

Natürliches Geo-Engineering zur Rettung des Weltklimas

Wie Fruchtbarmachung der Wüsten mit *Jatropha curcas* fossiles Öl ersetzen, den CO₂-Pegel der Atmosphäre senken und den Hunger in den Entwicklungsländern mindern kann.

Zusammenfassung

Alle Methoden des Geo-Engineering greifen in großer Masse in die natürlichen Abläufe der Biosphäre ein. Künstliche Methoden benötigen sehr viel Energie und haben oft unbeabsichtigte Nebenwirkungen. Natürliche Methoden basieren dagegen auf der Steigerung natürlicher Abläufe, die der Mensch gestört hat. Seit Jahrtausenden werden von den Zivilisationen Wälder vernichtet, deren wahrer Wert erst erkannt wird, wenn es zu spät ist. Die Verwüstung geht in unserer Zeit beschleunigt weiter, denn „Natur hat keinen Geld-Wert“. Es gibt inzwischen 36 Mill. km² Wüsten und weitere 20 Mill. km² landwirtschaftlich genutzte Flächen, die durch falsche Bewirtschaftung degradiert wurden. Eine Rekultivierung ist mit hohen Investitionen verbunden, die sich meist erst nach vielen Jahrzehnten auszahlen. Das hier vorgestellte Konzept basiert darauf, dass bestimmte Energiepflanzen schnell genug wachsen, damit schon nach wenigen Jahren die Rückzahlung der Investitionen beginnt durch Verkauf der erzeugten Bioenergie. In den Wüsten dieser Erde lässt sich mit Hilfe künstlicher Bewässerung aus Purgiernuss, Ölpalmen, Rizinusbohnen, oder anderen Ölpflanzen genug Öl gewinnen, um den Ölbedarf der ganzen Welt zu decken und gleichzeitig kann man mehr CO₂ binden als parallel durch Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas derzeit freigesetzt wird. Eine **Verringerung** des CO₂-**Ausstoßes** um 50% bis 2050 (auf der UN-Klimakonferenz in Bali 2007 beschlossen) bedeutet ja immer noch eine 2,5-fach höhere CO₂-Produktion als die Biosphäre binden kann [1]. Solange der CO₂-Pegel aber steigt, werden wir mit den befürchteten Klimafolgen zu kämpfen haben. Eine **Verlangsamung** des CO₂-**Anstiegs** in der Atmosphäre reicht also nicht, wir brauchen eine stärkere CO₂-**Bindung**, als CO₂ durch Verbrennung gleichzeitig freigesetzt wird. Durch den gezielten Anbau von Energiepflanzen in den Wüstenzonen unserer Erde kann der CO₂-Pegel in der Atmosphäre innerhalb einiger Jahrzehnte auf den Stand von 1950 oder sogar früher herabgesetzt werden. Das Wasser für den Anbau der

energiereichen Pflanzen wird durch Meerwasserentsalzungsanlagen mit der Abwärme großer solarthermischer Kraftwerke gewonnen und mittels unterirdischer Bewässerungsschläuche direkt an den Wurzeln der Pflanzen verteilt. Nur ungefähr 20% der weltweit 36 Millionen km² Wüstenfläche werden dafür benötigt. Das Projekt kann in voller Ausbaustufe 450 Mill. Menschen, besonders in Entwicklungsländern, Wasser, Nahrung und Arbeit verschaffen und somit einen Arbeitslohn von ca 10-20 € pro Tag und wird die Industrieländer keinen Cent Entwicklungshilfe kosten. Es ergeben sich effektive Erzeugungskosten von ca 0,43 €/Liter Öl, die schon bei einem Rohölpreis von 97 US\$/bl konkurrenzfähig sind; bei Berücksichtigung der CO₂-Zertifikate, die an CO₂-„Einsammler“ ausgezahlt werden sollten, wäre der Verkaufspreis entsprechend niedriger. Aber dieser mit dem Rohöl konkurrierende Preis ist nur zu erreichen, wenn die Investitionen in solarthermische Kraftwerke, Meerwasserentsalzungsanlagen, Bewässerungstechnik und weiterverarbeitende Prozesse nicht durch Kapitalzinsen unnötig verteuert werden. In solchen besonders kapitalintensiven Technologien beträgt der Zinsanteil im Verkaufspreis häufig mehr als 50%. Wenn also der Zins die Produktion von Pflanzenöl in der Wüste auf das Doppelte verteuert, wird diese Lösung des zu erwartenden Energiemangels und die Verringerung des CO₂ in der Atmosphäre nicht zu finanzieren sein. Wenn der CO₂-Pegel aber unvermindert weitersteigt, werden die Veränderungen des Klimas sehr viel höhere Kosten verursachen, als die Investitionen in die hier beschriebene Technik. Es werden viele Maßnahmen diskutiert, aber das Tabu „Über den Zins niemals nachzudenken“ wird weder von den Technikern noch den Politikern gebrochen. Dabei ist der Zins die eigentliche Ursache der weltweiten Probleme und ohne seine Reduktion auf Null werden wir die nötigen Maßnahmen niemals finanzieren können.

Gliederung

1.	Einleitung	3
2.	Vorstellung des Konzepts	5
3.	Vorteile einer weltweiten Umsetzung	11
4.	Berechnung der Kosten der Ölproduktion	13
5.	Kostenvergleich mit Mineralölförderung	15
6.	Finanzierung	16

1. Einleitung

Jedes Jahr wächst der „Energiehunger“ der Weltbevölkerung immens und die Nachfrage nach einer ausreichenden und sicheren Energieversorgung steigt stetig. Der weitaus größte Anteil der Energieerzeugung basiert heute auf der Verbrennung der fossilen Energieträger Kohle, Mineralöl und Gas. Die Unsicherheiten der künftigen Energieversorgung auf Grund der zunehmenden Verknappung der fossilen Vorräte, somit die steigende Gefahr für Mensch und Umwelt durch die Verbrennungsprodukte, nähren die Sorge um eine gesicherte Zukunft. Durch den Einsatz moderner Technologie können zwar Wirkungsgrade und Umweltverträglichkeit gesteigert und dadurch Emissionen reduziert werden, völlig verhindern lassen sich diese so jedoch nicht. Der Klimawandel und die Sorge um die globale Erderwärmung spielt neben der Versorgungssicherheit eine immer stärker werdende Rolle. Ständig steigende Energiepreise und ein zusehends anfälligeres Ökosystem verdeutlichen die Notwendigkeit von Alternativen zu fossilen Brennstoffen. Vor dem Hintergrund der globalen Anstrengungen zur Reduzierung der anthropogenen Treibhausgasemissionen ist neben der Energie-Einsparung der Ausbau der erneuerbaren Energien zur Energieproduktion das wichtigste Element. Die erneuerbaren Energien müssen die Basis für die zukünftige Energieversorgung bilden. Gleichzeitig bemüht man sich, Verfahren zu entwickeln, mit denen das schon seit vielen Jahrzehnten zusätzlich freigesetzte CO₂ wieder eingesammelt werden soll, damit die aus dem höheren CO₂-Gehalt der Atmosphäre folgende Temperaturerhöhung in erträglichen Grenzen bleibt. Alle Methoden des Geo-Engineering greifen in großem Masse in die natürlichen Abläufe der Biosphäre ein. Künstliche Methoden benötigen sehr viel Energie und haben oft unbeabsichtigte Nebenwirkungen. Natürliche Methoden basieren dagegen auf der Steigerung natürlicher Abläufe, die der Mensch gestört hat. So versucht man durch Düngung mit Eisensalzen das Algenwachstum anzuregen, um zusätzliches CO₂ zu binden, welches dann mit der Biomasse auf den Grund des Ozeans sinken soll. Großflächige Versuche haben gezeigt, dass der gewünschte Effekt nicht in dem Umfang eintritt, wie er zur Reduktion des CO₂ in der Luft und im Meer nötig wäre. Weltweit werden auch viele Millionen Bäume gepflanzt, die das CO₂ binden. Als Ausgleich zur gleichzeitig stattfindenden Zerstörung der natürlichen Regenwälder reicht das aber bei weitem nicht aus.

