungsänderungen nicht berücksichtigt. Solange kein umfassendes Zertifizierungssystem existiert, das klare und eindeutige Regeln aufweist und über effektive Kontrollmechanismen zur Überprüfung der Einhaltung seiner Kriterien verfügt, kann auch die Forderung erhoben werden, von Palmölimporten für Bioenergiezwecke abzusehen.

5 Ausblick

Würde man das gesamte Potenzial, das sich beim Ölpalmenanbau durch optimierte Plantagenbewirtschaftung, vollständige Nutzung der Reststoffe und dem Verzicht von Neuanlagen auf Naturwaldflächen ergibt, nutzen, könnte man die Treibhausgasbilanz von Palmöl deutlich verbessern und der in letzter Zeit laut gewordenen Kritik entgegenwirken. Hinsichtlich der starken Flächenbeanspruchung ist dies aus Sicht des Klimaschutzes unbedingt zu empfehlen. Die aktuelle Diskussion über die Klimaveränderung verengt den Blick allerdings stark auf treibhauswirksame Gase und deren Einsparmöglichkeiten. Das ist zwar zum einen wichtig und begrüßenswert, sollte jedoch nicht dazu führen, dass andere ökologische Auswirkungen wie z. B. Versauerung, Nährstoffeintrag, der Verlust von Biodiversität und klimaregulierenden Funktionen von Ökosystemen, wie z. B. die Regulierung des Wasserhaushalts durch Tropenwälder, in den Hintergrund geraten. Um zu gewährleisten, dass die Optimierungspotenziale dennoch bestmöglich ausgeschöpft werden, sind politische Rahmenbedingungen nötig, die eine Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen für Plantagenbetreiber attraktiv machen. Ob ein Zertifizierungssystem ausreicht, um echten Handlungsdruck zu erzeugen, kommt auf dessen Ausgestaltung sowie auf die Effektivität der Kontrollmechanismen, die eine Einhaltung gegebener Kriterien prüfen, an.

Literatur

BioKraftQuG (2006) Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) – Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften. BGBl. Teil I, Nr. 62

- BioNachV-Entwurf (2007) Entwurf einer Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung – BioNachV v. 5. 12 2007
- EEG (2006) EEG – Erstes Gesetz zur Änderung des Erneuerbaren-Energie-Gesetzes. BGBl. Teil I, Nr. 52, 2550
- EU (2003) Richtlinie 2003/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor. Amtsblatt der Europäischen Union L 123/42 DE
- Germer J, Sauerborn J (2007) Estimation of the impact of oil palm plantation establishment on greenhouse gas balance. *Environ Dev Sustain*. doi:10.1007/s10668-006-9080-1
- Helms H, Reinhardt GA, Rettenmaier N (2006) Bioenergie aus Palmöl – Ökologische Chancen und Risiken. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 56:70–73
- Hooijer A, Silvius M, Wösten H, Page S (2006) Peat-CO₂, assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3934, Delft
- Mohd BW, Siti Nor AA, Henson IE (2004) Oil palm – achievements and potential, new directions for a diverse planet. Proc of the 4th Int Crop Sci Congress, Brisbane, Australia, pp 1–13
- MPOB (2005) Malaysian oil palm statistics 2005 – World major producers of palm oil 1995–2005. Malaysian Palm Oil Board, Kajang, Selangor, Malaysia. Online erhältlich unter: http://econ.mpob.gov.my/economy/World_8.htm
- Reijnders L, Huijbregts MAJ (2006) Palm oil and the emission of carbon-based greenhouse gases. *J Clean Prod* 16:447–482
- Schmidt JH (2007) Life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil. PhD thesis, Aalborg University, Aalborg
- Schuchardt F, Wulfert K, Darnoko D (2005) Neues Verfahren zur kombinierten Behandlung von Abfällen (EFB) und Abwasser (POME) aus Palmölmühlen – technische, ökonomische und ökologische Aspekte. *Landbauforsch Völkenrode* 55:47–60
- Wicke B, Dornburg V, Faaij A, Junginger M (2007) A greenhouse gas balance of electricity production from co-firing palm oil products from Malaysia. Copernicus Inst Sustainable Development and Innovation, University of Utrecht, Utrecht
- Yacob S, Hassan MA, Shirai Y, Wakisaka M, Subash S (2006) Baseline study of methane emission from anaerobic ponds of palm oil mill effluent. *Sci Total Environ* 366:187–196
- Yusof B, Chan KW (2002) The oil palm and its sustainability. *J Oil Palm Res* 16:1–10
- Yusoff S, Hansen SB (2007) Feasibility study of performing a life cycle assessment on crude palm oil production in Malaysia. *Int J Life Cycle Assess* 12:50–58