Die Erzeugung von Energie aus Sonne, Wind, Wasser und Biomasse gewinnt immer mehr an Bedeutung. Die kombinierte Nutzung der Sonnenenergie mit dem Anbau von Energiepflanzen kann in diesem Energiemix eine maßgebliche Rolle übernehmen. Seit einiger Zeit titeln Zeitschriften rhetorische Kunstgriffe wie "Voller Tank oder voller Teller", welche wohl den Eindruck einer Alternativlosigkeit erwecken sollen [2,3]. Die Frage darf doch nicht lauten: „Wem nehme ich das Essen weg, damit ich Auto fahren kann?“ Sie muss heißen: „Wo finde ich Agrarflächen für den Anbau pflanzlicher Energieträger, ohne in Konkurrenz zu Lebensmitteln oder schützenswertem Urwald zu treten?“ Eine funktionierende Alternative beschrieb aber bereits Ernst Schrimpff [4] in der Zeitschrift Humane Wirtschaft (Nov/Dez. 2005), in der Pflanzenöl als zukünftiger Treibstoff diskutiert wurde. Kombiniert man diese Idee mit dem DESERTEC-Projekt [5] der TREC (Trans-Mediterranean-Energy-Corporation), die alle Anrainerstaaten des Mittelmeers einbezieht, zeigt sich, wie man mit Hilfe von Sonnenenergie nicht nur elektrischen Strom, sondern auch noch Trinkwasser gewinnen kann. Die Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat das schon durchgerechnet und unter dem Namen AQUASOL [6] veröffentlicht. Bei einem entsprechenden Ausbau der solaren Kraftwerke und Entsalzungsanlagen steht dann auch genügend Wasser zur Verfügung um energiereiche Pflanzen anzubauen. Das Problem der Biotreibstoffe ist doch, dass heute bevorzugt intakte Agrarflächen mit Energieträgern bebaut werden, anstatt wie zuvor mit Lebensmittelpflanzen. Entweder wird also aus Nahrungsmitteln Treibstoff gewonnen, wie in USA aus Mais Ethanol–oder es werden Flächen der Nahrungsmittelproduktion umgewidmet für die Produktion von Palmöl, wie in Afrika, wo Multinationale Agrarkonzerne die Flächen aufkaufen und den Einheimischen die Nahrungsmittelproduktion verknappen. So wurden in Tansania bereits fast 641170 ha fruchtbares Ackerland für den Anbau von Energiepflanzen freigegeben [3]. Würde auf diesen Flächen Mais angebaut, könnten dort je nach Boden, Wetter und Düngung 1200- 5000 kg/ha wachsen. Bedenkt man, dass 200 kg Mais einen Menschen ein ganzes Jahr ernähren kann, aber nur für die Produktion von 50 Litern Bioethanol reicht, sieht man wie vielen Menschen man die Nahrung nimmt. Die Preise für Lebensmittel haben sich seit dem Jahr 2000 bis 2008 schon verdoppelt, die Preise für Pflanzenöl (Soja-, Raps-, Sonnenblumen- und Palmöl) sind auf das 3,5-fache gestiegen. Es ist kaum vorstellbar, dass viele Deutsche bereit wären zu hungern, um

Auto zu fahren. Die Mehrheit der Bevölkerung ist sich aber vermutlich nicht bewusst, dass dann irgendein Afrikaner hungern muss, weil die importierten Biotreibstoffe die Lebensmittel in den Entwicklungsländern verteuern. In Südostasien, Brasilien und Afrika wird Urwald gerodet, um Palmöl oder Zuckerrohr anzubauen. Beim Roden wird soviel CO₂ freigesetzt, dass es mehr als 80 Jahre dauert, bis diese Menge von den Pflanzen wieder eingesammelt ist [7]. Auch die Flächen in der EU, die wegen Überproduktion vor einigen Jahren stillgelegt wurden, sind wieder unter dem Pflug zur Produktion von Rapsöl, Sonnenblumenöl, Maissilage für Biogas oder andere Biomasse zum Verbrennen [8]. Aber selbst wenn man alle Ackerflächen in Deutschland zur Treibstoffproduktion einsetzen würde, erhielte man nur ca 18% der in Deutschland benötigten Benzin- und Dieselmenge [9]. Unser Energiehunger ist eben immer noch zu groß. Dabei ist abzusehen, dass die in 10 Jahren geförderte Rohölmenge wesentlich geringer ist als heute [10]. Von den derzeit 50 Mill. PKW in Deutschland werden zu diesem Zeitpunkt vielleicht 1-2 Mill. mit Strom fahren [11]. Dies ist eine Frage des politischen Willens. Für die übrigen PKW und LKW, Schiffe und Flugzeuge brauchen wir einen Ersatztreibstoff. Wasserstoff wird häufig als zukünftiger Treibstoff diskutiert, ist aber erstens von der Energiedichte weniger geeignet als Pflanzenöle und zweitens auf absehbare Zeit um ein Vielfaches teurer pro kWh. Für Flugzeuge ist ein Antrieb mit Wasserstoff kaum vorstellbar. Erste Versuche zeigten, daß die Hälfte des Passagierraumes für den H₂-Tank benötigt wurde. Elektrische Energie scheidet solange aus, wie keine Energiespeicher mit genügend hoher Energiedichte zur Verfügung stehen.

2. Vorstellung des Konzepts

Die Lösung liegt in der Nutzung der überreichlich vorhandenen Sonnenenergie in solchen Ländern, die freie, unbebaute Flächen und hohe Strahlungsintensität besitzen. Das nachfolgend beschriebene Projekt besteht aus 4 Stufen:

- 1. Solarthermische Anlagen** zur Erzeugung elektrischer Energie zu bauen, die ihre Abwärme weitergeben an
- 2. Meerwasserentsalzungsanlagen**, deren Produkt nicht nur zum Trinken, sondern zur

3. **Bewässerung** von Energiepflanzen und Nahrungsmitteln dient, um dann
4. **pflanzliche Energieträger** anzubauen, ihre Produkte zu ernten und weiterzuverarbeiten.

Im ersten Schritt wird mit konzentrierenden Solarkollektoren (z.B. Parabolrinnen oder Fresnel-Kollektoren) das Sonnenlicht so stark gebündelt, dass Temperaturen von ca. 400 °C erreicht werden. Damit kann in einem Kraftwerk vom Typ ANDASOL 1 (es steht in Andalusien, bei Granada) [12] im Laufe eines Tages 15,5 Stunden lang eine elektrische Leistung von 50 MW gewonnen werden. Dafür werden dort auf 2 km² Fläche Spiegel mit 520.000 m² eingesetzt. Ein Teil der eingesammelten thermischen Sonnenenergie wird in Salztanks als Wärme gespeichert und kann so Energie für 7,5 h Volllastbetrieb nach Sonnenuntergang bereitstellen. Man könnte diese Wärme auf 15 Stunden Teillast verteilen, denn der Bedarf ist nachts geringer. Würde man die Kollektorenfläche um 55% vergrößern, könnte das Kraftwerk 24 h/d die volle Leistung von 50 MW liefern, falls gewünscht. Von der zugeführten Wärme (143 MW) kann das Kraftwerk aber nur ca. 35% in elektrische Leistung umwandeln. Der restliche Teil der Energie, ca. 93 MW, ist Abwärme. Der Wirkungsgrad lässt sich auch nicht beliebig steigern, da die maximale Temperatur des Wärmeträgeröls nicht über 390°C erhöht werden darf, es zersetzt sich sonst [13]. Der elektrische Strom, der nicht im Land gebraucht wird, kann mittels Hochspannungs-Gleichstromübertragung mit geringen Verlusten von nur 3%/1000 km nach Europa transportiert werden [5].

Im zweiten Schritt wird mit der anfallenden Abwärme des Kraftwerkes in Meerwasserentsalzungsanlagen Süßwasser erzeugt, dessen Salzgehalt so gering ist (<25ppm), dass man es zur landwirtschaftlichen Bewässerung nutzen kann. Mit modernen Verfahren, z.B. EasyMED (Multi-Effekt-Destillation) lässt sich aus den 93 MW Abwärme eines solchen solarthermischen Kraftwerks etwa 50000 m³/Tag Süßwasser erzeugen (44,5 kWh/m³ Wasser).

Im dritten Schritt lässt sich bei der Anwendung von intelligenten Bewässerungsverfahren, z.B. unterirdischer Tröpfchenbewässerung (SIS= Subsoil-Irrigation-System), mit diesem Wasser eine Fläche von ca. 46 km² bewässern. (Annahme: 400 Liter/(m² Jahr)) Eine solche Bewässerung verbraucht nur 20% - 30% der Wassermenge verglichen mit einer Beregnung [15].

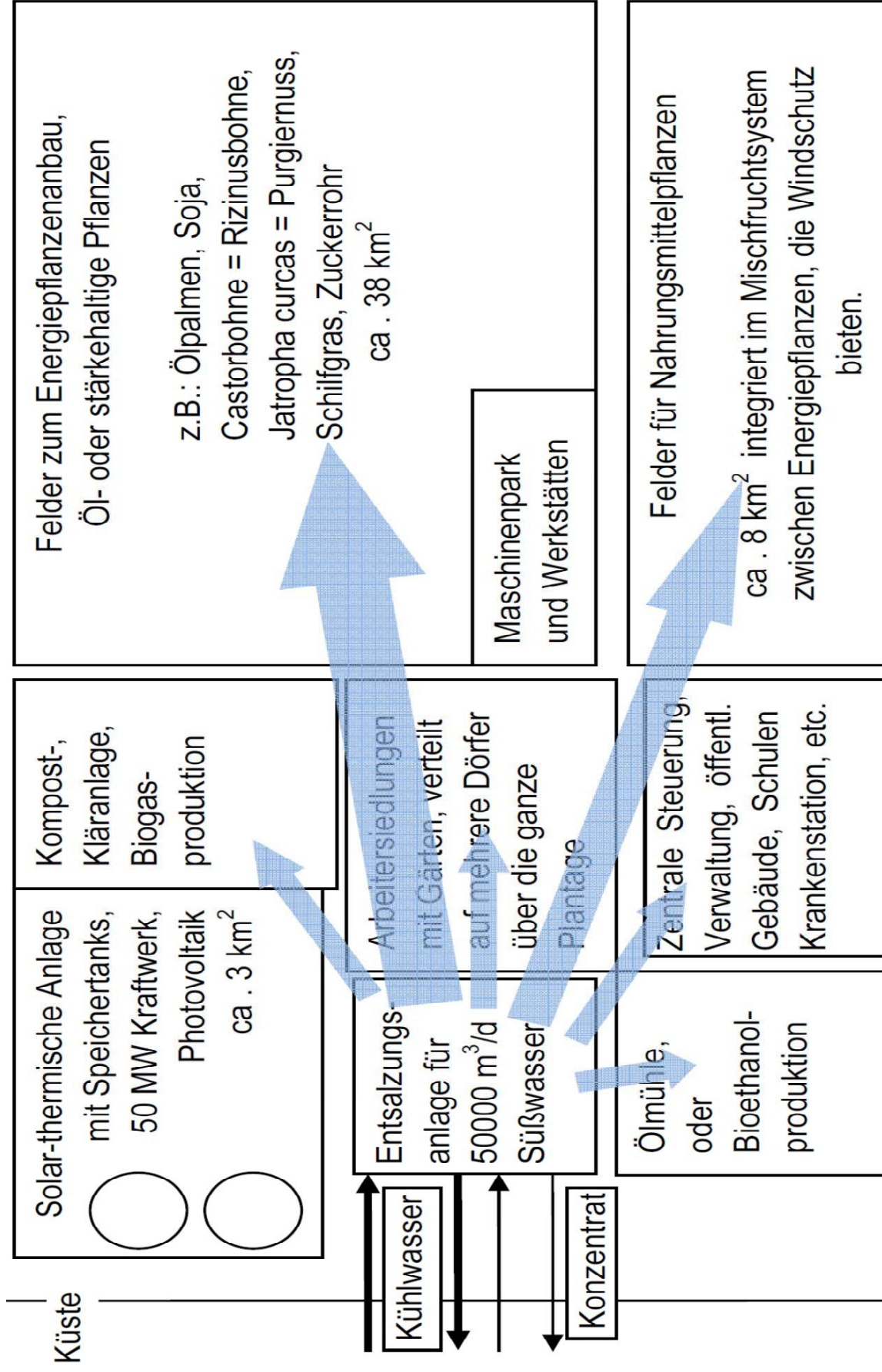


Abb. 1: Übersichtsplan zur Pflanzenölproduktion in der Wüste (Nicht maßstabsgerecht)

Im vierten Schritt werden auf den bewässerten Flächen im Mischfrucht-system Pflanzen zur Nahrungsmittelerzeugung neben Energiepflanzen wie Rizinusbohne (Castorbohne) oder Purgiernuss (*Jatropha curcas*), angebaut. Diese erzeugen Samen mit einem Ölgehalt von 35% und mehr. Neueste Züchtungen des Wolfmilchgewächses Purgiernuss, ergeben einen Ertrag von annähernd 10.000 Litern/ha im Jahr [16]. Je nach Bodenverhältnissen, Düngung und Wasserangebot sind die Erträge stark schwankend. Im Internet findet man Angaben von 750- 5000 Litern/(ha a). Dabei wird aber von den natürlichen Verhältnissen ausgegangen, die auch Wachstumspausen bei Trockenheit umfassen. Bei Trockenheit wirft *Jatropha curcas* seine Blätter ab und erzeugt natürlich auch keine Frucht. Die Pflanze kann 6 Monate ganz ohne Wasserzufuhr überleben. Zur Energieproduktion sind diese Zahlen aber nicht relevant, da Wasser aus den Meerwasserentsalzungsanlagen den Pflanzen jeden Tag nach Bedarf zugeführt werden kann. Zur Bewirtschaftung der bewässerten Flächen benötigt man für *Jatropha* etwa 12-20 Arbeiter pro km². Der Anbau von Nahrungsmitteln ist arbeitsintensiver. Da die Arbeiter, die die Pflanzen anbauen, ernten und das Öl auspressen, die Entsalzungsanlage und das Kraftwerk betreiben, natürlich auf dem Gelände der Plantage leben sollen, muss ein Teil der Fläche für den Anbau von Nahrungspflanzen (1 Arbeiter pro ha) reserviert werden. Um die ca 1800 -2000 Arbeiter und ihre Familien (x 2,5) zu ernähren, werden wiederum ungefähr 8 km² für die Nahrungsmittelproduktion gebraucht [17]. Auf den verbleibenden 38 km² können dann Energiepflanzen angebaut werden. Diese Flächen sind aber nicht getrennt, sondern die Nahrungspflanzen wachsen zwischen den *Jatropha*-Sträucher oder im Halbschatten unter den Fresnel-Spiegeln der solarthermischen Anlage. Der Wasserbedarf für Trinken und Waschen beträgt nur 0,6% der produzierten Süßwassermenge (ca 5000 x 60 Liter/d = 300 m³/d). Zusätzlich zum erzeugten Strom lassen sich also mit der Abwärme des Kraftwerks, über den Zwischenschritt der Entsalzungsanlage und der Bewässerung der ursprünglich trockenen, brachliegenden Flächen, durch Anbau von Energiepflanzen ca 19 - 38 Millionen Liter *Jatropha*öl erzeugen. Für die Erzeugung des Pflanzenöls und der Nahrung werden pro Jahr 18,2 Mill. m³ Wasser benötigt. Dem stehen ca 14,2 Mill. € Kosten gegenüber (s.u.), wobei die Wasserkosten einen Anteil von etwa 54% ausmachen, (ohne Zins). Die Produktionskosten betragen also 0,37 – 0,75 €/Liter Öl.

Die Energiepflanzen bilden außer dem Öl oder Zucker auch Wurzeln, Stamm, Äste und Blätter, die ein Vielfaches an CO_2 binden. Wird die Pflanzenölproduktion so sehr ausgeweitet, dass das fossile Öl vollständig ersetzt werden kann, so werden in einem Jahr ca. $44 \cdot 10^{12}$ kg CO_2 im Holz gebunden, während $10,4 \cdot 10^{12}$ kg bei der Verbrennung des Öls wieder frei werden, die im Jahr zuvor in der Frucht gebunden wurden (s.Tab.2). Das würde aber bedeuten, dass in einem Jahr ungefähr die 1,5-fache CO_2 Menge festgelegt wird, die 2006 insgesamt weltweit freigesetzt wurde. Erst dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, sowohl den zukünftigen Energiebedarf der Entwicklungsländer zu decken, als auch gleichzeitig die Klimakatastrophe abzuwenden. Dabei muss man noch berücksichtigen, dass die heute zusätzlich freigesetzte CO_2 -Menge durch Verbrennung von Mineralöl dann CO_2 -neutral durch Pflanzenöl zwar freigesetzt, aber im Jahr zuvor von den Pflanzen der Luft entnommen wird. Die solarthermischen Kraftwerke ersetzen dabei auch die Verbrennung von Kohle zur Stromerzeugung, wodurch ebenfalls ca. 1/3 der CO_2 -Produktion eingespart wird. Die o.g. Biomasse bleibt aber in der Pflanze gebunden, bis sie nach Jahrzehnten gefällt und weiterverarbeitet wird. Blätter und Presskuchen werden kompostiert, so dass ein Teil der Biomasse den Humusgehalt des Bodens vergrößert und damit die Fruchtbarkeit verbessert. Der sehr proteinreiche Presskuchen kann aber auch nach einer Entgiftung an Tiere verfüttert werden, deren Dung dem Boden zugeführt wird [30]. Das verringert den Bedarf an Kunstdünger, der in den Anfangsjahren wohl erforderlich ist, und spart damit erhebliche Mengen Energie zu dessen Herstellung ein. Stickstoffdünger steht im Verdacht aus dem Boden auszugasen und als NO sogar stärker zum Treibhauseffekt beizutragen als CO_2 [8]. Durch Mischpflanzung der Energiepflanzen mit Leguminosen, z.B. Erbsen, Bohnen, Robinien, Goldregen, kann man aber stickstoffbindende Bakterien in den Boden bringen, die für alle Pflanzen den benötigten Stickstoff bereitstellen. Auch Düngung mit Phosphaten kann unterbleiben, denn die Bodenlebewesen machen vorhandenes Phosphat für die Pflanzen verfügbar, falls sie mit den Abfällen der Pflanzen ernährt werden. Deshalb ist auch die Herstellung von Biokraftstoffen der zweiten und dritten Generation (BTL) problematisch. Gibt man dem Boden nicht genügend viel Biomasse zurück, zerfällt das Bodenleben und die Fruchtbarkeit läßt nach. Nach einigen Jahrzehnten ist der Boden

dann zerstört und vergrößert die schon vorhandenen 20 Mill. km² degradierten Böden, die früher Nahrungsmittel produzierten.

Nach ca 50-60 Jahren läßt der Ertrag von *Jatropha curcas* nach und die Bäume können gefällt werden. Das Holz kann durch Verkohlung zu Pyrolysekohle umgewandelt werden, die im Boden viele Jahrtausende haltbar ist und so als Kohlenstoffspeicher dient (Black Carbon Sequestration)[29]. Ein Ausgasen ist nicht sehr wahrscheinlich, denn schon die Indianer Südamerikas haben vor 20.000 Jahren den Boden auf diese Art verbessert und die Wasserspeicherfähigkeit und Nährstoffspeicherung erhöht (Terra Preta do Indios). Die Fruchtbarkeit dieser Böden ist wesentlich größer als die von unbehandelten Böden der Region. Deshalb könnte nach 50 Jahren, falls der Bedarf an Pflanzenöl gesunken ist, die ganze Fläche für Nahrungsmittel eingesetzt werden. Dann wäre der dumme Spruch „Voller Tank oder voller Teller?“ umgewandelt zu „Voller Teller dank vollem Tank!“, denn ohne die Energieproduktion auf den degradierten Böden oder in der Wüste würde sich kein Investor finden, der diese Flächen wieder fruchtbar macht. Für die Entwicklungsländer ist dieses Konzept ein Einstieg in eine eigenständige Energieproduktion und erhöhte Nahrungsmittelproduktion, die mithelfen wird die über 9 Milliarden Menschen, die für 2050 erwartet werden, zu ernähren. Auf lange Sicht muß auch das freigesetzte CO₂ wieder aus der Luft geholt und dauerhaft gebunden werden. Alle technischen Lösungsvorschläge, die bisher diskutiert werden, sind sehr teuer und bieten keinen sicheren Platz zur Ablagerung des CO₂. Ob unterirdische Speicherung des in CCS abgeschiedenen CO₂ tatsächlich für Jahrtausende sicher möglich ist, wagt niemand zu garantieren. Die Anwohner fürchten eine Verdrängung des Salzwassers aus den salinen Aquiferen, die für die CO₂-Speicherung vorgesehen sind. Dann würde das salzige Wasser in die Horizonte aufsteigen, aus denen das Trinkwasser gewonnen wird. Eine natürliche Methode der Kohlenstoffspeicherung ist die Humusneubildung. Heute gasen die Böden durch die konventionelle Landwirtschaft mehr CO₂ aus, als durch Humusneubildung gebunden wird. Das läßt sich durch gezielten Humusaufbau umkehren [32].

Tabelle 1: CO₂-Produktion

Ölverbrauch im Jahr 1996 (Angaben von Shell)	3600 Milliarden Liter
Bei der Verbrennung entstehen	$10,4 \cdot 10^{12}$ kg CO ₂ =10,4 Milliarden Tonnen CO ₂
Weltweite CO ₂ -Produktion 2006 [18], davon etwa 1/3 für Verkehr und 1/3 aus Kohleverbrennung für die Stromerzeugung	$30 \cdot 10^{12}$ kg = $30 \cdot 10^9$ Tonnen =30.000.000.000 Tonnen CO ₂

Tabelle 2: CO₂-Bindung

1 Liter Jatrophaöl (0,91kg) sind bis zu 60% der Samenmasse	Beim Verbrennen entstehen 2,83 kg CO ₂
Die zusätzliche in einem Jahr gebildete Bio- masse ist ca 6,6 mal so groß (in Wurzel, Stamm, Ästen, Blättern und Presskuchen), Kohlenstoffanteil im Holz ca 50% x 6,6 kg = 3,3 kg	Sie bindet ca 12,1 kg CO ₂ , also 4,3 mal so viel CO ₂ wie im Öl gebunden ist.
Erzeugt man 3600 Milliarden Liter Öl = $3,24 \cdot 10^{12}$ kg Öl, werden bei der Verbrennung $10,4 \cdot 10^{12}$ kg CO ₂ freigesetzt, die zuvor von den Pflanzen der Luft entnommen wurden.	
Gleichzeitig wird in der Biomasse des Holzes gebunden:	$4,3 \cdot 10,4 \cdot 10^{12}$ kg CO ₂ = $44 \cdot 10^{12}$ kg CO ₂

3. Vorteile einer weltweiten Umsetzung

1. Die Produktion von elektrischem Strom ist nahezu CO₂-frei; zwar benötigt die Erzeugung der Kraftwerkskomponenten auch die Stahlverhüttung, aber das ist genau so bei konventionellen Kraftwerken.
2. Die Kraftstofferzeugung für den mobilen Bedarf (Schiffe, Flugzeuge, Lastkraftwagen und PKW) ist CO₂ neutral.
3. Die Pflanzen werden in den ersten 50 Jahren eine ca 4,3 fache höhere Menge CO₂ binden, wie als Öl geerntet werden kann, denn die Biomasse, die als Wurzel, Stamm, Äste, Blätter gebildet wird, wird teilweise jahrzehntelang das CO₂ festlegen. Nach diesen 50 Jahren stellt sich ein

Gleichgewicht ein, denn es werden alte Bäume gefällt und neue angepflanzt. Die Blätter und der Presskuchen werden kompostiert und zu Humus, wodurch die Fruchtbarkeit des Bodens erhöht wird. Rechnet man das auf 50 Jahre hoch, dann ist die gebundene CO₂-Menge größer, als die in den vergangenen 50 Jahren freigesetzte Menge aus der Verbrennung von Erdöl, Erdgas und Kohle. Der befürchtete Klimawandel wäre also deutlich zu bremsen, vielleicht sogar zu verhindern. Der CO₂-Pegel der Atmosphäre würde wieder auf eine Höhe zurückgehen, wie er vor 1950 war. Die Gefahr einer Erwärmung, bei der dann auch noch die Permafrostböden mit ihrem gebundenen Methan auftauen, wäre gebannt.

4. Für die Länder, in denen die Pflanzen angebaut werden, ergibt sich ein enormer Wirtschaftsaufschwung, denn sie können ein Produkt erzeugen, das die Weltwirtschaft dringend braucht und bezahlen wird. Für Europa eröffnet sich ein stabiler Liefermarkt, der uns von den bisherigen Erdöllieferanten unabhängiger macht, deren Lieferungen in den nächsten Jahrzehnten ohnehin geringer werden.
5. Europa würde die Technologie z.B. nach Nordafrika liefern, was bei uns Arbeitsplätze sichert und uns mit billiger Energie versorgt.
6. Die Menschen, die heute noch als Flüchtlinge nach Europa wollen, weil sie in ihren Heimatländern keine Perspektive sehen, und die von Europa zurück transportiert werden, weil man sie nicht als politische Flüchtlinge anerkennen will, können in Afrika Arbeit und Einkommen finden. Dem Vorrücken der Wüste, wie es in den vergangenen Jahrzehnten zu beobachten war, könnte endlich entgegen gewirkt werden.
7. Die Urwälder dieser Erde müssten nicht gerodet werden, um z.B. Palmölplantagen anzulegen, was ohnehin ökologische Probleme bringt.
8. Die Partnerschaft zwischen Europa und Afrika würde für beide Seiten auch sicherheitspolitische Stabilität bedeuten.
9. Das Nah-Ost-Problem in Israel/Palästina würde entschärft, da dort schon heute eine der stärksten Ursachen für die Spannungen der Wassermangel ist. Dazu gibt es schon eine Studie der TREC zur Wasser- und Stromversorgung des Gaza-Streifens [19]. Erweitert um die Pflanzenölproduktion wäre es auch eine zusätzliche Einkommensquelle für die Menschen dort.

4. Berechnung der Kosten der Ölproduktion

Natürlich ist das Ganze nicht ohne Investitionen durchzuführen. Die Sonne schickt uns keine Rechnung, aber die Anlagen zum Einsammeln der Sonnenenergie, das Kraftwerk, die Entsalzungsanlage, die Bewässerungstechnik und die Ölmühle, Destillationsanlage oder Biogasanlage müssen hergestellt und bezahlt werden.

1. Schritt

Ein Solarkraftwerk mit der neueren Fresnel-Spiegel-Technik kostet ca 75 Mill. €, womit sich elektrischer Strom für 0,075 €/kWh herstellen lässt, verglichen mit 0,085 €/kWh mit herkömmlicher Parabolrinnentechnik [20]. Die Energiewirtschaft wird das als zu teuer bezeichnen. Das liegt aber hauptsächlich an der Verzinsung des benötigten Kapitals. Andreas Häberle hat schon 2002 ausgerechnet, dass mit 6,7% Verzinsung eine jährliche Rückzahlung von 5,9 Mill. € fällig ist, eine Verzinsung von nur 0,8% würde diese Summe gerade halbieren und damit die Stromkosten ebenfalls auf ca 0,047 €/kWh senken. Müssten die Betreiber fossiler Kraftwerke ihren Brennstoffvorrat für die 25-30 Jahre Betriebszeit schon gleich bei Inbetriebnahme des Kraftwerks kaufen, würden sie sagen, dass das doch viel zu teuer sei. Aber genau das tun im Prinzip die Betreiber solarer Kraftwerke. Es entstehen nur geringe Betriebskosten, dafür aber höhere Investitionskosten. Das ist die Krux aller regenerativen Energien. Die Betriebskosten sind niedrig, aber die Investitionskosten sind hoch, weil der Zins von Anfang an zu entrichten ist. Berücksichtigt man noch, dass in den Investitionskosten des Kraftwerks auch Zinsanteile von ca 40% enthalten sind, sinken die Kosten des Kraftwerks ohne den Zins von 75 auf 45 Millionen € und die Stromerzeugungskosten unter 0,03 €/kWh. Die Berechnung von Häberle geht von 6 Stunden Volllastbetrieb pro Tag aus. Erweitert man die Spiegelfläche auf das 4-fache und speichert die Wärme in zwei großen Salztanks, so steigen die Investitionskosten von 75 auf ca 212 Mill. €. Daraus folgen mit einem Zinssatz von 6,7% Stromerzeugungskosten von 0,0425 €/kWh, mit einem Zinssatz von 0,8% nur 0,0228 €/kWh, plus Personalkosten von Bruchteilen eines Cents/kWh.

2. Schritt

Das Kraftwerk wird die Abwärme aufgrund der Ertragsminderung, wegen verringerter Stromproduktion, nicht umsonst abgeben können (hier sei für die Kalkulation ein Strompreis von 0,05 €/kWh angenommen). Deshalb entstehen für die Wärme Kosten von ca 0,95 €/GJ = 0,00344 €/kWh (Wasserdampf bei 80°C). Eine billigere Variante wäre die Erweiterung der Kollektorenfläche.

Das entsalzte Wasser kostet pro m³:

Verdampfungswärme 0,00344 €/kWhx50 kWh/m ³	0,172 €
+ Strom für die Pumpen 3 kWh/m ³ x 0,05 €/kWh	0,150 €
+ Betriebsmittel und Personal	0,050 €
+ die Abschreibungskosten der Anlage	<u>0,111 €</u>
Gesamte Wasserkosten ohne Zins	0,483 €/m ³

(Für eine Anlage mit einer Kapazität von 50.000 m³ Süßwasser pro Tag entstehen Investitionskosten von ca 50 Mill. € [21]. Ohne Verzinsung wären die Rückzahlungsraten bei 25 Jahren Laufzeit 2 Mill. €/a. Umgelegt auf die Produktionsmenge von 360 Tagen mal 50.000 m³/d sind das Kosten von 0,111 €/m³.) Mit Verzinsung (6,7% Zinssatz) wäre das eine Rückzahlungsrate von ca 4,175 Mill. €/a, die zu Kapitalkosten für die Meerwasserentsalzungsanlage von 0,232 €/m³ führt. Die Energiekosten steigen dann auch, da die solarthermische Anlage für den Strom 0,1 €/kWh nimmt und 1,9 €/GJ für die Wärme. Der Wasserpreis steigt dann auf 0,916 €/m³. Versicherung und Pacht sind hier vernachlässigt.

3. Schritt

Mit den Bewässerungsraten von 50.000 m³ pro Tag (s.o.) auf 46 km² sind das in einem Jahr ca 400 Liter/m². Das ist zwar nur halb soviel wie in Deutschland als Regen fällt, hier soll das Wasser aber nicht durch Flüsse ablaufen, oder an der Bodenoberfläche verdunsten, sondern unterirdisch an die Pflanzenwurzeln gebracht werden. Experimente haben die Durchführbarkeit und Effizienz bewiesen [15]. Wenn also nur ca 400 Liter/(m²a) für die Bewässerung benötigt werden, betragen die Wasserkosten 0,4 x 0,483 €/m² = 0,2 €/m²

(0,365 €/m² mit 6,7% Zins) plus Kosten des Bewässerungssystems von einigen Cent pro m².

4. Schritt

Geht man davon aus, dass ein Arbeiter 5-8 ha bewirtschaften kann [16] und am Anfang einen durchschnittlichen Tageslohn von 20 € erhält, so entfallen auf die 50 -80.000 Liter/(Arbeiter x a) Lohnkosten von 250 x 20 € = 5000 €/a, das sind weniger als 0,10 €/Liter. Zum Vergleich: Ein Lehrer in Ghana hat ein Jahresgehalt von 2500 €. Beachtet man, dass nur auf ca 83% der Fläche (38 km²) Energiepflanzen wachsen, aber die gesamte Fläche bewässert wird und der Betrieb der Anlage, incl. Ölmühle, einen Eigenenergiebedarf von 3% des produzierten Öls hat, erhöht sich der Preis des netto erzeugten Öls. Der Erzeugungspreis des Öls setzt sich zusammen aus:

((0,2 € für das Wasser + 0,02 € für die Bewässerungstechnik)/0,83 + 0,10 € für Lohn)/0,97 wegen Eigenbedarf = 0,376 €/Liter Öl. Man könnte also das Pflanzenöl für ca 0,38 Euro pro Liter erzeugen, falls kein Zins die Produktion belastet. Mit der Belastung durch Zins wäre der Preis mindestens 50% höher. Falls die Erträge auf Wüstenboden zu Beginn nicht so hoch sein werden, so kann eine Ausgleichszahlung aus CO₂-Zertifikaten diesen Kostennachteil beheben. Im Sept. 2009 kosteten CO₂-Zertifikate 14-15 €/t CO₂ [22]. Da pro Liter Pflanzenöl ca 12 kg CO₂ zusätzlich gebunden werden, könnten ca 0,17 €/Liter Vergütung für die Entlastung der Atmosphäre die Kosten unter das Niveau des Mineralöls senken. Zum Vergleich: Die Technik der CO₂-Abscheidung und –Speicherung (CCS) wird nach Aussage von Fachleuten ab ca 40 €/t CO₂ konkurrenzfähig [23].

5. Kostenvergleich mit Mineralölförderung

Die Erzeugungskosten des Pflanzenöls muss man mit den heutigen Preisen für Erdöl vergleichen. Im Herbst 2011 stieg der Preis pro Fass auf über 110 US\$/bl, das sind ca 80,3 €/159 dm³, also 0,50 €/Liter. Wer glaubt, dass der Rohölpreis auf diesem Niveau stehen bleibt, hat anscheinend die Entwicklung der letzten Jahre nicht verstanden. Das Maximum der Rohölförderung ist schon überschritten [10], die Nachfrage steigt aber nicht zuletzt wegen der erstarkenden Schwellenländer Indien, China, Brasilien und Indonesien. Stellen

Sie sich vor, dass weitere 2,4 Milliarden Menschen ebenso wie wir Auto fahren wollen. Um wie viel wird die Nachfrage dann wohl steigen, wenn doppelt so viele Autos auf diesem Planeten fahren? Darauf müssen wir uns vorbereiten, denn die wenigsten Autos, die 2020 fahren werden, haben dann Strom- oder Wasserstoff-Antrieb. Selbst die deutsche Bundesregierung rechnet für 2020 nur mit ca. einer Million Elektroautos (verglichen mit heute schon 50 Mill. PKW). Die Lastkraftwagen, Schiffe und Flugzeuge sind dabei noch gar nicht berücksichtigt und werden höchstwahrscheinlich nicht mit Wasserstoff oder Strom fahren. Nach Angaben von Shell, zitiert von Prof. Schrimppf, verbrauchten 1996 alle Menschen zusammen 3600 Milliarden Liter Öl [4]. Um diesen fossilen Ölverbrauch durch Öl aus Energiepflanzen zu substituieren wären also ca. 7,2 Mill. km² Wüstenfläche zu bepflanzen und zu bewässern. Das sind gerade 20% der weltweiten Wüsten. Man benötigt $7,2 \text{ Mill. km}^2 / 38 \text{ km}^2 = 190000$ solare Kraftwerke der hier betrachteten Art mit Anlagen zur Wasserentsalzung, die gleichzeitig 9500 GW elektrische Leistung liefern. Im DESERTEC- Projekt werden 10.000 Solare Gigawatt angestrebt nur für Europa, die Mittelmeerländer und den Nahen Osten. Das würde den größten Teil der fossilen Kraftwerke in Europa überflüssig machen. Sie sind ohnehin in den nächsten 10 - 20 Jahren zu ersetzen. Wer also heute noch ein mit fossilen Energieträgern befeuertes Kraftwerk baut, wird sich in 10 Jahren über die gestiegenen Kosten für Kohle, Erdöl oder Erdgas maßlos ärgern. Die Solar-kraftwerke werden dann den Strom billiger liefern als konventionelle Kraftwerke. Gleichzeitig ist die Pflanzenölproduktion ein gigantisches Arbeitsprogramm für die Menschen in den sonnenreichen Entwicklungsländern, denn man braucht $190000 \cdot 2000 = 380$ Millionen Arbeiter für die Pflanzenöl- und Nahrungsmittelproduktion. Zusammen mit ihren Familien sind das ca. 500-600 Millionen, die Arbeit und Nahrung erhalten. Das muss man in Relation zum erwarteten Bevölkerungswachstum bis 2050 sehen. Allein für Afrika wird eine Bevölkerungszunahme von 1 auf 2 Milliarden Menschen prognostiziert [24].

6. Finanzierung

Dem möglichen Einwand, die beschriebenen Großanlagen würden nur wieder die Multinationalen Konzerne anlocken, ist zu entgegnen, dass die Finanzierung kleinerer Anlagen, die nach Bedarf in Laufe der Jahre vergrößert werden,

auch von Sparkassen durchgeführt werden könnte, wenn sie das WIR-Abrechnungssystem, welches von Prof. Berger beschrieben wurde [25], für die Allgemeinheit öffnen würde. Eine Einführung umlaufgesicherten Geldes würde in wenigen Jahren die Preise aller Waren im Durchschnitt um 40% senken. Die eingesparten Beträge in den Händen der arbeitenden Bevölkerung würden auf Sparkassen zu minimalen Zinsen angelegt und könnten von diesen in geeigneten Projekten der Energieversorgung angelegt werden. Viele Bürger würden dann ihr Geld solchen Sparkassen anvertrauen, die geeignete Projekte finanzieren. Sie verzichten dann auf den Zinsertrag, erhalten aber als Geldgeber bevorzugten Zugang zu dem erzeugten Pflanzenöl, welches günstiger sein wird als Mineralöl, und billigeren elektrischen Strom. Auch hiesige Mineralölhändler könnten ja ihre Gewinne zur Finanzierung kleiner bis mittlerer Plantagen benutzen. Sie lassen dann in den Entwicklungsländern das Öl produzieren, welches sie bisher in Rotterdam einkaufen. Da die Finanzierung durch den niedrigen Zins für kleine und mittlere Unternehmen leichter sein wird, als heute, wird es genügend Konkurrenz geben, die die Gewinne begrenzt. Die Großkonzerne, die nur über Monopole ihre Gewinne realisieren können, werden dann entweder auch mit weniger zufrieden sein müssen oder sie überlassen das Geschäft den zehntausenden kleinen Produzenten. Es ist auch keine Konzentration, wenn man von der Pflanzenölproduktion auf 20% der weltweiten Wüstenflächen spricht. Immerhin sind das 7,2 Millionen km². Die Flächen wären auf allen Kontinenten verteilt und würden einigen hundert Millionen Menschen Arbeit bieten. Das kann niemand zentral verwalten. Es wäre teurer als einige zehntausend selbständige Betriebe. Die Erdölproduktion war viel leichter zu zentralisieren. Auch wird es weder einen Käufermarkt, noch ein Verkäufermarkt geben, denn beide Gruppen werden zu Millionen auf diesem Markt auftreten, sobald durch niedrige Zinsen jeder ideenreiche Kaufmann leicht an das benötigte Kapital kommt, um entweder eine Plantage zu betreiben, oder als Händler zu agieren. Damit regelt sich der Preis der Ware von selbst auf ein Niveau, welches beiden Gruppen ein angemessenes Einkommen bietet.

Da wo sich große Gewinne abzeichnen, wimmelt es kurz darauf von viel Konkurrenz, und begrenzt die Gewinne. Das ist ein WAHRER MARKT, nicht das, was man uns heute dafür vormacht. Es wäre also schon dezentralisiert,

weil die Produktion auf riesigen Flächen mit Millionen Menschen stattfindet. Europa wird auch nicht die gesamte benötigte Energie als Pflanzenöl importieren. Die heimische Wärme- und Stromproduktion mit Sonne, Wind, Wasser und Biomasse wird sicherlich einen bedeutenden Anteil haben, vielleicht 50-70%. Aber Flugzeuge, Schiffe, Lastwagen werden auch in absehbarer Zeit nicht mit Batterien oder Wasserstoff bewegt werden. Die PKW werden irgendwann mit Strom fahren, aber in 20 Jahren noch nicht 50%, eher 10%. Das eigentliche Ziel ist aber zu zeigen, dass das CO₂ mit diesen Plantagen wieder eingesammelt werden kann.

Wenn das Pflanzenöl nicht mehr in Europa gebraucht wird, werden ganz bestimmt die Menschen in den Entwicklungsländern diesen Treibstoff brauchen. Er wird lokal erzeugt und gleich im Lande verbraucht.

Allgemein wäre ein umlaufgesichertes Geld für die produzierende Wirtschaft und die Konsumenten vorteilhaft, denn die Unternehmer könnten ihre Vorprodukte billiger kaufen und auch den der Bank zu zahlenden Zins größtenteils einsparen. Die Konsumenten könnten mit dem gleichen Lohn mehr Waren kaufen, weil alles im Schnitt 40% billiger wird. Der Staat könnte mehr als 40 Milliarden € Zinsen (2010) einsparen und die seit langem versprochenen Steuersenkungen durchführen und er hätte noch genug um unser Bildungssystem besser auszustatten. Sogar die bisherigen Empfänger leistungsloser Einkommen, die Zinsprofiteure, hätten Vorteile, denn eine stabile Gesellschaft ist mit Geld nicht zu kaufen.

Wir können darauf warten, dass irgendwelche Milliardäre solche Anlagen finanzieren, dann müssen wir aber auch ihr Geld mit dem verlangten Zins füttern. Für Jatropha-Plantagen in Südostasien werden heute schon Renditen von 345% für die ersten fünf Jahre versprochen [26].

Die Ursachen der Umweltzerstörung lassen sich fast immer auf den Vorteil des Geldes über jede Ware zurückführen. Natur wird erst dann ein „Wert“ zuerkannt, wenn sie in den Kreislauf der Wirtschaft geraten ist. Das liegt vielleicht an der missverstandenen Natur des von Menschen geschaffenen Geldes. Es gibt das Gesetz der Schwerkraft oder das Gesetz der Energie-

erhaltung, aber **es gibt kein Gesetz** welches einen ständigen positiven Zins für Geld fordert. Geld ist nur ein Tauschhilfsmittel um unsere Bedürfnisse in einer arbeitsteiligen Wirtschaft zu befriedigen. Wir müssen die Spielregeln so gestalten, wie es für das Wohl der Menschen am besten ist. In einer Monopoly-Wirtschaft hat am Ende Einer Alles und die übrigen Mitspieler sind bankrott. Solange wir nicht ein zinsloses Geldsystem einführen, werden solche Projekte, die das Finanz-, Wirtschafts- und Klimasystem der Erde retten können, nicht ernsthaft in Betracht gezogen. Wenn wir aber zu lange warten, werden wir den Umstieg auf ein solares Energiesystem nicht mehr finanzieren können. Mit Zins behaftet wäre das Pflanzenöl aus der Wüste mindestens 1,5 mal so teuer. Es wäre erst ab einem Rohölpreis von über 150 \$/bl konkurrenzfähig. Bei diesem Rohölpreis wird die Weltwirtschaft in eine tiefe Depression fallen. Um das zu vermeiden, würden riesige Agrarflächen der Nahrungsmittelproduktion entzogen oder Regenwälder gerodet für den Anbau von pflanzlichen Energieträgern. Beide Varianten würden den CO₂-Pegel nicht vermindern, sondern erhöhen. Die Folgen wären die im IPCC-Report beschrieben: steigender Meeresspiegel, einige hundert Millionen Menschen auf der Flucht, häufigere langanhaltende Dürren und Starkregen mit Überschwemmungen. Daraus folgend dürften die Nahrungsmittelerträge in vielen Teilen der Erde zeitweise stark zurückgehen. Folgen einer wochenlangen Dürre führten jüngst in Deutschland zu Ernteaussfällen. Damit ist leider in Zukunft häufiger zu rechnen.

Welche Version ist im Interesse der Mehrheit der Menschen?

Business as usual. Der Zins erzwingt ein ständiges Wirtschaftswachstum mit anwachsendem Energie- und Materialverbrauch und wir ruinieren gleichzeitig die Erde.

Einführung zinslosen Geldes. Viele regenerative Energieträger und –gewinnungsmethoden sind schlagartig billiger als konventionelle Energieträger [31]. Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre kann wieder auf einen Wert reduziert werden, wie er zu Beginn des 20. Jahrhunderts vorlag, wodurch die befürchteten Klimaveränderungen gemildert werden können.

Wer diese Alternativen durchdenkt, sollte nicht nur an seinen persönlichen kurzfristigen Vorteil denken. Je mehr Menschen von der Lösung Nutzen haben, desto stabiler und dauerhafter wird sie sein. Wenn z.B. die Autofahrer erkennen, dass die hier beschriebene Pflanzenölproduktion in der Wüste nicht nur ihren Treibstoffbedarf deckt, sondern auch noch den Kohlendioxidgehalt der Luft vermindert, könnten sie mit der Macht ihrer Lobby die Regierungen dazu bewegen, solche oder ähnliche Konzepte in die Wirklichkeit umzusetzen. Erkennen sie es nicht, werden sie mit knappem, teuren Treibstoff leben müssen und den schlimmen Klimafolgen für die kommenden Generationen.

Diese Vision ist nur ein erster Versuch und benötigt noch die Mithilfe vieler engagierter Menschen. Viele Details erfordern das Fachwissen von Biologen, Geographen, Raumplanern, u.v.a. Wer Kritik hat, soll sie bitte äußern, um die Lösung unserer Probleme zu verbessern. Wer die Vision für durchführbar und wünschenswert hält, möge sich bitte dafür einsetzen und die Idee weitertragen und Politiker und Unternehmer dafür gewinnen. Wir alle können dabei nur gewinnen, denn in einer zerstörten Welt würde auch unser Geld nichts mehr wert sein.

Nichtstun wird unsere Situation nicht verbessern.

"Jetzt endlich habe ich erkannt, dass nicht das Wirtschaftswachstum den Zinseswahnsinn erzeugt, sondern dass der Zins die einzige wahre und wirkliche Ursache dafür ist, dass die Welt dem Wahnsinn des ewigen Wachstums verfallen ist." *Konrad Lorenz*

"Wer in einer begrenzten Welt an unbegrenztes, exponentielles Wachstum glaubt, ist entweder ein Idiot oder ein Ökonom." *Kenneth Boulding*

Danksagung

Mein Dank geht an viele Studierende, Mitarbeiter und Freunde, die bei der Informationssammlung geholfen [27] oder frühere Fassungen dieses Artikels gelesen und durch ihre Kommentare zu einer klareren Darstellung beigetragen haben.

Literaturverzeichnis und Anmerkungen

1. H. Graßl, R. Klingholz.: Wir Klimamacher. Auswege aus dem globalen Treibhaus, 1990 IPCC,
2. http://www.law-and-business.de/www_law-and-business_de/content/e7/e149/e1092/datei1093/Turre_Nicole_Biosprit_IBLVol20_2008_ger.pdf,
http://www.dlv.de/grafiken/3800/AT_04_08Edi_03.pdf,
<http://dangerzone.ch/viewthread.php?tid=1876>, WISU-Magazin 3/07, S.281f, 6/07, S.746f, „Nahrungsmittel als Kraftstoffe?“, EPEA Internationale Umweltforschung GmbH, <http://www.epea.com/documents/Biokraftstoffe%20ZUSAMMENFASSUNG%20-%20Deutsch.pdf>
3. Regenwald-Report 2/2008, S. 3, S. 6-11
4. Ernst Schimpff: Humane Wirtschaft, Nov/Dez. 2005, S.15 „Treibstoff der Zukunft- Wasserstoff oder Pflanzenöl?“
5. DESERTEC-FOUNDATION, <http://www.desertec.org/de/konzept/>
6. <http://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/projects/aqua-csp/AQUA-CSP-Full-Report-Final.pdf>,
<http://www.menarec.org/resources/CSP+for+Desalination-MENAREC4.pdf>
7. Joseph Fargione, et al., Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt, Science Nr. 319, S.1235 (2008), zitiert in: National Geographic Collector's Edition No.11, „Energie, Wege in die Zukunft“, S.82 (2009)
8. Michael Streck: Die Klima Prioritäten, Campus Verlag, Frankfurt, 2008, ISBN 978-3-593-38676-8
9. Mögliche Biotreibstoffproduktion in Deutschland berechnet aus: Fläche der Bundesrepublik Deutschland: 35.709.200 ha, davon 2,4% frei, 53,5% für Landwirtschaft, Ertrag von Raps ca 1150 l/ha (Quelle : http://www.greenpeace.de/themen/sonstige_themen/feinstaub/artikel/biodiesel_mogelpackung_auf_kosten_der_umwelt/), Einwohnerzahl Deutschlands 82.310.000, Anbaubarer Biosprit pro Kopf auf freien Flächen: 12 l/a, Anbaubarer Biosprit pro Kopf bei Verzicht auf Lebensmittelproduktion: 267 l/a, Verbrauch: Rohöleinfuhr: 110Mill.kg/a, d.h. 1336 kg/(a*Kopf) (Quelle: http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energie-statistiken_did=180796.html) bei einer Dichte des Öls von 0,9 kg/l sind das 1485 l/(a *Kopf). Benötigt würden also 1485/267=5,56 mal die Flächen für Lebensmittelproduktion Deutschlands.
10. Dr. Fatih Birol, Chef-Volkswirt der Internationalen Energie Agentur, Paris, sagte gegenüber der Zeitung The Independent, dass die Förderung von mehr als 800 Ölfeldern (3/4 der Weltölreserven) im Jahr 2009 um 6,7% gesunken ist. 2 Jahren

zuvor wurde die Rate noch mit 3,7% geschätzt. Daraus folgt, dass in 10 Jahren aus diesen Ölfeldern, bei gleicher relativer Verringerung pro Jahr, nur noch 50% der heutigen Menge gefördert werden kann. <http://www.independent.co.uk/news/science/warning-oil-supplies-are-running-out-fast-1766585.html>

11. „Bundesregierung fördert Markteinführung von Elektroautos“: Bis 2020 sollen in Deutschland nach dem Willen der Bundesregierung rund eine Million Elektrofahrzeuge fahren. <http://de.news.yahoo.com/17/20090916/tbs-bundesregierung-foerdert-markteinfue-958911c.html>
12. Andasol, <http://de.wikipedia.org/wiki/Andasol>
13. Wie die Münchner Rück [14] am 13. Juli 2009 mitteilte, hat sie ein Konsortium deutscher Firmen zusammengebracht, welches 400 Milliarden € zum Bau solar-thermischer Kraftwerke aufbringen will. Das werden keine Geschenke an afrikanische Staaten sein, sondern weitsichtige Investitionen zur Sicherung einer günstigen Energiequelle auch über die Zeit hinaus, wo steigende Rohstoffpreise und CO₂-Zertifikate herkömmliche, fossile Energiequellen und Atomstrom immens verteuern werden. Diese Kraftwerke liefern elektrischen Strom und machen Kohle- und Kernkraftwerke in Deutschland überflüssig. Für den weltgrößten Rückversicherer entstehen durch den Klimawandel riesige Kosten, die auf lange Sicht die investierte Summe um ein Vielfaches übersteigen. Eine Abschwächung des Klimawandels würde die zu erwartenden Schäden verringern und damit die entstehenden Kosten. Für die deutschen Firmen bieten sich Absatzmärkte für ihre Kraftwerkskomponenten und eine Sicherung der Arbeitsplätze.
14. Pressemitteilung Münchner Rück http://www.munichre.com/de/press/press_releases/2009/2009_07_13_press_release.aspx
15. H.K. Barth, Sustainable and effective irrigation through a new subsoil irrigation system (SIS), Agricultural Water Management, vol. 40 (1999), S.283-290. In Anbauversuchen mit Kartoffeln in Ungarn betrug der Wasserverbrauch nur 180-200 l/m² (SIS) statt 400-500 l/m² (Beregnung), der Ertrag dagegen, stieg um ein Drittel. In Nordafrika ist die Verdunstungsrate sicherlich höher als in Ungarn.
16. <http://www.jatrophacurcasplantations.com/jatropha-curcas-seeds.htm>, Erste Ernte nach 6 Monaten, voller Ertrag nach 5 Jahren (10-15 kg pro Baum), Lebensdauer der Bäume ca 60 Jahre, Ölgehalt der Früchte ca 60% bei richtiger Bewässerung und Düngung, Ölertrag 10000 kg/ha und Jahr, Pflanzkosten ca 1000 US\$/ha, jährliche Betriebskosten incl. Erntekosten: 800US\$/ha, ein Arbeiter kann manuell 5-8 ha abernten. Ausgewachsene Bäume erzeugen in einem Jahr bis zu 70 Tonnen Biomasse/ha, also 7kg Biomasse pro kg Öl. Davon sind ca 6 kg in Wurzeln, Stamm, Ästen, Blätter und Presskuchen gebundenes CO₂, d.h. 3kg Kohlenstoff, was 11 kg CO₂ entspricht. Jedes kg Jatrophöl, das später verbrannt wird, hat der

Atmosphäre 11kg CO₂ zusätzlich entnommen. Erträge nach Biodieseltechnocrats.com: 5520 Liter/ha, trockenes Land, bewässert; 3600 Liter/ha, arid, bewässert.

17. Encyclopaedia Britanica : Im Nildelta leben ca 28 Mill. Menschen auf 27700 km², das sind 1010 Menschen/km². Auf einem Hektar können 1200- 5000 kg Mais oder 1300 – 4500 kg Weizen angebaut werden. Das reicht für 6-25 Menschen/ha. Für 4400 Menschen braucht man $4400/6 \text{ ha} = 7,33 \text{ km}^2$ für die Getreideproduktion, weitere Flächen für Gemüse, Obst, Viehweide und Siedlung.
18. Bundesministerium für Wirtschaft und Technik, BP
19. Gaza- Meerwasserentsalzung, www.desertec.org/downloads/proposal_gaza.pdf
Desertec-Foundation, (Israel gibt nur deshalb die Golanhöhen nicht an Syrien zurück, weil es damit die Wasserrechte am See Genezareth nicht nur mit Jordanien, sondern auch mit Syrien teilen müsste. Die Wasserspiegel im See Genezareth und im Toten Meer sind in den vergangenen Jahrzehnten um mehrere Meter gefallen, weil zu viel Wasser entnommen wird.)
20. Andreas Häberle et al., The solarmundo line focusing Fresnel collector, optical and thermal performance and cost calculation, 2002, http://www.solarpaces.org/CSP_Technology/docs/solarpaces_fresnel_9_2002.pdf, <http://www.ise.fhg.de/veroeffentlichungen/nach-jahrgaengen/2002/the-solarmundo-line-focussing-fresnel-collector-optical-and-thermal-performance-and-cost-calculation>
21. Entsalzungsanlagenkosten, http://www.exportinitiative.de/media/article006022/4_Kaeufler_synlift.pdf
22. <http://www.eex.com/de/Marktdaten/Handelsdaten/Emissionsrechte/EU%20Emission%20Allowances%20|%20Spotmarkt>
23. Von der Wirtschaftlichkeit ist die CCS-Technologie noch weit entfernt. McKinsey verweist darauf, dass in der jetzigen frühen Phase CCS-Projekte noch 60 bis 90 Euro je Tonne (t) vermiedenes CO₂ kosten. Im Jahr 2030 könne die Technologie dann aber wettbewerbsfähig sein und sich die Kosten auf 30 bis 45 Euro/t halbiert haben, heißt es in der im September 2009 veröffentlichten Studie. Dies sei auch der Preis, der dann im Emissionshandel für CO₂-Zertifikate zu erwarten sei. <http://www.produktion.de/news/ca t/5-Technologie/ca t/5-Technologie/detail/30299-Stromkonzerne+wollen+Millarden+in+C02-arme+Kraftwerke+stecken>
24. Neue Westfälische, 11./12. Juli 2009, „Der Wanderungsdruck nimmt zu“ Nach Schätzungen der UN wird die Weltbevölkerung von 6,91 Milliarden (2010) auf 9,15 Milliarden (2050) anwachsen, davon allein in Afrika von 1,03 auf 2,00 Milliarden. Prof. Ralf. E. Ulrich (Inst. f. Bevölkerungs- und Gesundheitsforschung, Uni Bielefeld) nimmt an, dass die Ernährungsgrundlage für einige Milliarden Menschen wegbrechen könnten, wenn – wie er erwartet – die Förderung der fossilen Brennstoffe sinke und infolgedessen die Preise etwa für Erdöl drastisch steigen.

„Hungersnöte und die Auseinandersetzung um fossile Brennstoffe könnten stark zunehmen.“

25. Wolfgang Berger/Hermann Schmauder: „Ein nachhaltig tragfähiges Geschäftsmodell“, Humane Wirtschaft, 05/2009, S.8-12
26. <http://www.jatrophacurcasplantations.com/jatropha-plantation-investment.htm>
27. Abschlußberichte Projektseminar WS 2008/09, Universität Paderborn, Institut für Thermodynamik und Energietechnik <http://thet.uni-paderborn.de/>
28. Nicholas Stern, Der Globale Deal, C.H.Beck, 2009, S.67. Rechnet man (75 Mill. +50 Mill.)€ *190.000=23.750 Milliarden € in 40 Jahren, (ohne Zinsen nur 14.250 Milliarden €) für die Erstellung der solarthermischen Kraftwerke, Entsalzungsanlagen und Bewässerungstechnik, gegenüber 20.000 Milliarden € in 20 Jahren nach Schätzungen der IEA. Damit wird aber 2/3 des Weltenergiebedarfs abgedeckt.
29. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung, ISBN 978-3-936191-21-9, S.93, Kasten 5.5-2 Black Carbon Sequestration als Klimaschutzoption, <http://www.wbgu.de>
30. VDI-Nachrichten, 30. Sept. 2011, Technik & Gesellschaft, S.3. „Wie Wüsten mit Nüssen zu Ackerland werden“. Über Jatropha curcas Anbau in Madagaskar.
31. VDI-Nachrichten, 28.Okt.201, S.24, „Solarworld klagt gegen chinesische Konkurrenz“. Da die chinesischen Unternehmer für den Aufbau ihrer Produktion zinslose Kredite erhielten, sind die Produktionskosten bei gleicher Technologie wesentlich geringer. Die Lohnkosten machen bei High-Tech-Produkten nur noch einen kleinen Teil der Gesamtkosten aus, die Kapitalkosten betragen oft mehr als 80%, davon die Hälfte Zinsen.
32. „Humus – die vergessene Klima-Chance“, ein Film von Wolfgang Scherz, 2009.